

5.1 配線設計

5.1.1

配線設計上の要点

照明設備の配線設計をするにあたり、下記の要点を考慮する必要があります。

- (1)安全であること
- (2)法規に適合していること
- (3)照明の機能を十分発揮できること
- (4)使用上便利であること
- (5)経済的であること
- (6)省エネルギー、省資源を考慮すること
- (7)環境に配慮すること

5.1.2

関連法規と規格

配線設計に関連する代表的な法規と規格を下記に示します。

- (1)電気設備に関する技術基準を定める省令(電技)
- (2)電気設備の技術基準の解釈
- (3)内線規程(日本電気協会)
- (4)電気用品安全法
- (5)日本工業規格(JIS)

5.1.3

照明設備の 配線設計の手順

(手順1) 負荷の決定

照明設計により、照明器材(光源のW数など)、灯数を選定して、負荷を決定します。



(手順2) 電気方式と電圧の選定

一般的に、負荷容量が小さいときは単相2線式が採用され、負荷容量が大きくなるにつれて単相3線式、三相3線式などの電気方式が採用されます。



(手順3) 分電盤位置の設定

経済性を考慮し、極力負荷の中心に近い場所に設置するのが望ましいです。



(手順4) 幹線、分岐回路の設計

点灯制御パターン(常夜回路、深夜消灯回路など)や受口などを考慮し、回路分けを行います。幹線、分岐回路を保護する装置(過電流遮断器など)を選定します。



(手順5) 配管、配線方法の選定

経済性や周辺施設との調和を考慮し配線方法を選定します。(露出、地中埋込、架空配線など)



(手順6) 電線、ケーブルの選定

用途や布設状況にあった電線、ケーブル種類を選定します。(エコケーブル、耐火ケーブルなど)許容電流、電圧降下を考慮し、最適な導体サイズを選定します。



(手順7) 配線図の作成

5.1.4 電圧の種類

電圧は、次の区分により低圧、高圧および特別高圧の3種類に分類されます。


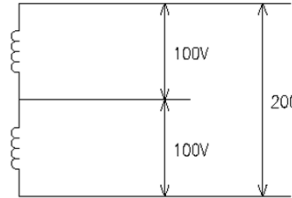
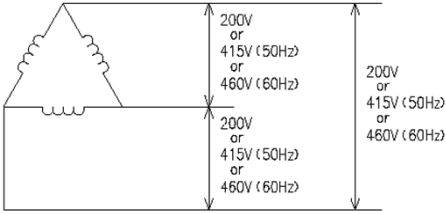
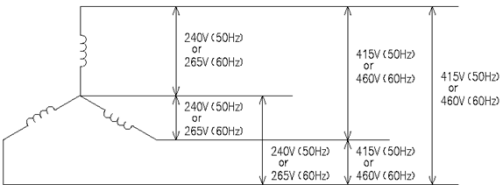
表1.1 電圧の種類

電圧の種類別	電 圧 値
低圧	直流：750 (V) 以下 交流：600 (V) 以下
高圧	直流：750 (V) 超過 7000 (V) 以下 交流：600 (V) 超過 7000 (V) 以下
特別高圧	7000 (V) 超過

5.1.5 電気方式

照明(電灯)の設備設計で、主として用いられる電気方式は次の通りです。

表1.2 電気方式

電 気 方 式			周波数 (Hz)
単相2線式		100 (V)	50 または 60
		200 (V)	
単相3線式		100/200 (V)	50 または 60
三相3線式		200 (V)	50 または 60
		415 (V)	50
		460 (V)	60
三相4線式		415/240 (V)	50
		460/265 (V)	60

5.1.6 分岐回路の種類

幹線から分岐して、分岐過電流遮断器から負荷に至るまでの回路のことを分岐回路と言います。分岐回路の種類によって、分岐回路に接続できる最小電線サイズ、および受口が内線規程で定められており、それをまとめたものを表1.3に示します。

