

平成 29 年度光害対策ガイドライン改訂についての検討業務

業務報告書

平成 30 年 3 月

一般社団法人 日本照明委員会

目次

1. はじめに	1
1.1 調査の目的	1
1.2 調査の内容	1
1.3 調査の実施方法	1
1.4 調査委員会の構成	2
1.5 調査委員会活動状況	3
2. CIE 150:2003 旧版に関連する国内の規格・基準	8
2.1 照明器具等に関する基準	8
2.2 障害光に関する基準	10
2.3 光害防止条例の制定事例	12
3. CIE 150:2017 改訂版での改訂・新規追加内容	18
3.1 新旧目次対応	18
3.2 環境区域	23
3.3 照明器具の発光面サイズと観測距離による許容光度最大値	23
3.4 ULR（上方光束比）の定義変更と制限値	25
3.5 UFR（拡張上方光束倍率）による制限	26
4. 日本の屋外照明への CIE 150:2017 改訂版適用における課題	28
4.1 環境区域の適用と日本の都市化の状況	28
4.2 発光面サイズの求め方の違いによる許容光度最大値への影響	31
4.3 ULR（上方光束比）制限値の強化と LED 照明器具への適用	37
4.4 UFR（拡張上方光束倍率）から判断する各環境区域に適用可能な照明	38
5. LED 照明の技術調査	41
6. まとめ	45
付録	
CIE 150: 2003 改訂・追加箇所の翻訳	47
CIE 150: 2017 目次	71
英語サマリー	77

1. はじめに

1.1 調査の目的

光害対策ガイドラインは平成 10 年度に策定され、平成 18 年度に改訂が行われている。本ガイドラインを策定及び改訂した際の基礎資料とした CIE（国際照明委員会）による CIE 150:2003 旧版“Guide on the limitation of the effects of obtrusive lighting from outdoor lighting installations”（「屋外照明による障害光規制ガイド」）の改訂（以下「CIE 150:2017 改訂版」という。）が進んでおり、平成 29 年度中に発行が行われる見込みであった。また、光害対策ガイドライン改訂当時はまだ LED 照明等の普及が進んでいなかったが、現在は LED 照明が広く普及しており、かつ今後も従来の照明器具から LED への切り替えが推進されていくものであるため、これまでの照明設備等ではみられなかった LED 照明等の特性による光害の対策・対応をまとめる必要がある。

本調査は、現在の国内の光害に関する状況等を踏まえ、CIE 150:2017 改訂版に関する知見や LED 照明等を含む屋外照明の設置に対する関係団体等の方針を取りまとめ、光害対策ガイドラインの利用者に向けた検討を行うものである。

1.2 調査の内容

(1) 障害光規制ガイドに関する情報収集

平成 29 年度に改訂予定の CIE 150:2017 改訂版における改訂内容を国内の照明設備の設置状況等を踏まえて精査し、光害対策ガイドラインに反映すべき点や見直す点、実情に合わない点などを整理する。

(2) 障害光規制ガイドの一部翻訳

CIE 150:2017 改訂版について、委員会における資料として必要な部分の抜粋とその翻訳を用意する。

(3) LED 照明等の技術的状況に関する情報収集

光害の観点から、屋外照明に使用する LED 照明等の技術的特徴に関する現在の国内の状況について情報収集を行う。

(4) CIE 150:2017 改訂版の日本の屋外照明への適用に関する検討

(1)～(3)で集めた知見を委員会の検討に付し、委員会の意見を踏まえ、平成 18 年度に改訂した光害対策ガイドラインを基に、改訂すべき点や追記又は削除すべき点を取りまとめる。

1.3 調査の実施方法

1.2 で述べた調査を実施するため、JCIE に「光害対策ガイドライン改訂に関する CIE 150 調査委員会」を設置した。実施方法は以下の通り。

(1) CIE 150:2017 改訂版に関する分析

CIE 150:2017 改訂版について、照明機器の設置に関して実状等に合わせた形を反映できるよう、国内の状況等についての情報収集・分析を行う。

(2) CIE 150:2017 改訂版の一部翻訳

CIE 150:2017 改訂版について、日本国内において適用することが妥当と思われる部分につ

いて、委員会における資料として使用できるように抜粋し、一部翻訳を行う。

(3) LED 照明等に関する資料等の収集・分析

既存の LED 照明等に関する技術的知見、従来の照明設備との違いによる光害対策の必要性等の情報収集・分析を行う。

(4) 委員会、分科会の開催及び CIE 150:2017 改訂版の日本の屋外照明への適用に関する検討

1.4 調査委員会の構成

調査委員会の委員会および分科会の活動期間は、2017 年 4 月～2018 年 3 月の 1 年間とした。委員構成は、JCIE 第 5 部会国内委員会のメンバーを中心に屋外照明や光害に関する有識者および関連団体の委員、環境省のオブザーバで構成した。委員会および分科会の委員構成を表 1.1 に示す。

表 1.1 委員会および分科会の委員構成

委員会	分科会	名前	勤務先名
委員長	委員長	望月 悦子	千葉工業大学 創造工学部 建築学科 教授
幹事	幹事	斎藤 孝	パナソニック(株) エコソリューションズ社 ライティング事業部 R&D センター 空間制御システム技術開発部 課長
幹事	幹事	山田 哲司	岩崎電気(株) 新技術開発部 照明技術開発課
委員		岩田 利枝	東海大学 工学部 建築学科 教授
委員	委員	大山 敬	(一社)照明学会
委員		越智 信彰	東洋大学 経営学部会計ファイナンス学科 准教授
委員	委員	小谷 朋子	東芝ライテック(株) 技術・品質統括部 技術企画部 企画・管理担当 主査
委員		鈴木 篤	(一社)日本照明工業会 技術部 担当部長
委員		鈴木 直行	(株)遠藤照明 照明設計部 照明設計課
委員		滝口 賢一郎	コイト電工(株) エンジニアリング部 部長
オブザーバ (2017 年 7 月 まで)	オブザーバ (2017 年 7 月 まで)	行木 美弥	環境省 水・大気環境局 大気生活環境室長
オブザーバ (2017 年 8 月 以降)	オブザーバ (2017 年 8 月 以降)	吉川 圭子	環境省 水・大気環境局 大気生活環境室長
オブザーバ	オブザーバ	長谷川 学	環境省 水・大気環境局 大気生活環境室 統括室長補佐
オブザーバ	オブザーバ	三井 雅	環境省 水・大気環境局 大気生活環境室
オブザーバ (2017 年 10 月以降)	オブザーバ (2017 年 10 月以降)	中澤 智子	環境省 水・大気環境局 大気生活環境室

1.5 調査委員会活動状況

委員会および分科会の活動スケジュールと CIE 150:2017 改訂版の発行ステップ（図 1.1）、及び討議概要を示す。

	2017 年			2018 年	
	～3 月	4～6 月	7～9 月	10～12 月	1～3 月
委員会		◎ 5/29	◎ 8/28	◎ 12/19	◎ 2/16
分科会		○ 4/24	○ 7/10	○ 11/9	○ 1/18
CIE 150:2017 改訂版	● ED(3/21)		● AD(9/12)	● TR(10/1)	

※ ED: Enquiry Draft（部会作業原案）、AD: Approval Draft（部会原案）

TR: Technical Report（技術報告書）

図 1.1 委員会および分科会の活動スケジュール

1.5.1 第 1 回分科会

日時：平成 29 年 4 月 24 日（月）13：30～16：15

場所：照明学会 第 2 会議室

出席者：望月委員長、斎藤幹事、山田幹事、大山委員、小谷委員、長谷川オブザーバ、
三井オブザーバ

(1) 調査委員会名簿の確認

(2) 調査委員会の活動内容、スケジュールの確認

・委員会の活動内容、活動計画、および委員会設立の背景説明

・活動内容は、環境省光害対策ガイドライン（以下「光害ガイド」という。）改訂に適用するための CIE 150:2017 改訂版の内容の調査、検討とする。

(3) CIE 150 改訂について

・CIE 150:2003 旧版と CIE 150:2017 Enquiry Draft との差異は、目次では 3.5.4 項、3.6.5 項、6.4 節などが大きく変更され、特に UFR という新たな上方光束比の考え方が提案されていることがポイント（第 2 回委員会で UFR の訳語を「拡張上方光束比」とすることに決定）

・LED 特有の記述については 2 箇所のみ

・Table5（ULR（上方光束比）最大値）が値変更、Table3（最大光度値）、Table6（UFR（拡張上方光束比）最大値）が新たな考え方として記述

(4) 関連規格・基準の調査

(5) 第 1 回委員会の議題について

(6) 翻訳箇所の選定

(7) CIE 150:2017 Enquiry Draft への部会コメントについて意見交換

1.5.2 第1回委員会

日時：平成 29 年 5 月 29 日（月）13：30～16：10

場所：照明学会 第1会議室

出席者：望月委員長、斎藤幹事、山田幹事、大山委員、越智委員、小谷委員、鈴木（篤）委員、
鈴木（直）委員、滝口委員、行木オブザーバ、長谷川オブザーバ、三井オブザーバ

(1) 委員会名簿の確認

(2) 委員会の活動内容、スケジュールの確認

- ・委員会の活動内容、活動計画、および委員会設立の背景説明
- ・活動内容は、光害ガイド改訂に適用するための CIE 150:2017 改訂版の内容の調査、検討を目的とする。
- ・環境省内で光害ガイド改訂に当たっては、LED 照明の普及を反映させた内容とするため、検討資料として LED 照明の調査・検討も進める。

(3) 関連規格・基準と分科会活動の紹介

- ・CIE 150:2003 旧版と光害ガイドを引用している関連規格・基準と、第1回分科会の議事録案を紹介
- ・ULR（上方光束比）が光害ガイドの照明環境 IV（20%）と CIE 150:2003 旧版の E4（25%）で異なる点について、平成 10 年の光害ガイド策定時に、CIE 150:2003 旧版の値をそのまま採用せずに検討委員会で値を独自に検討したとの説明があった。
- ・委員会での活動内容が関連規格の改訂にも影響する可能性があるが、関連規格については CIE 150 や光害ガイドが改訂された後に、それぞれの管理機関で判断する。
- ・今回紹介された関連規格以外にも条例などで引用している可能性があり、委員会内で引き続き調査する。

(4) CIE 150 改訂の概要

- ・CIE 150:2017 Enquiry Draft との変更点について説明
 - ①UFR（拡張上方光束比）という新たな上方光束比の考え方が提案
 - ②ULR（上方光束比）が CIE 150:2003 旧版よりも厳しい値になっている
 - ③指定された方向の最大光度値に発光面積と光源までの距離の概念が追加
 - ④E0 という新しい区分が追加
- ・LED 特有の記述については 2 箇所のみ
- ・関連情報として、アメリカ合衆国エネルギー省の街路照明のランプの光色に関するレポート¹⁾を紹介
- ・日本国内の代表光学天文観測所と距離について説明があり、日本では CIE 150:2017 Enquiry Draft で推奨される環境区分をそのまま運用することは難しいとの報告があった。
- ・ULR（上方光束比）は器具単体で制限できるが、UFR（拡張上方光束比）は配置条件を考慮した照明計算が必要となり、器具単体で規定できない問題がある。UFR（拡張上方光束比）を計算した場合、環境要因でどの程度値が変化するか把握すべきである。

