

平均照度の計算(屋内全般照明)

屋内の全般照明における平均照度の予測には、光束法を用いて計算します。

$$\text{平均照度 } E = \frac{F \cdot N \cdot U \cdot M}{A}$$

$$\text{所要灯数 } N = \frac{E \cdot A}{F \cdot U \cdot M}$$

E：平均水平照度または所要照度 (lx)

F：光源光束 (lm)

N：光源数

A：作業面面積 (m²)

U：照明率 光源光束に対する作業面に入る光束の比で、器具の配光、室内面の反射率(表1.2参照)、光源の取付け位置、などによって異なります。

M：保守率 光源の働程、光源や器具のほこり等の埋積により光束が減少するため、これを補う目的であらかじめ見込んでおく量。

表1 不透明材料の反射率(%)

建築材料		みがいた金属および鏡面	
白 壁	60	銀	92
淡色クリーム壁	50~60	ロジウム	75
濃色の壁	10~30	銅	75
赤れんが	15	クロム	65
日本黒瓦	10	アルミニウム	65
灰色スレート	30	同上(電解研磨)	85
灰色テックス	40	ニッケル	55
コンクリート	25	銅鉄	60
白タイル	60	ガラス鏡面	85
白い木	40~55	塗装面	
黄ニス塗木材	30~50	白色ほうろう	75
畳	40	白ペイント	65
リノリウム	15~30	淡色ペイント	35~55
		濃色ペイント	10~30
		黒色塗料	5

表2 透明ならびに半透明材料の反射率(%)

板ガラス		紙および布	
透明窓ガラス	8	白画用紙	75
つや消窓ガラス(粗面より入射)	10	白吸取紙	75
同上(滑面より入射)	12	トレース紙	20
形ガラス(粗面より入射)	8~10	トレース布	25
同上(滑面より入射)	9~11	障子紙	40~45
乳色スキガケガラス	20~30	うすみの紙	60
プラスチック板(半透明)	25~60	黒木綿	2~10

1 照明率と固有照明率

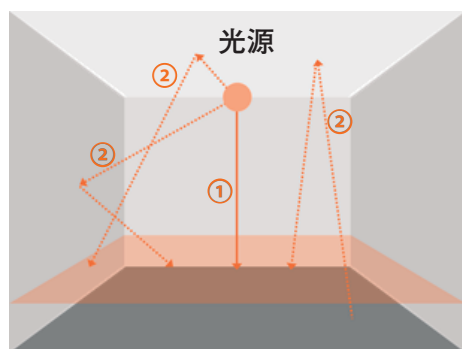


図1 作業面に入射する光束

照明率とは、光源から発せられた光束のうち、①光源から直接入射する光束と、②天井、壁、床、什器などで反射を繰り返したのち、作業面に入射する光束の和がどの程度あるかを示す割合で、次式のように表します。

$$\text{照明率 } U = \frac{\text{作業面に入射する全光束 (lm)}}{\text{光源光束 (lm)}}$$

同じ光源でも、天井・壁・床の反射率や、部屋の広さ、光源の高さによっても照明率は変化します。

固有照明率とは、照明器具から出た光束に対する作業面に入射する光束の割合を表し、次式のように表します。

$$\text{固有照明率 } u = \frac{\text{作業面に入射する全光束 (lm)}}{\text{器具光束 (lm)}}$$

$$\text{器具効率} = \frac{\text{器具光束 (lm)}}{\text{光源光束 (lm)}} \text{ より、}$$

照明率Uとの関係は

$$\text{固有照明率 } u = \frac{\text{照明率 } U}{\text{器具効率}} \text{ で表せます。}$$

2

室指数の計算

照明率表から照明率を求めるためには、室内の反射率のほか、室指数 (Room Index) RIを知ることが必要で、下式のように求めます。(図2参照)

$$\text{室指数} = \frac{\text{間口} \times \text{奥行}}{H \times (\text{間口} + \text{奥行})}$$