表1.3 分岐回路の種類により接続できる最小電線サイズおよび受口

種類	分岐過電流遮断器の定格電流	最小電線（銅線）サイズ		受口 ねじ込み接続器及びソケット
		分岐回路一般	分岐点から1つの受口（コンセントを除く）に至る部分（長さ3m以下の場合に限る）	
15A 分岐回路	15A以下	直径1.6mm 以上	— (注1)	○公称直径が39mm以下の ねじ込み形のソケット
20A 配線用 遮断器 分岐回路	20A (配線用遮断器に限る)	直径1.6mm 以上	— (注1)	○ねじ込み形以外のソケット ○公称直径が39mm以下の ねじ込み接続器
20A 分岐回路	20A (ヒューズに限る)	直径2.0mm 以上	直径1.6mm 以上	○ハロゲン電球用ソケット ○白熱電灯用の公称直径が 39mmのソケット ○放電灯用の公称直径が 39mmのソケット ○公称直径が39mmの ねじ込み接続器
30A 分岐回路	30A	直径2.6mm 以上	直径1.6mm 以上	
40A 分岐回路	40A	断面積8mm ² 以上	直径2.0mm 以上	
50A 分岐回路	50A	断面積14mm ² 以上	直径2.0mm 以上	

注1)分岐回路一般で規定している直径1.6mm以上の電線を使用すれば長さ3m以下に限らなくてもよいことを示します。

(参考文献:「内線規程」(JEAC8001-2005)(社)日本電気協会, P629-P640)

5.1.7 分岐過電流遮断器 の容量の選定

内線規程では、分岐回路の負荷容量は、その分岐回路を保護する過電流遮断器の定格電流の80%を越えてはいけなくと定めています。

過電流遮断器の容量を選定する際の電流値は、放電灯安定器の場合、無負荷時、始動時、安定時の内、最大の電流値を使用します。

《計算例》

分岐回路に、高圧ナトリウムランプ180Wが、7台接続されている場合

180W用安定器(形式:H2CC2A(B)352)の電流特性:

無負荷時=1.00(A)、始動時=1.90(A)、安定時=1.08(A)

始動時の電流が最大値なので、負荷容量の算定には始動時の電流値を使用します。

$$1.90(A) \times 7(台) = 13.3(A)$$

分岐回路の負荷容量は過電流遮断器の定格電流の80%を越えてはならないので

$$13.3(A) \div 0.8 = 16.625(A)$$

よって、定格電流が直近上位の20(A)の容量の過電流遮断器を選定します。

5.1.8 導体サイズの選定

導体サイズは、表1.3に示す最小電線サイズの他に許容電流、電圧降下を検討して選定します。

(1)許容電流

該当する回路に流れる最大負荷電流よりも、許容電流が大きな導体サイズを選定します。仮に最大負荷電流よりも許容電流が小さい導体サイズを選定してしまうと、導体には許容電流以上の電流が流れるため、導体の温度が上昇し絶縁被覆の劣化、溶融が発生し、場合によっては発煙、発火事故につながります。

(2)電圧降下

電線路に負荷を接続し、ケーブルに通電すると、導体抵抗及びリアクタンス、すなわちインピーダンスの影響により、受電端電圧が低くなり、送電端電圧と受電端電圧に差が生じます。この差を電圧降下といいます。電圧降下は導体サイズが大きい程小さくなります。

内線規程に、低圧配線における電圧降下の許容値が定められており、それをまとめたものを、表1.4に示します。

電圧降下が許容値に収まるように導体サイズを選定します。

表1.4 電圧降下の許容値

供給変圧器の二次側端子 又は引込線取付点から 最遠端の負荷に至る間の 電線のこう長 (m)	電圧降下 (%)					
	電気使用場所内に設けた 変圧器から供給する場合			電気事業者から低圧で電気 の供給を受けている場合		
	幹線	分岐 回路	合計	幹線	分岐 回路	合計
60 以下	3 以下	2 以下	—	2 以下	2 以下	—
120 以下	—	—	5 以下	—	—	4 以下
200 以下	—	—	6 以下	—	—	5 以下
200 超過	—	—	7 以下	—	—	6 以下

(参考文献:「内線規程」(JEAC8001-2005)(社)日本電気協会, P34)

1)道路、トンネル照明の場合

電圧降下の許容値は表1.4に示す範囲となります。

ただし、「道路照明施設設置基準・同解説」((社)日本道路協会)に、HIDランプ(放電灯)の場合は、6%を超えると光束の低下や立消えの原因となるため、電圧降下は6%以下とすると明記されていますので、道路、トンネルにおいては、こう長が200mを超える場合が多くありますが、200m超過の場合でも許容電圧降下は6%以下とします。