- ・ IDA（国際ダークスカイ協会）の『星空保護区』認定では、光色 3000K 以下で、さらに自然への影響が高い場合は 2000K 以下にするとの規定がある。

- ・ 光害ガイド改訂の際は、光色に関する考え方を反映するのが望ましい。現行の光害ガイドに関連記述がある。

(5) 翻訳箇所の選定について

- ・ CIE 150:2017 Enquiry Draft の以下の項目を翻訳することとした。

1, 2, 3.5.1, 3.5.4, 4.2.5, 6.4(6.4.1～6.4.5), 7.5, 7.6

1.5.3 第2回分科会

日時：平成 29 年 7 月 10 日（月）13：30～17：05

場所：照明学会 第2会議室

出席者：望月委員長、斎藤幹事、山田幹事、大山委員、小谷委員、長谷川オブザーバ、
三井オブザーバ

(1) CIE 150:2017 Enquiry Draft の翻訳内容確認

- ・ 利用率 u は、意味を考慮して『照明率 u 』とする。

(2) 今後の委員会・分科会の議事・運営について

- ・ 第2回委員会の主議題は CIE 150:2017 Enquiry Draft の翻訳校正版の内容紹介とする。

- ・ 第2回委員会の会議案内のメール発信時に、別メールにて翻訳校正版を送付する旨を告知する。

- ・ 第3回分科会までに LED 照明の調査・検討のたたき台を作成

(3) その他、情報交換

- ・ 国内天文台での周辺人口総数と一般世帯数の調査結果が報告され、国内では単純に天文台からの距離で環境区分を整理することは難しいことが示唆された（4.1 参照）。

- ・ 2017 年 6 月 20 日に開催された第 39 回 JCIE セミナー（JCIE 会員限定）での講演内容、ならびに当日の質疑について紹介

- ・ CIE 150:2017 Enquiry Draft の投票結果、コメントを提出したのは日本とフランスの2か国であり、フランスから非常に多くのコメントが出された。また、現時点での修正ドラフト（作業中）を回覧した。

(4) 第2回委員会の議題検討

1.5.4 第2回委員会

日時：平成 29 年 8 月 28 日（月）13：30～17：10

場所：照明学会 第1会議室

出席者：望月委員長、斎藤幹事、山田幹事、岩田委員、大山委員、越智委員、小谷委員（Web）、
鈴木（篤）委員、滝口委員、吉川オブザーバ、三井オブザーバ

(1) 関連情報の紹介

- ・ 第 39 回 JCIE セミナーでの CIE 150 改訂に関する講演内容、ならびに日本国内の主要天文台からの距離と人口・世帯数の分析事例について説明

- ・UFR（拡張上方光束比）制限値については、さらに実態に近い条件での計算事例を積み上げて、周辺環境の反射率の影響度を分析することとした。

- ・ULR（上方光束比）の計算では、今後はランプではなく器具で考えていくのが望ましい。

(2) CIE 150:2017 Enquiry Draft 翻訳内容の審議

- ・時間切れのため付録 E については第 3 回委員会で審議することとした。指摘された箇所については、第 3 回分科会で修正、註釈作成し、第 3 回委員会で再審議することとした。

- ・特筆すべき修正内容は、UFR の訳語を『空間の上方光束比』から『拡張上方光束比』に見直すこと、指示代名詞の表現 ENERGY STAR Program Requirements Product Specification for Luminaires (Light Fixtures) ²⁾ の目次、IDA 東京支部 2017 年度研究会を紹介

1.5.5 第 3 回分科会

日時：平成 29 年 11 月 9 日（月）13：30～16：00

場所：照明学会 第 1 会議室

出席者：望月委員長(WEB)、斎藤幹事、山田幹事、大山委員、小谷委員、三井オブザーバ、
中澤オブザーバ

(1) CIE 150:2017 Enquiry Draft の翻訳の修正内容確認

- ・3.6.4 節（環境区域）を追加翻訳することにした。

- ・CIE 150:2017 改訂版と CIE 150:2017 Enquiry Draft との違いを確認し、差分を翻訳することにした。

(2) 報告書目次（案）の検討

(3) その他、情報交換

- ・CIE 150:2017 改訂版が正式に出版されたことを紹介

- ・IDA（国際ダークスカイ協会）東京支部大会での講演紹介

1.5.6 第 3 回委員会

日時：平成 29 年 12 月 19 日（火）13：30～17：10

場所：照明学会 第 1 会議室

出席者：望月委員長、斎藤幹事、山田幹事、岩田委員、大山委員、越智委員、小谷委員、
鈴木（篤）委員、鈴木（直）委員、滝口委員、吉川オブザーバ、三井オブザーバ、
中澤オブザーバ

(1) 翻訳内容の審議

- ・CIE 150:2017 改訂版が発行されたため、CIE 150:2017 Enquiry Draft と比較して変更点の翻訳を追加

- ・特筆すべき修正内容・指摘事項は、① “should be” を “すべきである” と訳するが、本件はガイドラインであり、規格・基準と強制力が異なる点を報告書で記載すること、②図表の単位記述や字体（変数のイタリック化）は出版物に合わせることに、③文字サイズを全体的にそろえること、である。

(2) 報告書の目次について審議

- ・ CIE 150 改訂の経緯を第 3 章で記述する。
- ・ CIE 150:2017 改訂版で削除された生態系への影響については、重要度が低減したとの誤解がないよう報告書で反映する。
- ・ 第 5 章では現行の LED 照明の上方光束比の実態も記述する。
- ・ 第 2 章の国内の規格・基準について、光害ガイドを引用している自治体の指針の事例（奈良県明日香村公共事業景観形成指針ほか）が紹介され、引続き調査を継続するとともに、報告書にどこまで記載するかは継続審議する。
- ・ 現在推進中の JIS 改訂の動向も触れてはどうかとの意見があった。
- ・ 以上の意見を反映して目次を修正し、分科会メンバーを中心に報告書を作成する。

1.5.7 第 4 回分科会

日時：平成 30 年 1 月 18 日（木）13：30～17：30

場所：照明学会 第 1 会議室

出席者：望月委員長、斎藤幹事、山田幹事、大山委員、小谷委員、吉川オブザーバ、
長谷川オブザーバ、三井オブザーバ、中澤オブザーバ

(1) 委員会報告書（案）の検討

- ・ 図表番号のつけ方、用語や体裁の統一等、修正箇所を確認した。

(2) 報告書作成の今後のスケジュール確認

1.5.8 第 4 回委員会

日時：平成 30 年 2 月 16 日（金）9：00～12：30

場所：照明学会 第 1 会議室

出席者：望月委員長、斎藤幹事、山田幹事、岩田委員、大山委員、越智委員、小谷委員、
鈴木（直）委員、滝口委員、吉川オブザーバ、三井オブザーバ

(1) 業務報告書（案）の審議

(2) 翻訳最終版の確認

(3) 業務報告書英文サマリーを確認

(4) 光害ガイドの改訂に関する意見交換

(5) 鳥取県で開催された『星取県の未来フェスティバル』での環境省における光害対策・星空観察の推進についての講演内容紹介

参考文献

- 1) U.S. Department of Energy: An Investigation of LED Street Lighting' s Impact on Sky Glow
(2017)
- 2) ENERGY STAR Program Requirements Product Specification for Luminaires (Light Fixtures)
Eligibility Criteria Version 2.0

2. CIE 150:2003 旧版に関連する国内の規格・基準

平成 10 年（1998）に「光害対策ガイドライン」（環境庁）が策定され、光害防止に対する社会的要請の高まりとともに平成 18 年（2006）には「光害対策ガイドライン」の改訂が行われた。

光害に対する認識の高まりとともに、「光害対策ガイドライン」は国内の規格・基準にもとりいれられてきている。CIE 150:2017 改訂版の発行に伴い、今後、影響を及ぼしそうなものを次にあげる。

2.1 照明器具等に関する基準

屋外灯として設置される照明器具の、上方光束比を規制する基準が設けられている。

1) 建築設備設計基準（（一社）公共建築協会）平成 27 年度版

11 章 構内線路 第 6 節 外灯

- ・外灯は、夜間の交通及び防犯上有効な箇所に設置する。

表 2.1 建築設備設計基準 11 章第 6 節の表（基準より抜粋）

(6) 外灯は、「光害対策ガイドライン」（平成 19 年 2 月 13 日 環境省通達）に留意のうえ、建築物及び周辺との調和を考慮して設ける。

(7) 外灯に用いる照明器具は、照明環境に適合して上方光束比に適合するものを選定し、原則として表 6-1 による。

表 6-1 照明環境と上方光束比

ガイドラインによる 照明環境類型	照明環境Ⅰ	照明環境Ⅱ	照明環境Ⅲ	照明環境Ⅳ
環境地域*1	際立った自然環境 を持つ地域	一般的な市街地及 び田園地帯の外側 の領域	一般的な市街地	一般的な宅地と商業地 が混在する市街地で夜 間の活動が多い地域
上方光束比*2	0%	0～5%	0～15%	0～15%