H: 作業面から光源までの高さ(m)

一般的な作業面

一般事務室: 床上0.8m (机上面)

和室: 床上0.4m (座机面)

体育館・廊下など: 0.0m (床面)

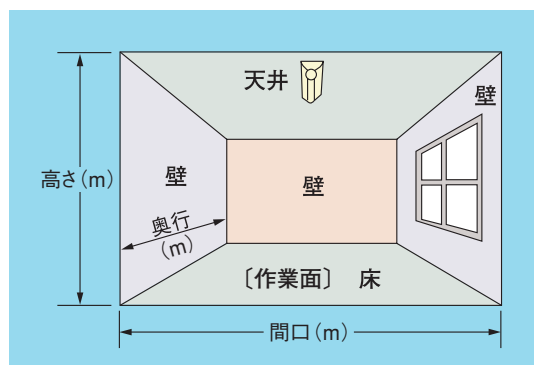


図2 室指数計算

3 保守率

保守率の構成要素は、以下に示すような4つの部分保守率に分けられます。

$$M = Ma \cdot Mf \cdot Md \cdot Mw$$

ここに、Ma=光源の光束維持率

Mf=光源の残存率

Md=光源および照明器具の汚れによる部分保守率

Mw=室内の汚れによる部分保守率

このうち、光源の光束維持率Maおよび光源の残存率Mfは、光源自身の特性により決まるものであるから、これらを一つにまとめて「光源の設計光束維持率MI」光源および照明器具の汚れによる部分保守率を「照明器具の設計光束維持率Md」とすると前述の保守率Mは下記のような2つの成分から求めることができます。

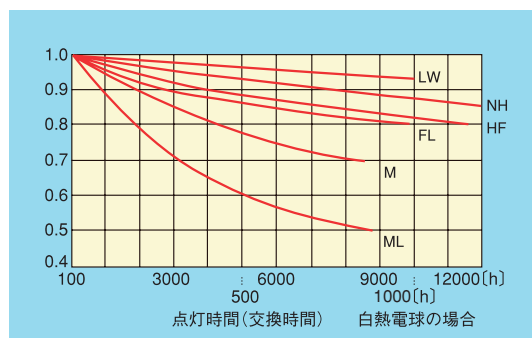
$$M = MI \cdot Md$$

ここで、Mwは光源および照明器具に起因する照度低下の割合に比べてかなり小さいことから考慮しないこととしています。

(1) 光源の設計光束維持率

従来光源の設計光束維持率は点灯時間の経過とともに不点となる光源が増加しますが、光源の残存率などを考慮し設定しています。図3に、代表的な従来光源の設計光束維持率曲線を示します。

LED光源の設計光束維持率は、LED光源の寿命として定義される初期光束の70%を光束維持率とします。ただし、LED光源の寿命が従来光源に比べ寿命が長く、照明器具が寿命になってもLED光源の寿命まで低下しないものもあるため、その場合は照明器具寿命時のLED光源の光束維持率とします。



- NH 高圧ナトリウムランプ (外部始動器形および始動器内蔵形)
- HF 蛍光水銀ランプ
- M メタルハライドランプ
- ML メタルハライドランプ (低始動電圧形)
- FL 蛍光ランプ
- LW 一般照明用白熱電球

図3 従来光源の設計光束維持率曲線 (MI)