2)屋外スポーツ、ヤード照明の場合

電圧降下の許容値は表1.4に示す範囲となります。

ただし、使用する安定器によって電圧変動特性が違うので、安定器の特性を考慮する必要があります。

①一般形安定器

電圧変動特性が±6%なので、200m超過の場合でも電圧降下の許容値は6%以下となります。

②定電力形安定器

電圧変動特性が±10%なので、電圧降下の許容値は表1.4に示す範囲となります。
(電気使用場所内に設けた変圧器から供給する場合で200m超過の場合は7%以下)

定電力形安定器は一般形に比べて高価なので、経済性の効果を検討する必要があります。

(3)電圧降下の計算式

1)基本式

交流回路における電圧降下の基準となる公式は次式で示されます。

$$e = K \times I (R \cos \theta + X \sin \theta) \times L \quad \text{式1-1}$$

e : 電圧降下 (V)

K : 電気方式による係数

単相2線式 K=2(線間)

単相3線式 K=1(大地間)

三相3線式 K= $\sqrt{3}$ (線間)

三相4線式 K=1(大地間)

I : 電流値 (A)

R : 線路の交流導体抵抗 (Ω /km)

X : 線路のリアクタンス (Ω /km)

$\cos \theta$: 負荷端力率

L : 線路のこう長 (km)

2)簡略式

式1-1に示すように、交流回路では抵抗以外に、リアクタンスや力率の影響があることがわかります。ただし、通常屋内配線などで使用されるものについては、リアクタンスを無視し、力率を1と見て差し支えない場合が多く、その場合は式1-2で示されます。

$$e = K \times R \times I \times L \quad \text{式1-2}$$

e : 電圧降下 (V)

K : 電気方式による係数

単相2線式 K=2(線間)

単相3線式 K=1(大地間)

三相3線式 K= $\sqrt{3}$ (線間)

三相4線式 K=1(大地間)

I : 電流値 (A)

R : 線路の交流導体抵抗 (Ω /m)

L : 線路のこう長 (m)

式1-2における電線1mあたりの抵抗Rは、導体の太さによって異なるため、単位断面積(1mm²)あたりの固有抵抗と銅線の導電率より、下記のように置き換えることができます。

・標準軟銅の固有抵抗(20℃) = 1/58 (Ω /m)

・銅電線の導電率 = 97 (%)

これより、

$$R = \frac{1}{58 \times 0.97} \times \frac{1}{A} = \frac{17.8}{1000} \times \frac{1}{A}$$

A : 使用電線の導体断面積 (mm²)

抵抗R、および電気方式Kを、式1-2に代入することにより、表1.5に示す電圧降下の簡略式が求められます。

表1.5 電圧降下計算式(簡略式)および断面積の式

電気方式	電圧降下	電線の断面積
単相2線式	$e = \frac{35.6 \times L \times I}{1000 \times A}$	$A = \frac{35.6 \times L \times I}{1000 \times e}$
三相3線式	$e = \frac{30.8 \times L \times I}{1000 \times A}$	$A = \frac{30.8 \times L \times I}{1000 \times e}$
単相3線式 三相4線式	$e = \frac{17.8 \times L \times I}{1000 \times A}$	$A = \frac{17.8 \times L \times I}{1000 \times e}$

e : 電圧降下(V)
I : 電流値(A)
L : 線路のこう長(m)
A : 使用電線の導体断面積(mm²)

(4)電圧降下の計算例

電圧降下計算を行うにあたって、計算に使用する電流値には一般的に次の値を使用します。

- 1)白熱電球などのように始動時電流も安定時電流も特に考慮する必要のないもの
(電源を投入してから、瞬間的に安定時電流になるもの)

電流値(A) = 消費電力(W) / 電源電圧(V)

- 2)放電灯安定器のような始動時と安定時の電流値が変化するもの

電流値(A) = 安定時電流

- 3)参考:電動機のような始動器を使用するもの

電流値(A) = 内線規程の規約電流

次に、電圧降下計算の計算例を示します。

①道路、街路、トンネルの基本照明など多数の負荷が均等に分布している場合

図1.1のようにn個の負荷が全長L(m)にわたり均等に分布しているとし、A点の全電流をI(A)とすれば負荷1個当たりの電流はI/n(A)、その間隔はL/n(m)となります。A点における電圧降下は計算式、 $e = K \times R \times I \times L$ にそれぞれを代入することにより求めることができます。