注 *1 国際照明委員会(CIE)による環境地域

*2 行政「率先実行」による公共街路照明整備に関する指針による数値

2) 公共建築設備工事標準図(電気設備工事編) ((一社)公共建築協会) 平成 28 年度版
電力 20 LED 照明器具 屋外灯 1. 2. 4

屋外灯 1：上方光束比は 5%以下とする。配光は全方向配光とする。

屋外灯 2：上方光束比は 15%以下とする。配光は全方向配光とする。

屋外灯 4：上方光束比は 5%以下とする。配光は通路配光(横長配光)とする。

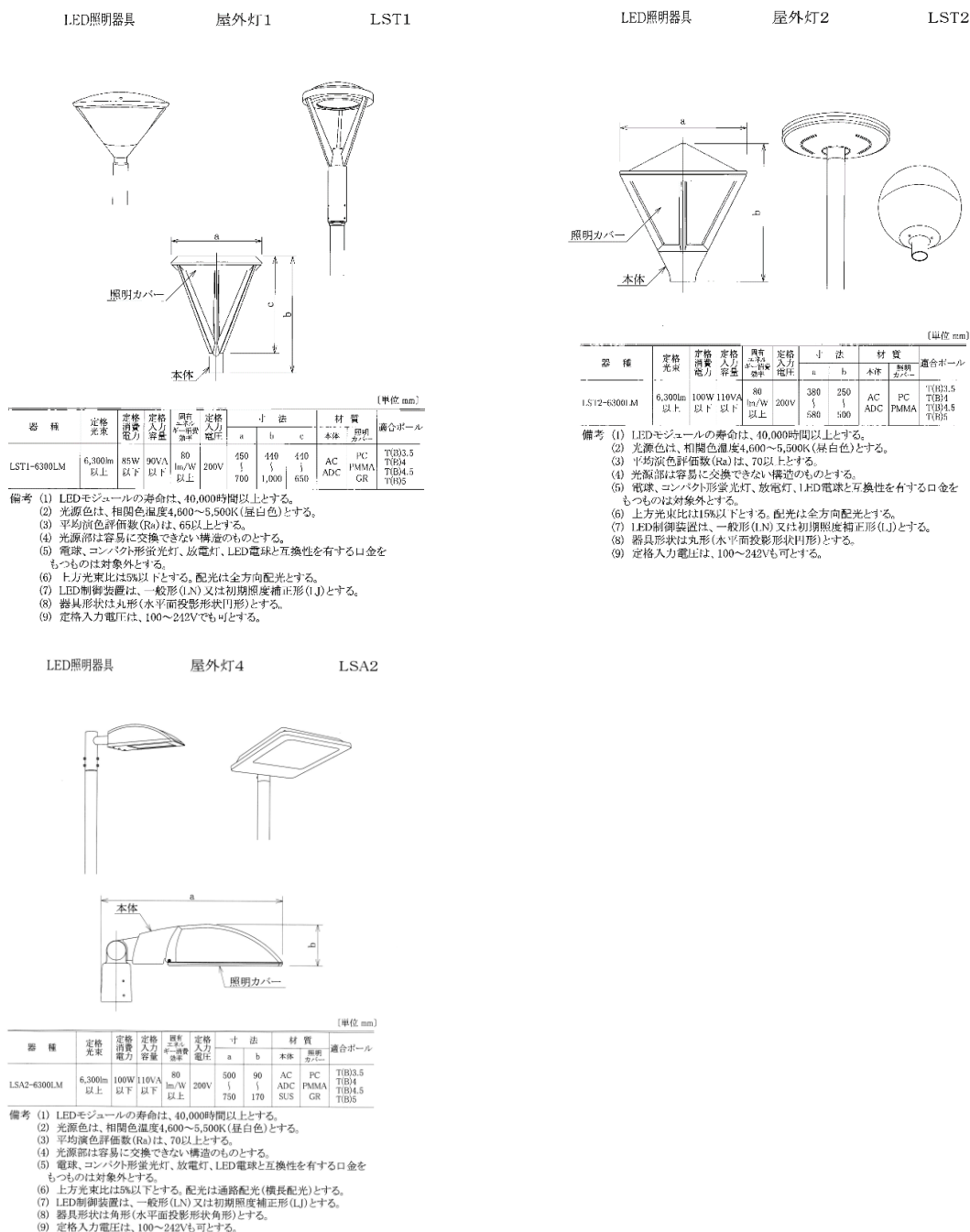


図 2.1 公共建築設備工事標準図(電気設備工事編) 電力 20 の図 (標準図より抜粋)

2.2 障害光に関する基準

1) 屋外作業場の照明基準 (JIS Z 9126:2010)

屋外作業場及びそれらに関連する領域で行われる作業が、安全に、容易に、効率的に、かつ、快適に行えるために必要とする照明の量と質に関する照明設計基準を示し、それらの照明要件を規定している JIS である。

光害を防止するために障害光を抑制する、として屋外照明設備からの障害光の許容される最大値を示している。

表 2.2 屋外作業場の照明基準 表 (JIS より抜粋)

Z 9126 : 2010

表 3—屋外照明設備による障害光の許容される最大値

環境ゾーン	地所への照度 ^{a)}		照明器具の光度		上方光束比	輝度	
	E_v (lx)		I (×1 000 cd)		$ULOR$	L_b (cd/m ²)	L_s (cd/m ²)
	減灯時間 ^{b)} 前	減灯時間以降	減灯時間前	減灯時間以降		ビル面	サイン面
E1	2	0 ^{c)}	2.5	0	0	0	50
E2	5	1	7.5	0.5	0.05	5	400
E3	10	2	10	1.0	0.15	10	800
E4	25	5	25	2.5	0.20	25	1 000

ここに、 E1 : 自然環境。例えば、国立公園、保護された場所などの本来暗い光環境。
E2 : 地方部。例えば、産業的又は居住的な地方領域などの低い明るさの光環境。
E3 : 郊外。例えば、産業的又は居住的な郊外領域などの中程度の明るさの光環境。
E4 : 都市。例えば、都市中心、商業領域などの高い明るさの光環境。
 E_v : 地所の鉛直面照度の上限値 (lx)
 I : 障害を及ぼすと考えられる方向への各照明器具の光度 (×1 000 cd)
 $ULOR$: 照明器具を設置した状態において、照明器具又は装置の水平面より上に放射される光束のランプ光束に対する割合
 L_b : ビル面の平均輝度の上限値 (cd/m²)
 L_s : サイン面の平均輝度の上限値 (cd/m²)

注^{a)} 近隣住居の窓、将来住居になる場合の関係する面などに適用する。
^{b)} 減灯時間が適用できない場合には、減灯時間以降を適用することが望ましい。
^{c)} 照明器具が公共照明（道路など）である場合には、この値は1 lxとする。

2) スポーツ照明基準 (JIS Z 9127:2011)

運動競技者、審判員などの運動競技関係者、観客などが、安全、円滑及び快適に、運動競技を行ったり、観戦したりするために必要な照明要件について規定している JIS である。これまで競技の種類別に定められていた複数の JIS を統合して改訂した際に、光害規制基準を取り入れている。屋外の光環境を保全するために、屋外照明設備からの障害光の許容される最大値を規定している。

表 2.3 スポーツ照明基準 表 (JIS より抜粋)

表 3-屋外照明設備における障害光の許容される最大値

環境ゾーン	地所への照度 ^{a)}		照明器具の光度		上方光束比 ULOR	輝度	
	E_v (lx)		I (×1 000 cd)			L_b (cd/m ²)	L_s (cd/m ²)
	減灯時間 ^{b)} 前	減灯時間以降	減灯時間 ^{b)} 前	減灯時間以降		ビル面	サイン面
E1	2	0 ^{c)}	2.5	0	0	0	50
E2	5	1	7.5	0.5	0.05	5	400
E3	10	2	10	1.0	0.15	10	800
E4	25	5	25	2.5	0.20	25	1 000

ここに、環境ゾーンは **CIE 150** に規定する次のものをいう。

E1：自然環境、国立公園、保護された場所など本来暗い光環境
E2：地方部、産業的、居住的な地方領域など低い明るさの光環境
E3：郊外、産業的、居住的な郊外領域など中程度の明るさの光環境
E4：都市、都市中心、商業領域など高い明るさの光環境

ここで用いた記号は、次のとおり。

E_v ：地所の鉛直面照度の上限値 (lx)
 I ：障害を及ぼすと考えられる方向への各照明器具の光度 (×1 000 cd)
 $ULOR$ ：照明器具を設置した状態において、照明器具又は装置の水平面より上に放射される光束のランプ光束に対する割合
 L_b ：ビル面の平均輝度の上限値 (cd/m²)
 L_s ：サイン面の平均輝度の上限値 (cd/m²)

注記 この表は、**CIE 150** による。

注^{a)} 近隣住居の窓、将来住居になる予定の関係する面などに適用する。
注^{b)} 減灯時間が適用できない場合には、低い方の値を適用することが望ましい。
注^{c)} 照明器具が公共照明（道路など）である場合には、この値は 1 lx とする。

3) 歩行者の安全・安心のための屋外照明基準（照明学会・技術規格 JIES-010:2014）

歩行者の安全・安心を確保するために設ける屋外照明についての照明技術的基準を定め、屋外公共照明の質的水準の向上と照明技術の進歩の促進を図ることを目的とした技術規格である。

照明設備からの漏れ光が、周囲環境や人々に生理的及び生態的な問題を誘発しかねないため、表に示す値以下にすることが望ましいとしている。

表 2.4 歩行者の安全・安心のための屋外照明基準 表（基準より抜粋）

表 II-14-1 屋外照明設備による障害光の許容される最大値²⁾

環境ゾーン	地所への照度 ^{a)}		照明器具の光度		上方光束比 <i>ULOR</i>	輝度	
	<i>E_v</i> (lx)		<i>I</i> (×1 000 (cd))			<i>L_b</i> (cd/m ²)	<i>L_s</i> (cd/m ²)
	減灯時間 ^{b)} 前	減灯時間以 降	減灯時間 ^{b)} 前	減灯時間以降		ビル面	サイン面
E1	2	0 ^{c)}	2.5	0	0	0	50
E2	5	1	7.5	0.5	0.05	5	400
E3	10	2	10	1.0	0.15	10	800
E4	25	5	25	2.5	0.20	25	1 000

ここに、

E1：自然環境、国立公園や保護された場所など本来暗い光環境

E2：地方部、産業的又は居住的な地方領域など低い明るさの光環境

E3：郊外、産業的又は居住的な郊外領域など中程度の明るさの光環境

E4：都市、都市中心又は商業領域など高い明るさの光環境

E_v [lx]：地所の鉛直面照度の上限値

I [×1000cd]：障害を及ぼすと考えられる方向への各照明器具の光度

$ULOR$ ：照明器具を設置した状態において、照明器具又は装置の水平面より上に放射される光束のランプ光束に対する割合

L_b [cd/m²]：ビル面の平均輝度の上限値

L_s [cd/m²]：サイン面の平均輝度の上限値

注 a 近隣住居の窓、将来住居になる場合の関係する面などに適用する。

注 b 減灯時間が適用できない場合には高い方の値を超えてはならず、低い方の値を適用することが望ましい。

注 c 照明器具が公共照明（道路など）である場合には、この値は 1 lx とする。

2.3 光害防止条例の制定事例

平成 10 年（1998）に「光害対策ガイドライン」（環境庁）が策定されたが、地方自治体でも光害への関心が高まり始め、下記のような条例が制定されている。いずれも光害の原因となる「照明器具等に制限」を加えていることがわかる。代表的な例を以下に示す。

1) 岡山県美星町「美しい星空を守る美星町光害防止条例」（平成元年美星町条例第 27 号）

岡山県美星町は、近隣に国立天文台があるなど、天体観測に適した条件を持つ地域であるため、平成元年 11 月 22 日に全国に先駆けて、光害防止条例が制定され、施行された。

美星町は井原市に編入されたが、本条例は「美しい星空を守る井原市光害防止条例（岡山県井原市）平成 16 年 12 月 17 日 条例第 56 号」として継承されている。

（照明器具等の制限及び配光基準）

第 11 条 屋外照明は、原則として、光源の中心と笠の縁とを結ぶ線が水平又はそれ以下に向くよう設置し、水平以上に光が漏れない設計の照明器具を使用する配慮をしなければならない。

2 屋外での投光機（サーチライト、スポットライト、レーザー等）の使用は、継続的なものでない場合又は明らかに水平以下に向けられていると判断される場合以外は、原則として禁止する。

3 建築物、看板等を照明する場合は、下から上に向けて投光することを禁止する。

4 建築物、看板等を照明する場合は、光源を上端に取り付け、水平以上に光が漏れない設計の照明器具を使用する配慮をしなければならない。

5 美観上その他の理由により必要性のある場合を除き、屋外照明には天体観測の妨げにならない規則で定めるタイプの光源を使用することを奨励する。

6 屋外照明は、その用途に応じ、適正で必要最小限の光を使用するよう十分な配慮をしなければならない。

7 事業所等の屋内照明で、大量の光を使用する場合は、カーテン、ブラインド、雨戸等の遮蔽物により、できるだけ屋外に光を漏らさないよう配慮をしなければならない。

8 前各項に定めるもののほか、照明器具の配光基準及び照明器具設置の具体例は、規則で定める。

2) 群馬県高山市「高山村の美しい星空を守る光環境条例」

平成 10 年 3 月 20 日 条例第 10 号 改正：平成 14 年 3 月 1 日 条例第 11 号

（照明器具等の制限）

第 7 条 屋外照明は、水平方向より上方に光が漏れないよう遮光等に配慮した照明器具を使用するよう配慮をしなければならない。遮光等に配慮した照明器具の形態については別に規則で定める。