表3 照明器具の周囲環境の分類

周囲環境	良い	普通	悪い
屋内	<ul style="list-style-type: none"> ●じんあいの発生が少なく常に室内の空気が清浄に保たれている場所 (例) 電子計算機室、電話交換室、製図室、精密機械・電子部品の製造・組立工場、検査室、製薬室、分煙された施設 	<ul style="list-style-type: none"> ●一般に使用される施設、場所 (例) 待合室、集会室、事務室、観客席、コンコース、ロビー、店内全般、展示陳列室、体育館 ●水蒸気、じんあい、煙などがそれほど多く発生しない場所 (例) 制御室、電気室、選別包装室、軽い組立工場、倉庫 ●住宅一般 	<ul style="list-style-type: none"> ●水蒸気、じんあい、煙などを多量に発生する場所 (例) 金属、機械、自動車、化学、セメント、ゴム、繊維、バルブ、ガラス、出版、印刷、造船などの製造・組立工場、厨房、調理室、室内駐車場
屋外	<ul style="list-style-type: none"> ●都市郊外、住宅地域のようにじんあい、煙、ススの発生がない場所 (例) 運動場、競技場、庭園、広場、公園 	<ul style="list-style-type: none"> ●都市部、道路隣接地帯のようにじんあい、煙、ススなどの発生がある場所 (例) 商店街、駅前広場、空港広場、駐車場、コンテナヤード、車両操作場、資材置場、自動車ターミナル、一般道路 	<ul style="list-style-type: none"> ●重工業地帯のようにじんあい、煙、ススなどの発生が多い場所 (例) 重工業地帯の道路車両操作場、資材置場、自動車ターミナル、その他の屋外施設、幹線道路、トンネル

出典：照明学会技術指針「照明設計の保守率と保守計画 第3版」JIEG-001 (2005) より抜粋

(2) 照明器具の設計光束維持率

照明器具の設計光束維持率Mdは、表3に示す周囲環境の分類と、照明器具の構造(密閉性)によって求めることができます。

表4に、従来光源とLED光源の、清掃間隔を1年と定めたときの照明器具の設計光束維持率を示します。

表4 清掃間隔1年とした場合の照明器具の設計光束維持率

表4-1 従来照明器具の設計光束維持率Md
(清掃間隔を1年とした場合)

〈屋内〉

照明器具の種類		周囲環境	良い	普通	悪い	
I1	露出形	(HID)(白熱電球系) (電球形蛍光ランプ)		0.98	0.95	0.90
		(蛍光ランプ)		0.90	0.85	0.75
I2	下面開放形 (下面粗いルーバ)		0.90	0.85	0.75	
I3	簡易密閉形 (下面カバー付)		0.85	0.80	0.75	
I4	完全密閉形 (パッキン付)		0.95	0.90	0.85	

表4-2 分離形LED照明器具の設計光束維持率Md
(清掃間隔を1年とした場合)

〈屋内〉

照明器具の種類		周囲環境	良い	普通	悪い
露出形	(電球形 LED ランプ)		0.98	0.95	0.90
	(直管形 LED ランプ)				
下面開放形 (下面粗いルーバ)			0.95	0.90	0.80
簡易密閉形 (下面カバー付)			0.90	0.85	0.80
完全密閉形 (パッキン付)			0.98	0.95	0.90

〈屋外〉

照明器具の種類		周囲環境	良い	普通	悪い	
O1	露出形		0.98	0.95	0.90	
O2	下面開放形		0.90	0.85	0.75	
O3	簡易密閉形 (下面カバー付)	(HID)		0.90	0.85	0.80
		(白熱電球系) (蛍光ランプ)		0.85	0.80	0.75
O4	完全密閉形 (パッキン付)		0.95	0.90	0.85	

(注) トンネルなど著しい汚れが予想される施設では 0.75 ~ 0.6 (H) となる。

〈屋外〉

〈屋外〉

照明器具の種類		周囲環境	良い	普通	悪い
露出形			0.98	0.95	0.90
下面開放形			0.95	0.90	0.80
簡易密閉形 (下面カバー付)	(電球形 LED ランプ)		0.90	0.85	0.80
	(直管形 LED ランプ)				
完全密閉形 (パッキン付)			0.98	0.95	0.90

表4-3 一体形LED照明器具の設計光束維持率Md
(清掃間隔を1年とした場合)

〈屋内・屋外〉

照明器具の種類		周囲環境	良い	普通	悪い
露出形			0.98	0.95	0.90
下面開放形 (下面粗いルーバ)			0.95	0.90	0.80
簡易密閉形 (下面カバー付)			0.90	0.85	0.80
完全密閉形 (パッキン付)			0.98	0.95	0.90