すなわち

$$\begin{aligned}
 e &= K \times R \times \left(\frac{I}{n} \times \frac{L}{n} + 2 \frac{I}{n} \times \frac{L}{n} + 3 \frac{I}{n} \times \frac{L}{n} + \dots + n \frac{I}{n} \times \frac{L}{n} \right) \\
 &= K \times R \times \frac{I}{n} \times \frac{L}{n} \times \frac{n(n+1)}{2} \\
 &= K \times R \times I \times \frac{L}{2} \times \frac{(n+1)}{n}
 \end{aligned}$$

ここで、 $n \rightarrow \infty$ とすれば

$$e = K \times R \times I \times \frac{L}{2} \quad \text{となります。}$$

このように多数の均一負荷が、ほぼ一様に線路に接続されている場合には、全負荷が全線路の中心点に集中していると考えてさしつかえないといえます。

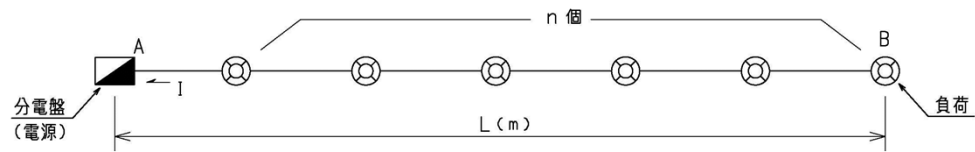


図1.1 負荷の系統図

以上の応用として、図1.2の電圧降下計算を行うと、次のようになります。

《計算条件》

電気方式と電圧: 単相2線式、200(V)、50(Hz)
 負荷: 2(A) × 5(灯)、こう長: 110(m) [図1.2参照]
 許容電圧降下: 4(%) (こう長120(m)以下)

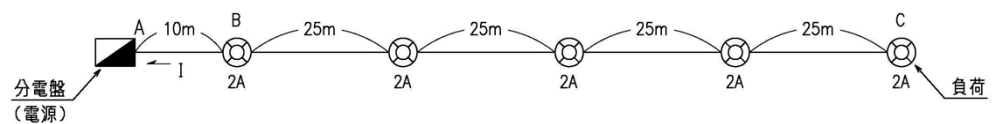


図1.2 負荷の系統図

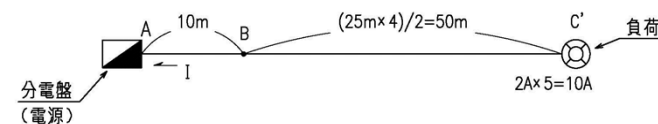


図1.3 図1.2の簡略図

イ)簡略式の場合

$$e = \frac{35.6 \times L \times I}{1000 \times A} = \frac{35.6 \times \{10 + (25 \times 4 \div 2)\} \times (2 \times 5)}{1000 \times A} = \frac{21.36}{A}$$

計算条件より、許容電圧降下は8V(4%)以下なので、必要な電線サイズは

$$A \geq \frac{21.36}{e} = \frac{21.36}{8} = 2.67(\text{mm}^2)$$

となります。

これを満足するには、3.5(mm²)以上のケーブルとなります。

3.5(mm²)のケーブルを使用した時の電圧降下は

$$e = \frac{35.6 \times L \times I}{1000 \times A} = \frac{35.6 \times \{10 + (25 \times 4 \div 2)\} \times (2 \times 5)}{1000 \times 3.5} \doteq 6.2(\text{V}) \quad (3.1(\%))$$

となります。

ロ)基本式の場合

《計算条件》

負荷力率:0.9

使用ケーブル:CV3.5sq-2C

(仕様(50Hz):交流導体抵抗 $R=6.76(\Omega/km)$ 、リアクタンス $X=0.0914(\Omega/km)$)

$$\begin{aligned}
 e &= K \times I (R \cos \theta + X \sin \theta) \times L \\
 &= 2 \times (2 \times 5) \times (6.76 \times 0.9 + 0.0914 \times 0.436) \times \{0.01 + (0.025 \times 4 \div 2)\} \\
 &\doteq 7.4(V) \quad (3.7(\%))
 \end{aligned}$$