2 屋外で使用するサーチライト等の投光器は、継続的かつ水平方向以上の上空を向けて使用してはならない。

3 建築物、看板等を下方から上方に照明する器具についても、第 1 項を準用する。

4 屋外照明は、天体観測への影響が少ない光源を使用するよう配慮をしなければならない。光源の種類については別に規則で定める。

- 5 屋外照明は、その用途に応じて適正でかつ必要最小限の光を使用するよう配慮しなければならない。
- 6 事業所等で屋内において大量の光を使用する場合は、屋外に光が漏れないよう遮光に配慮しなければならない。

3) 鳥取県星空保全条例 平成 29 年 12 月 26 日（鳥取県条例第 47 号）

（星空保全照明基準）

第 11 条 知事は、星空保全地域の指定に当たっては、当該星空保全地域に係る星空環境を保全するために必要な照明器具の設置及び使用に関する基準（以下「星空保全照明基準」という。）を定めなければならない。

2 星空保全照明基準には、次に掲げる事項を定めるものとする。

- (1) 照明器具の設置の位置、照射の方向及び輝度に関する事項
- (2) 前号に定めるもののほか、当該星空保全地域における星空環境の保全のために特に配慮を要する事項

4) 光害対策ガイドラインを引用した条例などの事例

環境省で光害対策ガイドラインを引用している条例、規則、指針、要項などを調査したところ、次の例があった（表 2.5 に示す）。光害防止施策の一環として策定している関連条例等もあり、光害・景観意識が高まってきていることがわかる。

表 2.5 光害対策ガイドを引用している条例、規則等リスト
(各市町村への調査依頼結果に基づく)

都道府県	市区町村	「光害対策ガイドライン」を引用している条例・規則・指針等の名称	当該条例等の策定日	備考
北海道	北海道	北海道屋外広告物条例		第 8 条、第 22 条の 6:手数料の納付 カテゴリ別に規制 1 地上広告物、屋上広告物(アーチ式広告物を除く。) 発光装置又は照明装置を有しないもの/有するもの 壁面広告物(同上) 4 アーチ式広告物:発光装置又は照明装置を有しないもの/有するもの
北海道	札幌市	①札幌市生活環境確保に関する条例 ②札幌市屋外広告物条例施行規則	①平成 14 年 ②平成 11 年 3 月 25 日 規則第 21 号 平成 24 年 3 月 23 日 規則第 8 号	①(条例第 5 号)第 28 条の 3 第 1 項の規定 .(エ) 光害の抑制 ②条例第 11 条第 2 項等 電光板、ネオン、点滅する照明等の制限
青森県	青森県	青森市屋外広告物条例	平成 18 年 3 月 1 日	・発光装置又は照明装置への手数料課金 ・文化財に指定された建造物及びその周囲 50 メートル以内の区域での禁止・制限等
宮城県	宮城県	屋外広告物条例施行規則第 8 条		「ネオン管の露出したネオンサイン又は光源の点滅する電飾装置を使用するもの」を特殊照明装置と定めている。 現状の事務執行においては、点滅の有無に関わらず、原則LEDを使用した照明広告物は特殊照明装置として取扱っているが、定義を改正することにより、申請者側に対しても明確な取扱いが示せること、また、許認可事務を行う各土木事務所においても、更なる適正な事務執行が図られると考えられるため改正するもの。(平成 21 年 10 月 1 日施行)
宮城県	仙台市	①仙台市景観法等の施行に関する規則 ②杜の都の風土を育む景観条例 ③仙台市屋外広告物条例		①屋外広告物に関する内容。 ②景観地区(定禅寺通地区、宮城野通地区、青葉通計画地区)に指定された区域内において、建築物を新築する場合には、認定申請が必要になり、認定されなければ工事に着手できない ・景観法に基づく景観重要建造物等のほか、杜の都の風土を醸し、周囲の環境と調和している歴史的・文化的建造物、工作物、樹木などについて、所有者の同意を得て「杜の都景観重要建造物等」に指定し、その保全及び景観形成に関する協定を結ぶ。 杜の都景観重要建造物等の現状変更時は届け出が必要となる。 景観形成上の価値が損なわれる恐れがある場合は、助言・指導を行うほか。 ③屋外広告物に関する内容。
秋田県	秋田県	屋外広告物規制		発光装置又は照明装置を有するものの交通信号機からの距離規制の緩和 交通信号機からの距離規制を 10 m とする。 ただし、発光装置又は照明装置により、常時その表示内容を変化させることができる広告物以外の広告物については、交通信号機から 5 m とする。
秋田県	秋田市	秋田市環境基本計画 環境配慮指針		屋外照明の適正化に配慮
山形県	山形県	①山形県新環境計画 ②山形県地球温暖化対策地域推進計画	①平成 18 年 3 月 1 日 ②平成 17 年改定	①光害防止対策を施策の一つとして位置づけており、「本県の美しい夜空を維持するため、景観及び周辺環境等、良好な照明環境への配慮に努めるとともに、照明の適正化について県民、事業者への普及啓発に努める」ことにしている。 ②省エネルギー対策として、照明設備における省エネルギー機器の導入や不必要な照明は使わないなど照明器具の適正な使用を促進することとしております。
茨城県	茨城県	投光器の使用による光害の防止に関する指導要綱	平成 16 年 7 月 14 日	
栃木県	栃木県	栃木県屋外広告物条例		景観を構成する重要な要素である屋外広告物について、美しい自然景観を守り、また、それと調和した都市景観が形成されるよう、「禁止地域」と「許可地域」を定め、許可地域を地域の景観特性にあわせて 5 種類に区分し、広告物を誘導・規制していることを特長とする。 ネオン、サイン等の照明装置等の広告物又は掲出物の設置に手数料課金。
栃木県	宇都宮市	宇都宮市屋外広告物条例		ネオン、サイン、イルミネーションの照明装置等への制限、景観形成重点地区での制限など
群馬県	群馬県	①地域貢献活動計画 ②屋外広告物条例 ③景観条例		①大規模小売店舗の地域貢献ガイドラインで光害対策の実施の記述
群馬県	前橋市	①景観形成基準 前橋市景観計画届出 ②屋外広告物条例		②広告板、広告塔、電光掲示板等及びこれらに類するものの設置に手数料課金。

群馬県	高山村	高山村光環境条例 「美しい星空を守り伝えるために」	平成 10 年	平成 5 年 10 月県立ぐんま天文台が高山村に開設。 平成 11 年 4 月～一般公開 、人工光の増加を抑制し、天体観測に適した環境づくりに努めていくことを目的とし、高山村の美しい星空を守る「光環境条例」を制定しました。
埼玉県	埼玉県	埼玉県屋外広告物条例 電光式屋外広告物設置ガイドライン	平成 26 年 3 月 1 日	近年増加している LED を光源とする電光式屋外広告物が、周辺の生活環境への影響や交通信号機の視認性を阻害すること等の光害を防止するため、設置にあたって配慮すべき事項をまとめたもの。 LED に対する以下の記述。 1. 輝度(照度)、光源の種類 単に明るさだけを追求することなく、設置場所、広告物の高さにより適切な照明光源を選択し、人々に不快感を与えないように次の事項に配慮してください。 特に、LED 照明は、その構造上、光の指向性が高く、強く細い光(高輝度・低立体角)が特徴であり、表示面に正対した位置では不快な眩しさ(グレア)の程度が大きくなります。 従って、表示面が歩行者等の視線に近い高さに設置する場合は、表示面の向き、角度に配慮してください。 □LED 技術の進化に伴い、輝度がより高くなることが見込まれる。照明色にかかわらず「V 障害となる光を避ける基準への配慮」に示した地域ごとの輝度の数値目標を遵守すること。 特に赤色 LED は輝度が高くなるにつれ不快感が高くなる実証実験結果があります。 □ 照明に関する苦情などがあつた場合には、輝度や照度を落とすなどの対応が可能な照明装置を使用すること。 輝度を調節する装置を設置の際に組み込んでおくことをお勧めします。 □ 光源の露出を避け防眩カバー等を設置すること。 □ 外照式照明においては必要最低限の照射範囲とし、周囲への漏れ光を抑えること。 近隣住宅や農作物への影響を避けるため、照射角の設定や遮光用カバーの取り付けを検討してください。 2. 点滅、動光 露出した LED を光源として、文字や映像等を高い輝度で表示する屋外広告物は、多色表示、光源の点滅や動光(文字等を流れるように表示)により、人々の関心を惹こうとするものです。 しかし、行き過ぎた眩しさや光の動きなどは人々に不快感を与えるばかりか、設置方法によっては通行者を眩惑したり、交通信号機の視認性を低下させる危険もあります。 表示面積の大小にかかわらず、光源を点滅、動光させる広告物を設置する場合には、次の事項に配慮してください。 □ 歩行者等の目線の高さと同じ高さ(地表面から 1 m～2 m 程度)に、光源(発光する表示面)がある場合、輝度を抑制すること。 LED は「強く細い光」という特徴があります。輝度の高い光線が直接目に入ると、網膜の順応不能による視界の把握障害を引き起こす可能性があります。 特に、高齢者や視覚に障害のある人にとっては影響が大きく、路面の凹凸に躓いたりする危険があります。 □ 輝度の高い光源の点滅及び動光を避けること。 □ 点滅周期を緩やかにすること。 NHK 放送ガイドラインでは「輝度変化が 20% を超える点滅は 1 秒間に 3 回以内とする。」と規定されています。 また、道路情報装置の規格では 1 分間に 45 回とされています。 □ 輝度の変化(明暗)を抑制すること。 □ 広告物を装飾する LED、電球、チューブ照明等を点滅させないこと。
埼玉県	さいたま市	さいたま市生活環境の保全に関する条例 第 5 条公害等に関する規制等 第 6 節 光害の防止 (第 104 条―第 107 条)を追加	平成 21 年 4 月 1 日	第 6 節 光害の防止 (定義) 第 104 条 この節において、次の各号に掲げる用語の意義は、当該各号に定めるところによる。 (1) 光害 照明機器から照射される光で目的とする照明対象範囲の外部に照射されるものその他不適切な照明機器の使用に起因する人の諸活動及び動植物への悪影響をいう。 (2) サーチライト等 強い光を発し、かつ、遠距離まで届く照射機能を持つ照明機器であつて、サーチライト、レーザーその他の投射器又はこれらに類するものをいう。 (光害の防止) 第 105 条 何人も、屋外において照明機器を使用するときは、周辺の環境の状況に配慮した適切な照明機器を選定することその他光害を発生させないための措置を講ずるよう努めなければならない。 (サーチライト等の使用の禁止) 第 106 条 何人も、屋外を照射する目的で、サーチライト等を使用してはならない。ただし、特定の対象物を照射することを目的として使用する場合その他規則で定める場合は、この限りではない。 (使用中止の勧告) 第 107 条 市長は、前条の規定に違反している者があると認めるときは、その者に対し、期限を定めて、当該行為の中止その他必要な措置をとるべきことを勧告することができる。
埼玉県	川越市	屋外広告物条例		
埼玉県	草加市	草加市公害を防止し市民の環境を確保する条例	平成 17 年 3 月 1 日	(光害ひかりがいの防止による夜間の生活環境の保全) 第 52 条 何人も、夜間(午後 11 時から翌日の午前 6 時までをいう。)において、光量、配光、色、点滅等により、みだりに近隣の夜間の生活環境を害してはならない。
埼玉県	越谷市	屋外広告物条例		
千葉県	千葉県	千葉県屋外広告物条例		