LED照明器具の大別について

LED照明器具は、以下の2つに大別することができます。

- LED光源が照明器具から着脱でき、容易に交換することができる分離形LED照明器具
白熱電球や蛍光ランプなど従来光源の照明器具とほぼ同じ構造とみなすことができるため、従来の照明学会・技術指針JIEG-001(2005)で定義された照明器具の種類を適用しています。
- LED光源が照明器具に固定され、交換することができない一体形LED照明器具
今回、露出形、下面開放形、簡易密閉形、完全密閉形の4つの区分はそのままに、一体形LED照明器具の構造により分類しています。

出典: 照明学会技術指針「照明設計の保守率と保守計画 第3版」 JIEG-001(2005)より抜粋
照明学会技術指針「照明設計の保守率と保守計画 第3版 -LED対応増補版-」 JIEG-001(2013)より抜粋

(3) LED照明器具の保守率 保守率Mは、下式により求めます。

$$M = M_I \times M_d$$

M_I: 光源の設計光束維持率 (器具寿命時の光束維持率)

M_d: 照明器具の設計光束維持率

(4) 従来光源の標準的保守率

昭和55年に保守率標準化委員会において保守率の定義を明確にしてまとめたものが、「照明設計の保守率と保守計画」第1版として発行され、その後、ランプの定格寿命の延伸や新しいランプの開発に伴い、JIEG-001(1987)として同名の第3版が発行され、従来光源の“標準的保守率”として照明設計において活用されています。

表5 従来光源の標準的保守率

清掃間隔：1年、交換時間	高圧ナトリウムランプ(NH)	20000時間	電球形蛍光ランプ(EFA)	5000時間	ミニクリプトン電球(LDS)	2000時間
	蛍光水銀ランプ(HF)	10000時間	コンパクト蛍光ランプ(FHT)	8000時間	ハロゲン電球(JD)	2000時間
	メタルハライドランプ(ML)	8000時間	蛍光ランプ(FLR)	10000時間	白熱電球(LW)	1000時間
	メタルハライドランプ(M)	7000時間	蛍光ランプ(FHF)	10000時間		

注) 交換時間は、白熱電球系は不点になるまで、その他は定格寿命の約80%の時点を目安とした。

照明器具の種類		光源の種類		白熱電球			ミニクリプトン電球			ハロゲン電球			電球形蛍光ランプ			蛍光ランプ(FHT)		
				良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い
I ₁	露出形		0.91 0.89 0.84			0.88 0.86 0.81			0.91 0.89 0.84			0.77 0.74 0.70			0.72 0.70 0.66			
			— — —			— — —			— — —			— — —			— — —			
I ₂	下面開放形 (下面粗いレバー)		0.84 0.79 0.70			0.81 0.77 0.67			0.84 0.79 0.70			0.70 0.66 0.58			0.66 0.63 0.55			
I ₃	簡易密閉形 (下面カバー付)		0.79 0.74 0.70			0.77 0.72 0.67			0.79 0.74 0.70			0.66 0.62 0.58			0.63 0.59 0.55			
I ₄	完全密閉形 (パッキン付)		0.89 0.84 0.79			0.86 0.81 0.77			0.89 0.84 0.79			0.74 0.70 0.66			0.70 0.66 0.63			