上記の計算結果より、簡略式と基本式では電圧降下の計算結果に、約20(%)の差が生じます。この差は、下記にあげる理由によります。

- (a)基本式は、許容最高温度における交流導体抵抗値を使用しているのに対し、簡略式は、20°Cの時の直流導体抵抗値を考慮しているため
- (b)基本式は、リアクタンスや力率を考慮しているが、簡略式は、リアクタンスを無視し、力率を1とみなしているため

ゆえに、交流回路の電圧降下の計算は基本式を使用して計算することを推奨します。簡略式は、直流回路や、必要なケーブルの断面積を算出する場合に使用します。

(5)導体サイズの決定

以上のことより、許容電流、電圧降下で求めたそれぞれの導体サイズのうち、大きい方の導体サイズを選定して設計を行います。

なお、高圧回路など短絡時に流れる電流が大きい場合は、短絡時の許容電流も考慮して設計を行う必要があります。

表1.6 ケーブルの短絡時の許容電流簡略計算式

絶縁体の種類	ケーブルの種類	短絡前の導体温度(°C)	短絡時の最高許容温度(°C)	計算式(銅)
ビニル	VV、VE	60	120	$I = 96 \frac{A}{\sqrt{t}}$
架橋 ポリエチレン	CV、CE	90	230	$I = 134 \frac{A}{\sqrt{t}}$

t : 短絡継続時間(秒)

A : 導体断面積(mm²)

5.1.9 ケーブルの インピーダンス

電圧降下の計算に必要な各種ケーブルのインピーダンスを表1.7～表1.12に示します。

表1.7 600V CV、CE/F、VV (周波数:50Hz)

導体公称 断面積 (mm ²)	600V CV、CE/F (2心および3心)		600V CV、CE/F (4心)		600V VV (2心および3心)	
	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)	R(60°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)
2	12.0	0.0992	12.0	0.106	10.9	0.0992
3.5	6.76	0.0914	6.76	0.0987	6.13	0.0914
5.5	4.34	0.0914	4.34	0.0987	3.93	0.0914
8	3.01	0.0870	3.01	0.0943	2.73	0.0914
14	1.71	0.0828	1.71	0.0901	1.55	0.0902
22	1.08	0.0820	1.08	0.0893	0.983	0.0881
38	0.626	0.0771	0.626	0.0844	0.569	0.0844
60	0.397	0.0768	0.397	0.0841	0.361	0.0798
100	0.239	0.0773	0.239	0.0846	0.217	0.0773
150	0.160	0.0744	0.160	0.0816	0.145	0.0757
200	0.121	0.0755	0.121	0.0827	0.110	0.0749
250	0.0985	0.0739	0.0985	0.0812	0.0899	0.0734
325	0.0770	0.0723	0.0770	0.0795	0.0704	0.0728

(参考文献:「電気通信施設設計要領・同解説(電気編)平成20年版」(社)建設電気技術協会, P2-182)

表1.8 600V CV、CE/F、VV (周波数:60Hz)

導体公称 断面積 (mm ²)	600V CV、CE/F (2心および3心)		600V CV、CE/F (4心)		600V VV (2心および3心)	
	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)	R(60°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)
2	12.0	0.119	10.9	0.0992	10.9	0.119
3.5	6.76	0.110	6.13	0.0914	6.13	0.110
5.5	4.34	0.110	3.93	0.0914	3.93	0.110
8	3.01	0.104	2.73	0.0914	2.73	0.110
14	1.71	0.0994	1.55	0.0902	1.55	0.108
22	1.08	0.0984	0.983	0.0881	0.983	0.106
38	0.627	0.0925	0.569	0.0844	0.569	0.101
60	0.397	0.0922	0.361	0.0798	0.361	0.0958
100	0.240	0.0928	0.217	0.0773	0.218	0.0928
150	0.160	0.0893	0.145	0.0757	0.146	0.0909
200	0.122	0.0906	0.110	0.0749	0.111	0.0899
250	0.0995	0.0888	0.0899	0.0734	0.0910	0.0881
325	0.0783	0.0867	0.0704	0.0728	0.0719	0.0873

(参考文献:「電気通信施設設計要領・同解説(電気編)平成20年版」(社)建設電気技術協会, P2-182)

表1.9 600V CVD、CVT、CED/F、CET/F (周波数:50Hz)