千葉県	茂原市	茂原市防犯灯設置等に関する要綱	平成 29 年 3 月 31 日	
千葉県	浦安市	浦安市環境保全条例	平成 20 年 12 月 25 日	「光害対策ガイドライン」を引用したものではありません。
東京都	八王子市	八王子市サーチライト等の使用規制に関する条例	平成 16 年 9 月 1 日	平成 16 年 10 月「八王子市サーチライト等の使用規制に関する条例」が施行され、例外を除き、屋外を照射する目的でサーチライト等を使用してはならないこと、又、違反サーチライトに対しての職員の入立調査や使用停止の警告・勧告、更には、勧告に従わない場合の公表制度などが定められています。 (八王子市環境白書 2005 第 3 章 八王子の環境の現状と取り組み 第 5 節 快適な生活環境の保全 6. 光害対策：サーチライト条例の制定)
東京都	三鷹市	三鷹市光害防止指導指針	平成 14 年 4 月 1 日	現在の三鷹市では、過度なネオンサイン、構造の不完全な街路灯やライトアップなどから漏れる光のせいで、星空が消えつつあり、照明の目的範囲以外の場所を不必要に照らすことは、街の景観を損ねたり、エネルギーの大きな浪費の一つなのです。
東京都	清瀬市	清瀬市サーチライト等の使用規制に関する条例	平成 17 年 10 月	平成 17 年 9 月 30 日 条例第 19 号 同上「清瀬市サーチライト等の使用規制に関する条例施行規則」規則第 24 号
神奈川県	横浜市	横浜市生活環境の保全等に関する条例 環境への負荷の低減に関する指針	平成 15 年 3 月 14 日	光害対策ガイドライン(平成 10 年 3 月環境庁策定)を引用
神奈川県	相模原市	相模原市環境影響評価技術指針	平成 27 年 7 月 1 日	本市条例の評価細目である「光害」の評価時の参考資料として、「光害対策ガイドライン」を例示している。
神奈川県	横須賀市	横須賀市サーチライト等の使用規制に関する条例	平成 19 年 3 月 29 日	
神奈川県	茅ヶ崎市	茅ヶ崎市民の美しく健康的な生活環境を守る条例		
神奈川県	三浦市	三浦市景観計画	平成 27 年 2 月 16 日	
山梨県	山梨県	山梨県生活環境の保全に関する条例	昭和 50 年 7 月 12 日 (光害関係については平成 17 年に追加)	光害に関する県条例はあるが、ガイドラインを引用しているものではなかった。
山梨県	甲府市	甲府市環境基本計画 8. 光害防止(第 4 章第 1 節)		
長野県	飯田市	飯田市土地利用調整条例		土地利用調整条例第 3 条によりサーチライト、レーザー光線発光装置その他の装置を用いて強力な光束その他これらに類する光を継続し、または断続して天空に向けて放ち、この行為による光を不特定多数の者が望見できる行為は禁止されている。
長野県	諏訪市	諏訪市屋外広告物条例施行規則	平成 22 年 3 月 3 日	
長野県	南牧村	美しい村づくり条例	平成 19 年 4 月	
長野県	白馬村	白馬村開発指導要綱(第 25 条)		
静岡県	浜松市	浜松市音・かおり・光環境創造条例	平成 16 年 10 月 1 日	「感覚公害の防止」だけでなく、「音・かおり・光資源の保全」を目的として制定した。
愛知県	愛知県	建築物環境配慮指針		
滋賀県	米原市	環境配慮型公共建築物等整備のガイドライン	平成 26 年 8 月	
大阪府	大阪府	建築物環境配慮指針	平成 18 年 3 月 1 日	大阪府温暖化の防止等に関する条例に基づく指針であり、建築物の環境配慮を行う事項として「光害の抑制」等を定め、建築主は建築物の環境配慮のために講じようとする措置を建築環境総合性能評価システム(CASBEE)により評価することとしている。(一財)建築環境・省エネルギー機構の発行する CASBEE の評価マニュアル中、評価項目「光害の抑制」の採点基準において当該ガイドラインが引用されている。
大阪府	吹田市	吹田市環境まちづくりガイドライン【開発・建築版】	平成 22 年 3 月 1 日制定 (平成 22 年 4 月 1 日施行)	当該ガイドラインは市内で開発事業等を行う事業者に対する環境配慮指針であり、98 項目にわたる環境への取組事項のうち 1 つが光害防止に関する項目となっております。なお、本項目が環境省の光害対策ガイドラインに定義する光害の防止施策に該当すると判断し、報告するものです。
大阪府	枚方市	「まちの夜間景観」づくりのすすめ	平成 10 年	

大阪府	寝屋川市	寝屋川市屋外広告物ガイドライン	平成 26 年 3 月 13 日	
兵庫県	兵庫県	景観の形成等に関する条例	平成 17 年 1 月	
兵庫県	神戸市	神戸市夜間景観形成基本計画	平成 16 年 3 月	
奈良県	明日香村	明日香村公共事業景観形成指針	平成 24 年 3 月	光害ガイドラインから図を引用
鳥取県	鳥取県	鳥取県星空保全条例	成立日:平成 29 年 12 月 21 日 公布日:平成 29 年 12 月 26 日	施行については、平成 30 年 4 月 1 日から
岡山県	岡山県	岡山県快適な環境の確保に関する条例	平成 13 年 12 月 1 日	
岡山県	井原市	美しい星空を守る井原市光害防止条例(ただし、ガイドラインの引用なし)	平成 17 年 3 月 1 日	
香川県	香川県	香川県生活環境の保全に関する条例	平成 20 年 3 月 25 日	第 4 節 投光器の使用の禁止等 第 119 条 投光器の使用の禁止 第 121 条 屋外照明に関する配慮
高知県	高知県	高知県四万十川の保全及び流域の振興に関する基本条例施行規則	平成 18 年 3 月 1 日	生態系保存の観点から光害防止に関する項目を追加
佐賀県	佐賀県	佐賀県環境の保全と創造に関する条例 佐賀県環境の保全と創造に関する条例施行規則	平成 14 年 10 月 7 日 平成 15 年 3 月 26 日	
佐賀県	嬉野市	嬉野市サーチライト等の使用規制に関する条例	平成 18 年 1 月 1 日	
長崎県	長崎県	長崎県未来につながる環境を守り育てる条例 第 40・41 条	平成 20 年 3 月	
熊本県	熊本県	熊本県生活環境の保全等に関する条例	平成 16 年 3 月 8 日	
大分県	大分県	美しく快適な大分県づくり条例	平成 16 年 3 月 31 日	第 31 条(照明に関する配慮)、第 32 条(投光器の使用の禁止)
宮崎県	宮崎県	みやざき県民の住みよい環境の保全等に関する条例	平成 17 年 3 月 29 日	
宮崎県	宮崎市	公共工事における環境配慮指針	平成 19 年 4 月 1 日	「光害対策ガイドライン」と明記されていないが、光害対策について記述された部分がある。
沖縄県	糸満市	糸満市サーチライトの使用に関する規則	平成 25 年	

3. CIE 150:2017 改訂版の改訂・新規追加内容

CIE 150:2003 旧版を作成した TC5-12 “Obtrusive Light” が発足したのは 1990 年である。当時は夜間景観の演出としてのライトアップや屋外スポーツ施設のナイター設備などの設置が各地で推進されていた一方で、一部の住居や道路利用者への障害光、生態系や天文観測などへの人工光の影響などの問題が発生しており、そのような光を抑制する観点から障害光の議論がされ始めた。その後、TC 設置から 13 年にわたり議論を重ね、2003 年に CIE 150:2003 旧版が発行された。

CIE 150:2003 旧版が発行されてから 6 年後の 2009 年、CIE ブダペスト中間大会において、5 年ごとに実施される技術報告書の定期見直しに伴い、技術報告書の改訂を目的として TC5-28 が新設された。表 3.1 に、TC5-28 の活動経過を示す。

表 3.1 TC5-28 活動経過

年／会議名	作業項目・審議事項
2009 年 ブダペスト会議	・環境区域 E3（郊外）を 2 段階に分割すべきとの提案がされた ・UFR（拡張上方光束倍率）の提案がされた
2010 年 ウィーン会議	・UNESCO と IDA の定義に沿って環境区域に E0（本質的に暗い）を追加した ・表面反射の影響と作業面照度の範囲について引き続き議論することとした
2012 年 ブラックスバーグ会議	・Draft4 に対する修正意見に関し議論
2013 年 パリ会議	・Final Draft の回覧 ・自然環境への光の影響を扱う節をドキュメントから削除し、スコープ中で言及することとした。
2015 年 マンチェスター会議	・図表の一部を修正して、技術的検討終了
2016 年 メルボルン会議	・Final Draft の TC 投票終了

本章では、CIE 150:2003 旧版と CIE 150:2017 改訂版の主たる改訂箇所について報告する。CIE 150:2017 改訂版で大きく改訂が加えられた項目ならびに追加となった項目は以下の通りである。

- ・環境区域の追加
- ・指定された方向への許容光度最大値の改訂
- ・ULR（上方光束比）の改訂
- ・UFR（拡張上方光束倍率）の追加

本章では、3.1 節で CIE 150:2003 旧版と CIE 150:2017 改訂版の目次を比較し、全体的な構成と内容の改訂点を記す。さらに 3.2 節以降で、上記の主たる改訂項目の詳細を報告する。

3.1 新旧目次対応

表 3.2 に、CIE 150:2003 旧版、CIE 150:2017 改訂版の目次の対応表を示す。表中の下線部が、改訂が加えられた箇所である。全体的な章の構成としては、「用語と定義」が第 2 章として追加されたのみで大きな改訂はみられない。各章の内容の改訂箇所については、以下に概要を記す。

CIE 150:2017 改訂版の第3章「障害的影響力と関連する照明パラメータ」では、3.5節で「自然環境への影響」が削除されている。自然環境への影響に関する言及は、第1章「目的と一般事項」で記載された。なおCIE 150:2003旧版2.6節に記載されていた「野生植物及び動物」「農作物と家畜」への影響に関する記述は削除された。これは、自然環境への障害光の影響を定量化することが容易でないことから、改訂を審議するメンバーにその議論ができる有識者を加えなかったためであると考えられる。次に3.6節「照明パラメータに対する許容限界」では、3.6.4項「環境区域の種類に対応する制限値区分の基礎」で環境区域が改訂された。また3.6.5項「障害光を抑制するための照明パラメータの許容最大値」では、「指定された方向への許容最大光度」「ULR（上方光束比）」が改訂となり、新たに「UFR（拡張上方光束倍率）」が障害光を抑制するための照明パラメータとして追加となった。