注) 特性改善の可能性有り。

照明器具の種類		光源の種類		蛍光ランプ(FLR)			蛍光ランプ(FHF)			蛍光水銀ランプ(HF)			高圧ナトリウムランプ・L			メタルハライドランプ(ML)			メタルハライドランプ(M)		
				良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い
I ₁	露出形		— — —			— — —			0.80 0.77 0.73			0.85 0.83 0.78			0.55 0.53 0.50			0.71 0.69 0.65			
			0.74 0.70 0.61			0.73 0.69 0.61			— — —			— — —			— — —			— — —			
I ₂	下面開放形 (下面粗いレバー)		0.74 0.70 0.61			0.73 0.69 0.61			0.73 0.69 0.61			0.78 0.74 0.65			0.50 0.47 0.42			0.65 0.61 0.54			
I ₃	簡易密閉形 (下面カバー付)		0.70 0.66 0.61			0.69 0.65 0.61			0.69 0.65 0.61			0.74 0.70 0.65			0.47 0.44 0.42			0.61 0.58 0.54			
I ₄	完全密閉形 (パッキン付)		0.78 0.74 0.70			0.78 0.73 0.69			0.77 0.73 0.69			0.83 0.78 0.74			0.53 0.50 0.47			0.69 0.65 0.61			

注) 特性改善の可能性有り。

照明器具の種類		光源の種類		白熱電球			ミニクリプトン電球			ハロゲン電球			電球形蛍光ランプ			蛍光ランプ(FHT)		
				良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い
O ₁	露出形		0.91 0.89 0.84			0.88 0.86 0.81			0.91 0.89 0.84			0.77 0.74 0.70			0.72 0.70 0.66			
			0.84 0.79 0.70			0.81 0.77 0.67			0.84 0.79 0.70			0.70 0.66 0.58			0.66 0.63 0.55			
O ₂	下面開放形		— — —			— — —			— — —			— — —			— — —			
O ₃	簡易密閉形 (下面カバー付)		0.79 0.74 0.70			0.77 0.72 0.67			0.79 0.74 0.70			0.66 0.62 0.58			0.63 0.59 0.55			
			0.70 0.66 0.61			0.69 0.65 0.61			— — —			— — —			— — —			
O ₄	完全密閉形 (パッキン付)		0.89 0.84 0.79			0.86 0.81 0.77			0.89 0.84 0.79			0.74 0.70 0.66			0.70 0.66 0.63			

注) 特性改善の可能性有り。

照明器具の種類		光源の種類		蛍光ランプ(FLR)			蛍光ランプ(FHF)			蛍光水銀ランプ(HF)			高圧ナトリウムランプ・L			メタルハライドランプ(ML)			メタルハライドランプ(M)		
				良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い	良い	普通	悪い
O ₁	露出形		0.81 0.78 0.74			0.80 0.78 0.73			0.80 0.77 0.73			0.85 0.83 0.78			0.55 0.53 0.50			0.71 0.69 0.65			
O ₂	下面開放形		0.74 0.70 0.61			0.73 0.69 0.61			0.73 0.69 0.61			0.78 0.74 0.65			0.50 0.47 0.42			0.65 0.61 0.54			
O ₃	簡易密閉形 (下面カバー付)		— — —			— — —			0.73 0.69 0.65			0.78 0.74 0.70			0.50 0.47 0.44			0.65 0.61 0.58			
			0.70 0.66 0.61			0.69 0.65 0.61			— — —			— — —			— — —			— — —			
O ₄	完全密閉形 (パッキン付)		0.78 0.74 0.70			0.78 0.73 0.69			0.77 0.73 0.69			0.83 0.78 0.74			0.53 0.50 0.47			0.69 0.65 0.61			

4 計算例

①部屋の条件

12m×18mの一般事務室、天井の高さは床から3m。6mおきに柱があり、高さ30cmの梁により2×3個の小間に分かれています。中間色系の色彩調節が施されている。天井の反射率は70%、壁は50%、床は10%とする。

②水平面照度

(一社)照明学会の学会基準である照明基準総則 JIS Z 9110 (2010) より E=750 lx とする。

③照明器具

天井が低く、ランプによるまぶしさということから埋込形とする。6,900lmタイプ 下面開放W150を使う。

④光源の高さ H

作業面(床+80cm)より $3 - 0.8 = 2.2$ で $H = 2.2\text{m}$ となる。

⑤室指数 (RI)

$$RI = \frac{X \cdot Y}{H(X+Y)} = \frac{12 \times 18}{2.2(12+18)} \approx 3.3$$

⑥固有照明率 U

U=0.92 (図4参照)