導体公称 断面積 (mm ²)	600V CVD、CVT 600V CED/F、CET/F	
	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)
14	1.71	0.107
22	1.08	0.103
38	0.626	0.0955
60	0.397	0.0913
100	0.239	0.0881
150	0.159	0.0846
200	0.121	0.0859
250	0.0981	0.0836
325	0.0764	0.0816

(参考文献:古河電気工業(株)殿 電設資材ガイド2010-2011, P340)

表1.10 600V CVD、CVT、CED/F、CET/F (周波数:60Hz)

導体公称 断面積 (mm ²)	600V CVD、CVT 600V CED/F、CET/F	
	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)
14	1.71	0.128
22	1.08	0.123
38	0.626	0.115
60	0.397	0.110
100	0.240	0.106
150	0.160	0.102
200	0.121	0.103
250	0.0989	0.100
325	0.0775	0.0980

(参考文献:古河電気工業(株)殿 電設資材ガイド2010-2011, P340)

表1.11 6600V CV、CE/F、CVT、CET/F (周波数: :50Hz)

導体公称 断面積 (mm ²)	6600V CV、CE/F (3心)		6600V CVT、CET/F		短絡時 許容電流 (A) (注1)
	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)	
14	1.71	0.128	—	—	3420
22	1.08	0.119	1.08	0.136	5380
38	0.626	0.109	0.626	0.125	9290
60	0.397	0.101	0.397	0.116	14670
100	0.239	0.0935	0.239	0.108	24460
150	0.159	0.0885	0.159	0.102	36690
200	0.120	0.0876	0.120	0.101	48920
250	0.0981	0.0852	0.0977	0.0980	61160
325	0.0764	0.0825	0.0759	0.0946	79510

(参考文献: 古河電気工業(株) 電設資材ガイド2010-2011, P341)

表1.12 6600V CV、CE/F、CVT、CET/F (周波数: :60Hz)

導体公称 断面積 (mm ²)	6600V CV、CE/F (3心)		6600V CVT、CET/F		短絡時 許容電流 (A) (注1)
	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)	R(90°C) (Ω/km)	X _L (Ω/km)	
14	1.71	0.153	—	—	3420
22	1.08	0.143	1.08	0.163	5380
38	0.626	0.130	0.626	0.150	9290
60	0.397	0.121	0.397	0.139	14670
100	0.239	0.112	0.239	0.129	24460
150	0.159	0.106	0.159	0.123	36690
200	0.121	0.105	0.121	0.121	48920
250	0.0989	0.102	0.0984	0.118	61160
325	0.0775	0.0990	0.0768	0.114	79510

(参考文献: 古河電気工業(株) 電設資材ガイド2010-2011, P341)

(注1)短絡時許容電流の計算は下記によります。

計算式

$$I = 134 \frac{A}{\sqrt{t}}$$

I: 短絡時の許容電流(A)

A: 導体断面積(mm²)

t: 短絡継続時間(秒)

計算条件

短絡前の導体温度=90(°C)、短絡時の最高許容温度=230(°C)

短絡継続時間=0.3(秒)の場合

5.1.11 自動点滅器容量の 選定

自動点滅器には、バイメタルリレー式、電磁リレー式と電子式があります。

バイメタルリレー式と電磁リレー式の場合は、定格電流以上の電流を点滅器に流すと、内蔵リレーの接点が点滅器動作時のアークにより溶着し動作しなくなります。また、電子式の場合は、定格電流以上の電流を流すと、電子回路が破損し動作しなくなります。自動点滅器の容量は、点滅器を設置する回路に流れる負荷電流以上のものを選定する必要があります。

自動点滅器は、表1.13に示すように定格電圧、定格負荷電流、および動作方式により区分されます。表1.13の定格負荷電流以上が必要な場合には、電磁接触器を介して入/切する回路を構成してください。

表1.13 自動点滅器の区分

型式	定格電圧 (V)	定格負荷電流 (A)	動作方式
PBL PBM	100	3	バイメタルリレー式
		6	
		10	
	200	3 (PBLのみ)	
		6	
		10	
PR	100	10	電磁リレー式
		20	
	200	10	
		20	
PH	100	1	電子式
		3	
		6	
	200	6	
PHM	100	3	電子式
		6	電磁リレー式
		10	
	200	6	電子式
		10	電磁リレー式