CIE 150:2017 改訂版の第4章「設計・設置・運用・保守」では、4.2.5項「被照面の反射特性」で、UFR（拡張上方光束倍率）を用いて反射光による上方光束の影響が評価できるとの記載が追加となった。

CIE 150:2017 改訂版の第5章「照明設計の資料」では大きな改訂点はない。

CIE 150:2017 改訂版の第6章「照明パラメータの計算」では、6.2節「光度の決定」で、CIE 150:2017 改訂版 Table.3「Maximum values for luminous intensity of luminaires in designated directions」で用いられる発光部の大きさの決定方法について解説が追記された。6.4節「上方光パラメータの決定」では、6.4.3節「拡張上方光束倍率の決定」が改訂となり、新たに6.4.4項「主要な3つのタイプの屋外照明のUFRの計算例」、6.4.5項「 $90^{\circ} \sim 110^{\circ}$ ($I_{90^{\circ}} \sim I_{110^{\circ}}$)の光度の決定」が追加となった。

CIE 150:2017 改訂版の第7章「照明パラメータの測定」では、7.5節「光幕輝度の測定」で、光幕輝度を直接測定するためにCCDベースの測定器を用いることができるとの記載が追記となった。7.6節「ULR、UFRの測定」では、UFR（拡張上方光束倍率）が測定対象として追加となった。

また付録では、改訂に伴う変更点の導出方法として付録C「表3の導出」、付録D「UFRの計算式の導出」、付録E「路面反射率の決定」が追加となっている。

表 3.2 新旧目次対応

※表中の網掛け語句は、原文では改訂はないが、CIE 150:2003 旧版の翻訳版に誤訳があったものに修正を加えたものである。
 ※CIE150：2003 旧版の「照明技術的特性」は、CIE150：2017 改訂版では「照明パラメータ」と呼称して記載した。

CIE 150:2003 旧版	CIE 150:2017 改訂版
1. 目的と一般事項	1. (改訂) 目的と一般事項 ※旧版 1. 1、1. 2 項の内容を含む。
1. 1 目的	2. (改訂) 用語と定義
1. 2 適用	
1. 3 定義	
2. 障害的の影響力と関連する照明技術的特性	3. 障害的の影響力と関連する照明パラメータ
2. 1 この節の目的	(削除) ※節題の後に節の目的を記載。
2. 2 屋外照明の目的	3. 1 屋外照明の目的
2. 3 開発の環境全体への影響	3. 2 開発の環境全体への影響
2. 4 屋外照明による影響の可能性	3. 3 屋外照明による影響の可能性
2. 5 周辺開発の影響	3. 4 周辺開発の影響
2. 6 特定の影響と関連する照明技術的特性	(改訂) 3. 5 個々の影響と関連する照明パラメータ
2. 6. 1 自然環境に及ぼす影響	(削除)
2. 6. 2 居住者に対する影響	3. 5. 1 居住者に対する影響
2. 6. 3 交通機関への影響	3. 5. 2 交通機関への影響
2. 6. 4 観光客への影響	3. 5. 3 観光客への影響
2. 6. 5 天文観測に対する影響	3. 5. 4 天文観測に対する影響
2. 7 照明技術的特性に対する許容限界	3. 6 照明パラメータに対する許容限界
2. 7. 1 推奨の基礎	3. 6. 1 推奨の基礎
2. 7. 2 適用可能な制限値	3. 6. 2 適用可能な制限値
2. 7. 3 適合性の判定	3. 6. 3 適合性の判定
2. 7. 4 領域の種類に対応する規制値区分の基礎	(改訂) 3. 6. 4 環境区域の種類に対応する制限値区分の基礎
2. 7. 5 障害光を抑制するための照明技術的特性値の許容最大値	(改訂) 3. 6. 5 障害光を抑制するための照明パラメータの許容最大値
3. 設計・設置・運用・保守	4. 設計・設置・運用・保守
3. 1 この節の目的	(削除) ※節題の後に節の目的を記載。
3. 2 設計の目標	4. 1 設計の目標
3. 2. 1 目標の設定	4. 1. 1 目標の設定
3. 2. 2 機能あるいは性能に関連する目標	4. 1. 2 機能あるいは性能に関連する目標
3. 2. 3 環境的目標	4. 1. 3 環境的目標
3. 3 設計の指針	4. 2 設計の指針
3. 3. 1 代替案の検討	4. 2. 1 代替案の検討
3. 3. 2 照明すべき領域あるいは活動の場所	4. 2. 2 照明すべき領域あるいは活動の場所

3.3.3. 照明器具の選択 3.3.4. 照明器具の設置と照射方向 3.3.5. 被照面の反射特性●-----> 3.4 設置と点灯試験 3.5 運用 3.6 保守 3.7 既存の照明設備に対する改修案	4.2.3. 照明器具の選択 4.2.4 照明器具の設置と照射方向 <u>(改訂) 4.2.5 被照面の反射特性</u> 4.3 設置と点灯試験 4.4 運用 4.5 保守 4.6 既存の照明設備に対する改修案
4. 照明設計の資料	5. 照明設計の資料
4.1 この節の目的 4.2 目的の記述 4.3 補足資料 4.3.1 一般事項 4.3.2 環境に関する情報 4.3.3 照明設備に関する情報 4.3.4 照明施設の運用に関する情報 4.4 調査測定と評価	<u>(削除) ※節題の後に節の目的を記載。</u> 5.1 目的の記述 5.2 補足資料 5.2.1 一般事項 5.2.2 環境に関する情報 5.2.3 照明設備に関する情報 5.2.4 照明施設の運用に関する情報 5.3 調査測定と評価
5. 照明技術的特性の計算	6. 照明パラメータの計算
5.1 この節の目的 5.2 照度の決定 5.2.1. 一般事項 5.2.2 照度計算 5.3 光度の決定●-----> 5.3.1 一般事項 5.3.2 光度の計算 5.4 閾値増加の決定 5.4.1 一般事項 5.4.2 閾値増加の計算 5.5 上方光束比の決定●-----> 5.5.1 一般事項 5.5.2 上方光束比の計算●-----> 5.6 面の平均照度の決定 5.6.1 一般事項 5.6.2 面の平均輝度の計算	<u>(削除) ※節題の後に節の目的を記載。</u> 6.1 照度の決定 6.1.1. 一般事項 6.1.2 照度計算 <u>(改訂) 6.2 光度の決定</u> <u>6.2.1 一般事項</u> <u>6.2.2 光度の計算</u> 6.3 光幕輝度の決定 6.3.1 一般事項 6.3.2 光幕輝度の計算 <u>(改訂) 6.4 上方光パラメータの決定</u> <u>6.4.1 一般事項</u> <u>(改訂) 6.4.2 上方光束比 (対器具光束) (ULR) の計算</u> <u>(新規) 6.4.3 拡張上方光束倍率 UFR の決定</u> <u>(新規) 6.4.4 主要な3つのタイプの屋外照明の UFR の計算例</u> <u>(新規) 6.4.5 90° ~110° (I_{90°} ~110°) の光度の決定</u> 6.5 面の平均輝度の決定 <u>(削除) ※節題の後に節の目的を記載。</u> 6.6 面の平均輝度の計算

6. 照明技術的特性値の測定	7. 照明パラメータの測定
6.1 諸言 6.2 測定状態 6.3 一般的な測定条件と結果の報告 6.3.1 測定の種類 6.3.2 測定の記録 6.3.3 測定値の解釈 6.4 照度の測定 6.4.1 一般的方法 6.4.2 測定装置 6.4.3 測定条件と手順 6.5 光度の測定 6.5.1 一般的方法 6.5.2 測定手順 6.6 閾値増加の測定●-----▶ 6.7 上方光束比の測定●-----▶ 6.8 表面輝度の測定 6.8.1 一般的方法 6.8.2 測定条件と手順	(削除) ※節題の後に節の目的を記載。 7.1 測定状態 7.2 一般的な測定条件と結果の報告 7.2.1 測定の種類 7.2.2 測定の記録 7.2.3 測定値の解釈 7.3 照度の測定 7.3.1 一般的方法 7.3.2 測定装置 7.3.3 測定条件と手順 7.4 光度の測定 7.4.1 一般的方法 7.4.2 測定手順 (改訂) 7.5 光幕輝度の測定 (改訂) 7.6 ULR、UFR の測定 7.7 表面輝度の測定 7.7.1 一般的方法 7.7.2 測定条件と手順
付録	付録
A. 投光器の分類の姿図 B. 障害光規制のための照明器具のアクセサリ図	A. 投光器の分類の姿図 B. 障害光規制のための照明器具のアクセサリ図 (新規) C. 表.3 の導出 (新規) D. UFR 式の導出 (新規) E. 路面反射率の決定

3.2 環境区域

CIE 150 では、地域の明るさや人口、そして都市の開発状況に応じて障害光を抑えるための照明パラメータの制限値を使い分けるために環境区域を定めている。表 3.3 に環境区域の改訂内容の比較表を示す。CIE 150:2017 改訂版では、新たに E0 (本質的に暗い) が追加され、CIE 150:2003 旧版の E1 が E0 と E1 の2つの区域に分けられた。そのため環境区域は5区域となった。さらに備考では光学天文台の種類および位置に応じて適用すべき環境区分について記載が追加された。

表 3.3 環境区域の旧版と改訂版との比較表

CIE 150:2003 旧版 Table 2.1 Environmental lighting zone				CIE 150:2017 改訂版 Table 1 Environmental lighting zone		
区域	環境	光環境	例	区域	光環境	例
E1	自然	本来暗い	国立公園	E0	本質的に暗い	ユネスコのスターライト保護区 IDA ダークスカイ公園 研究上重要な光学天文台
				E1	暗い	居住者の少ない地方
E2	地方	低い明るさ	産業的、居住的な地方領域	E2	低い明るさ	居住者がまばらな地方
E3	郊外	中間の明るさ	産業的、居住的な地方領域	E3	中間の明るさ	居住者の多い地方と 都市の住宅街
E4	都市	高い明るさ	都市中心商業領域	E4	高い明るさ	都市の中心街や その他の商業地域
規定なし				(新規) 備考 研究上重要な光学天文台の 100km 以内のすべての場所では、都市開発のレベルにかかわらず E1 または E0 の推奨事項に従う必要がある。都市部にある光学天文台の 30km 圏内、研究上重要な光学天文台の 100km~300km の場所では、都市開発のレベルにかかわらず、E2 (またはそれ以上) の推奨事項に従う必要がある。		