⑦保守率 M

M=0.81 (汚れの程度は普通として)

⑧器具台数 N の計算

照明器具の器具光束 F は 6,600lm。
作業面の面積 A=216㎡より、所有器具台数 N は

$$N = \frac{E \cdot A}{F \cdot U \cdot M} = \frac{750 \times 216}{6,600 \times 0.92 \times 0.81} = 32.94$$

したがって毎小間6台として、全体で36台取付けるものとする。(図5参照)

⑨実際の照度

$$E' = \frac{F \cdot U \cdot N \cdot M}{A} = \frac{6,600 \times 0.92 \times 36 \times 0.81}{216} \approx 819 \text{ lx}$$

設備当初は

$$E_0 = E' \div M = 819 \div 0.81 = 1,011 \text{ lx}$$

が得られる。

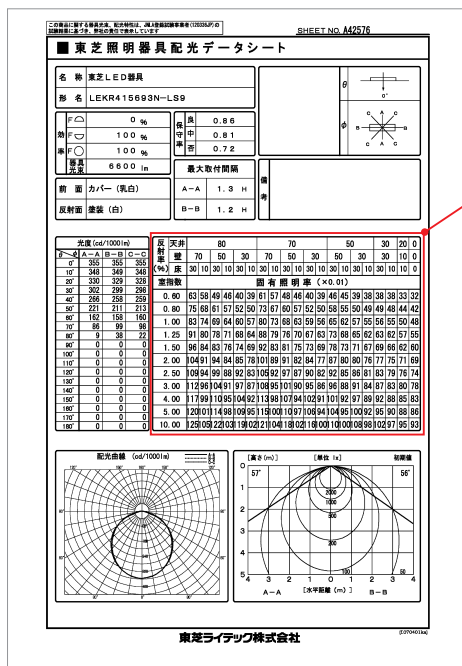


図4 東芝照明器具配光データシート 6,900lmタイプ 下面開放W150

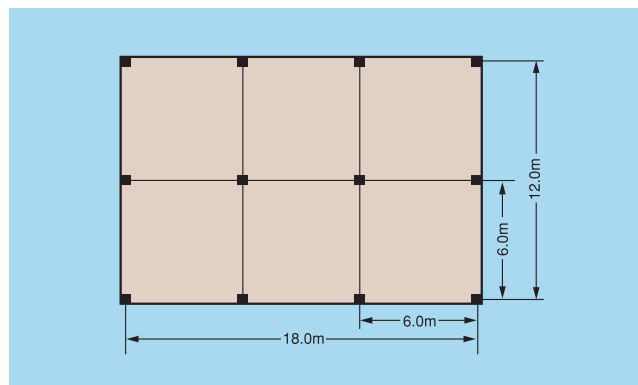


図5 照明設計をする部屋 (天井伏図) 天井高: 3m

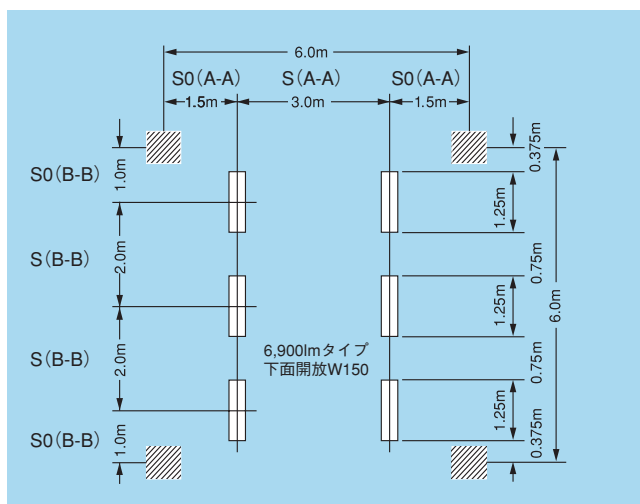


図6 照明器具配置図