3.3 照明器具の発光面サイズと観測距離による許容光度最大値

CIE 150 では、照明器具のグレアによる居住者への障害的影響を抑えるために、指定された方向への照明器具の許容光度最大値が示されている。表 3.4 はその改訂内容の比較表である。CIE 150:2003 旧版では環境区域毎に一定の最大光度の制限値が定められていたが、CIE 150:2017 改訂版では照明器具の発光面の見かけの面積 A_p と観測距離 d によって最大光度の制限値が変わるように改訂された。発光面の見かけの面積 A_p は、観測者から見た発光部の大きさから決定する必要がある。なお CIE 150:2017 改訂版の 6.2.1 項には、照明器具の発光面が非常に不均一な輝度分布を有する場合には、最大輝度 L_{max} の 0.01 未満となる領域については無視できると記載されている。また発光部の輝度分布の情報がない場合には、照明器具の図面から求めることができると記載されている。なお発光面サイズの求め方の違いによる許容光度最大値への影響については本報告書 4.2 節で詳細を解説した。

表 3.4 指定された方向への許容最大光度値の比較表

照明 パラメータ	利用条件	CIE 150:2003 旧版 Table 2.3 Maximum values for luminous intensity of luminaires in designated directions	CIE 150:2017 改訂版 Table 3 Maximum values for luminous intensity of luminaires in designated directions				
		規定なし	照明器具の区分（見かけの面積 A_p : m ² 単位）				
			$0 < A_p \leq 0.002$	$0.002 < A_p \leq 0.01$	$0.01 < A_p \leq 0.03$	$0.03 < A_p \leq 0.13$	$0.13 < A_p \leq 0.50$
照明器具に よって放出 される最大 光度 (I : cd)	環境区域 E0						
	減灯時間前		0	0	0	0	0
	減灯時間以降		0	0	0	0	0
	環境区域 E1	2、500					
	減灯時間前		$0.29 \cdot d$	$0.63 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.1 \cdot d$
	減灯時間以降	0	0	0	0	0	0
	環境区域 E2	7、500					
	減灯時間前		$0.57 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.0 \cdot d$	$10 \cdot d$
	減灯時間以降	500	$0.29 \cdot d$	$0.63 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.1 \cdot d$
	環境区域 E3	10、000					
	減灯時間前		$0.86 \cdot d$	$1.9 \cdot d$	$3.8 \cdot d$	$7.5 \cdot d$	$15 \cdot d$
	減灯時間以降	1、000	$0.29 \cdot d$	$0.63 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.1 \cdot d$
	環境区域 E4	25、000					
	減灯時間前		$1.4 \cdot d$	$3.1 \cdot d$	$6.3 \cdot d$	$13 \cdot d$	$26 \cdot d$
	減灯時間以降	2、500	$0.29 \cdot d$	$0.63 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.1 \cdot d$
備考		備考 1 : d はメートル単位での観測者とグレア源との間の距離。 備考 2 : 光度 0 cd は、指定方向で完全に遮光される照明装置によってのみ実現可能。 備考 3 : 詳細は、付録 C を参照すること。					

3.4 ULR（上方光束比）の定義変更と制限値

照明器具から直接上方に放射される光は天空発光の要因となる。CIE 150 では、天空発光を抑えるため、照明器具から放射される光のうち直接上方へ放射される光の割合（上方光束比 図 3.1 参照）を制限している。ULR（上方光束比）は式（3-1）で定義されている。

$$ULR = R_{ULO} / R_{LO} \quad (3-1)$$

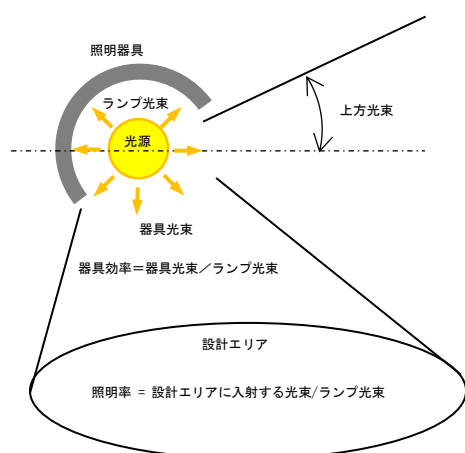
ここで、 R_{ULO} は照明器具の上方光束比（＝上方光束／ランプ光束）、 R_{LO} は照明器具の器具効率（＝器具光束／ランプ光束）となる。したがって式(3-1)より、ULR（上方光束比）は器具光束に対する比となる。

表 3.5 に ULR（上方光束比）の制限値の改訂内容の比較表を示す。表に示す通り ULR(上方光束比)の制限値は CIE 150:2003 旧版に比較し一段階下げられている。

この改訂に関する影響の検証は本報告書の 4.3 節に記した。

表 3.5 ULR（上方光束比）の定義と制限値の比較

環境区域	CIE150:2003（旧版） Table 2.5 Maximum values of upward light ratio of luminaire	CIE150:2017（改訂版） Table 5 Maximum values of upward light ratio of luminaires
	上方光束比%（対器具光束）	上方光束比%（対器具光束）
E0		0
E1	0	0
E2	5	2.5
E3	15	5
E4	25	15



- ・ ランプ光束 ϕ_{la} ・ ・ ・ ランプから出る全ての光束
- ・ 器具光束 $\phi_{la} \cdot R_{LO}$ ・ ・ ・ 照明器具から外部へ出る光束
- ・ 器具効率 R_{LO} ・ ・ ・ 器具光束とランプ光束との比
- ・ 照明率 u ・ ・ ・ 設計エリアに入射する光束とその照明器具に用いられているランプ光束に対する比
- ・ 上方光束 $\phi_{la} \cdot R_{ULO}$ ・ ・ ・ ランプ光束のうち水平より上方へ向かう光束
- ・ 上方光束比 R_{ULO} ・ ・ ・ ランプ光束に対する上方光束の比率

図 3.1 主な用語とその関係

3.5 UFR（拡張上方光束倍率）による制限

照明による天空発光への影響は、照明器具からの直接光だけではなく、地面から上空への反射光の影響についても考慮する必要がある。改訂版では、この影響を評価する照明パラメータとしてUFR（拡張上方光束倍率）を新たに定義している。

3.5.1 UFR（拡張上方光束倍率）の定義

複数の照明器具が施設に設置されると、その照明器具からの上方光は以下のように分類することができる。

- (a) すべての照明器具からの直接上方へいく光
- (b) 設計エリア（被照面）からの上方への反射光
- (c) 漏れ光による設計エリア周辺から上方への反射光

ここでUFR（拡張上方光束倍率）は、上方光(a)(b)(c)と、設計エリアの維持照度を満足するために、照明器具からの光（光束）がすべて被照面に入射すると想定した理想的な場合での被照面から上方への反射光束（上方光束）の比として定義される。

UFR（拡張上方光束倍率）の算出式を式(3-2)に示す（図3.2参照）。

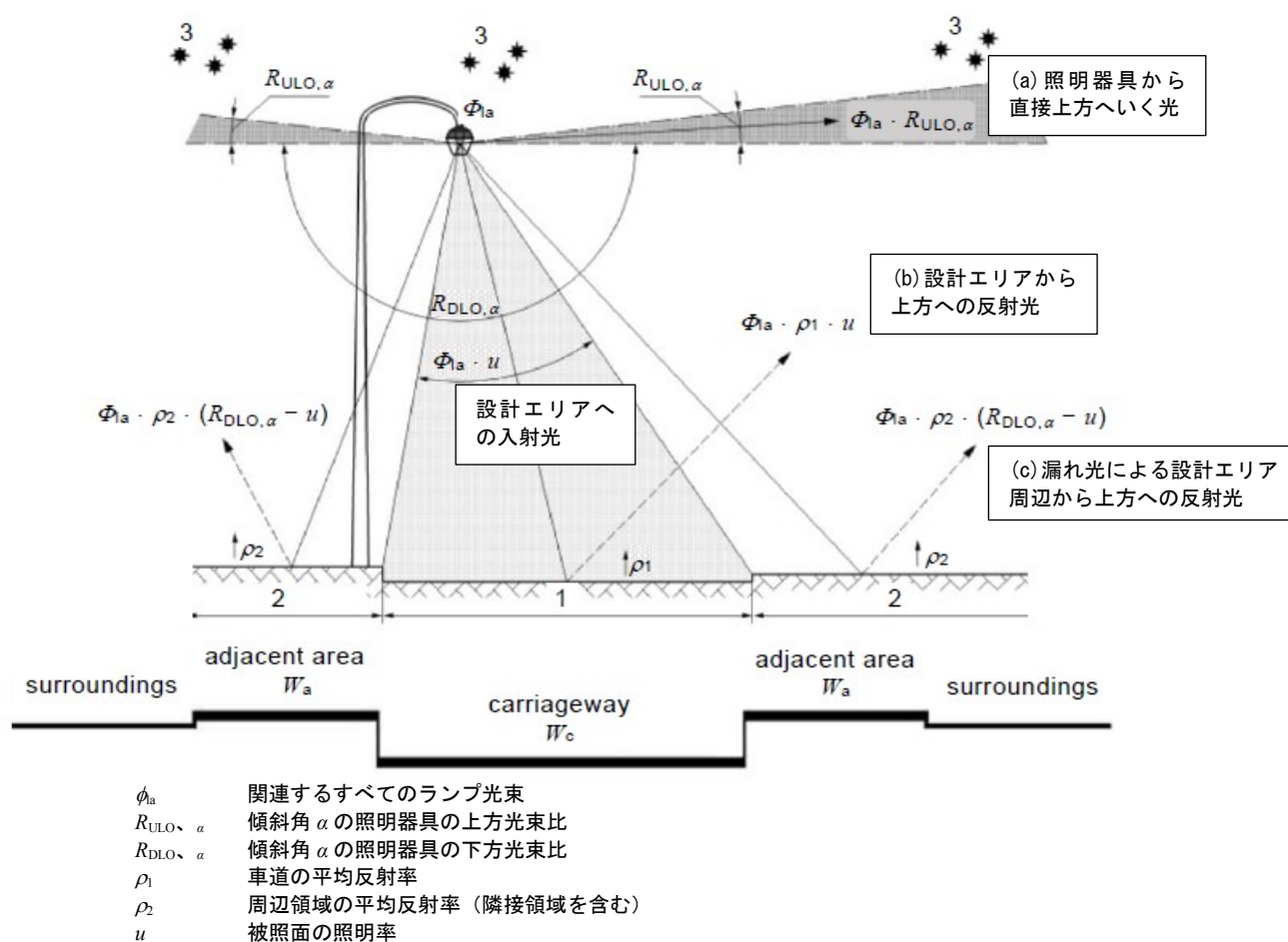


図 3.2 UFR（拡張上方光束倍率）の説明図

※原本 Figure 5 - Parameters for the calculation of UFR for road lighting situation

$$R_{UF} = \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m} \cdot \left[1 + \frac{R_{ULO,\alpha}}{\rho_1 \cdot u} + \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{R_{DLO,\alpha} - u}{u} \right) \right] \quad (3-2)$$

ここで照明器具からの光（光束）がすべて設計エリアに入射すると想定した場合（保守率 1、照明率 1、上方光束比 0%）、UFR（拡張上方光束倍率）は 1 となる。さらに UFR（拡張上方光束倍率）の値が大きいほど設計エリアに寄与しない漏れ光による上方光束が大きいことを意味する。

UFR（拡張上方光束倍率）を用いることで、施設に使用されている照明器具からの光のうち、無駄な光による上方光を定量的に評価することが可能となる。なお式 (3-2) より、UFR（拡張上方光束倍率）を求める場合には、設計エリアの反射率とその周辺領域の反射率を求める必要があることがわかる。一般に設計エリアの反射率は不明である場合が多いため、CIE 150:2017 改訂版の付録 E では照度計を用いた簡易的な反射率の測定方法について記載がされている。UFR（拡張上方光束倍率）と周辺の反射率との関係については本報告書の 4.4 節に記載した。

3.5.2 UFR（拡張上方光束倍率）の制限値

表 3.6 に、CIE 150:2017 改訂版に新たに追加された照明設備の UFR（拡張上方光束倍率）の制限値を示す。表より暗い環境区域であるほど、要求される UFR（拡張上方光束倍率）の値は低い数値となっていることが確認できる。E0（本質的に暗い）、E1（暗い）の環境区分に関しては、現段階では UFR（拡張上方光束倍率）の制限値が定められていないが、一段階下の環境区域の制限値未満とすることができると記載されている。

表 3.6 照明設備の拡張上方光束倍率 UFR の制限値（4 台以上の照明器具による）

照明パラメータ	照明設備の タイプ	環境区域				
		E0	E1	E2	E3	E4
拡張上方光束倍率※ ¹ (UFR)	道路	適用外※ ²	2	5	8	12
	公共施設	適用外※ ²	適用外※ ²	6	12	35
	スポーツ	適用外※ ²	適用外※ ²	2	6	15

※¹ 原文(CIE 150:2017 改訂版)の表 (Table. 6) では単位として%が記載されているが、誤記であるため本報告書では削除した。

※² 現時点では具体的に値は与えられていないが、一段階下の環境区分の制限値未満とすることができると記載されている。

3.5.3 UFR（拡張上方光束倍率）の測定

照明設備の施工後に ULR（上方光束比）または UFR（拡張上方光束倍率）を測定することは難しい。そのため、運用中に適合性の評価が必要となった場合には、施設に使用されている照明器具の配光データと取り付け位置ならびに角度といった照明設計の情報から、UFR（拡張上方光束倍率）を求める必要があると記載されている。

4. 日本の屋外照明への CIE 150:2017 改訂版適用における課題

4.1 環境区域の適用と日本の都市化の状況

CIE 150:2003 旧版での環境区域 E1（本来暗い：国立公園）は、CIE 150:2017 改訂版では E0（本質的に暗い：ユネスコのスターライト保護区、IDA ダークスカイ公園、研究上重要な光学天文台）と E1（暗い：居住者の少ない地方）に分けられ、4 区域から 5 区域に改訂された。研究上重要な光学天文台の 100 km 圏内のすべての場所は、環境区域 E0 または E1 の推奨事項を遵守する必要があるとされるが、国土の狭い日本では現実的でない可能性もある。

日本にはおおよそ 400 の公開天文台があり、そのうち口径 1 m 以上の大型望遠鏡を備えた公開天文台は 10 ある¹⁾。図 4.1 に口径 1 m 以上の大型望遠鏡を備えた天文台の所在地を示す。



図 4.1 大型望遠鏡（口径 1 m 以上）のある公開天文台の所在地

特に西日本地域では、大型望遠鏡のある公開天文台から 100 km 圏内に政令指定都市（法定人口 50 万以上）のある場所も多い。CIE 150:2017 改訂版での規制適用によって、影響を受ける周辺地域の人口がどの程度いるのかを明らかにするため、図 4.1 に示す各公開天文台から半径 100 km 圏内の人口密度を調べた。各地域の人口の算出には、総務省統計データ²⁾を用いた。100 km 圏の境界線が人口統計の市区町村単位をまたぐ場合には、市区町村単位のおおよそ半分以上の面積が 100 km 圏内に含まれていれば、対象範囲に含めることとした。図 4.2 に対象範囲の決定方法の一例を示す。

表 4.1 に各公開天文台から 100 km 圏内の陸地面積と圏内にある政令指定都市、人口、世帯数（平成 25 年時点）、図 4.3 に各公開天文台から 100 km 圏内の人口密度と世帯数密度のグラフを示す。



図 4.2 大型望遠鏡（口径 1 m 以上）のある公開天文台から 100 km 圏内の人口・世帯数の集計方法（例：兵庫県立西はりま天文台公園）

表 4.1 大型望遠鏡（口径 1 m 以上）のある公開天文台から 100 km 圏内の
陸地面積、政令指定都市、人口、世帯数

No	天文台	所在地	100 km 圏内にある 政令指定都市	陸地面積 [km ²]	人口 [千人]	世帯数 [千世帯]
1	りくべつ宇宙地球科学館・銀河の森天文台	北海道足寄郡 陸別町宇遠別	-	25,553	742	353
2	群馬県立ぐんま天文台	群馬県東郡 高山村	-	29,795	9,673	3,842
3	富山市科学文化センター附属 富山市天文台	富山市三熊	-	21,503	3,737	1,427
4	星の動物園 みさと天文台	和歌山県海草郡 紀美野町松ヶ峯	神戸市	18,151	17,603	7,852
5	かわべ天文公園・ 観星塔	和歌山県日高郡 日高川町和佐	大阪市, 堺市 神戸市	14,623	11,692	5,335
6	兵庫県立西はり ま天文台公園	兵庫県佐用郡 佐用町西河内	神戸市 岡山市	22,551	8,614	3,643
7	鳥取市さじ アストロパーク	鳥取県鳥取市 佐治町高山	岡山市	18,460	4,008	1,615
8	美星天文台	岡山県井原市 美星町大倉	岡山市	22,287	5,672	2,386
9	阿南市科学セン ター天文台	徳島県阿南市 那賀川町 上福井南川渕	堺市（西区のみ） 神戸市（北区, 西区 を除く）	14,541	6,156	2,664
10	石垣島天文台 「むりかぶし」	沖縄県石垣市 新川	-	586	54	24

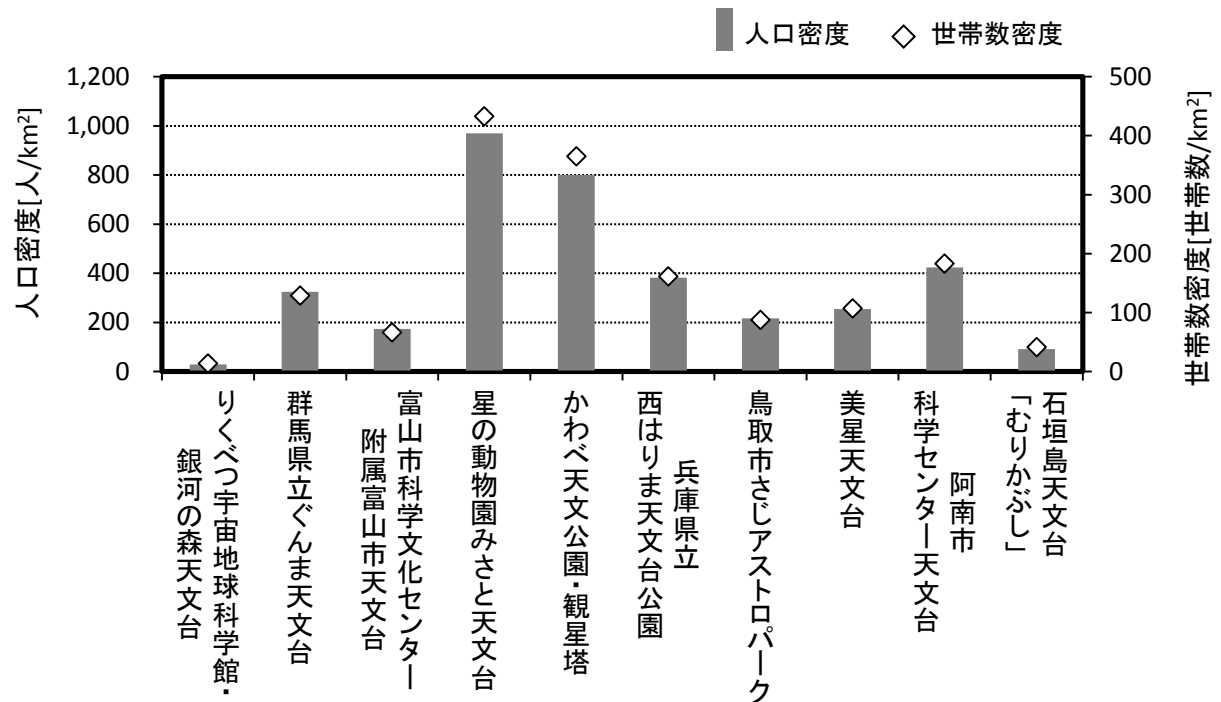


図 4.3 大型望遠鏡（口径 1 m 以上）のある公開天文台から 100 km 圏内の人口密度と世帯数密度

日本では、任意の地点から 100 km 離れると、大概の場合は海上に出てしまうため、100 km 圏内の陸地面積（人が居住できる面積）は限られる（100 km 圏内が全て陸地であれば、対象面積は約 31,415 km²となるが、今回の対象地点では 586～29,795 km²）。

特に、和歌山県にある天文台 2 箇所（星の動物園みさと天文台、かわべ天文公園・観星塔）は、100 km 圏内に大阪市、堺市、神戸市などの政令指定都市が複数あり、銀河の森天文台（北海道）よりも陸地面積が小さいにも関わらず人口が多く、人口密度も 1,000 人/km² 近くと大幅に大きくなっている。

環境区域の我が国への適用に当たっては、国土が狭く、海に面して陸地面積が限られ、人口密度の高い我が国の特性や、地域による土地の利用状況、社会的状況の違い等を勘案する必要がある。全国一律に一定の距離で推奨環境を定めることは難しいものと考えられ、地域の特性に応じた地域ごとの検討が求められる。

4.2 発光面サイズの求め方の違いによる許容光度最大値への影響

CIE 150:2017 改訂版では、常に視野に入る高輝度の照明器具の許容光度最大値を、環境区域と照明器具の見かけの面積 A_p に応じて定められる係数に、観測者とグレア源との間の距離 d を掛けた値に制限している（表 3.4）。CIE 150:2003 旧版では、指定された方向への光度の値が制限値として示されていたが、この制限値を CIE 150:2017 改訂版での規制方法にそのまま当てはめると、グレア源と観測者の間の距離は、表 4.2 に示す値（CIE 150:2003 旧版で定められた許容光度最大値 I / 照明器具の見かけの面積 A_p に応じて定められる係数）以上を確保しなければならない。例えば、環境区域 E4（高い明るさ：都市の中心部やその他の商業地域）では、平均直径が 50 cm 程度の大きな照明器具の場合（CIE 150:2017 改訂版 表 C.2 参照）でも 1.0 km 以上離

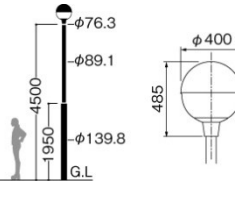
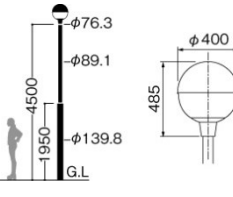
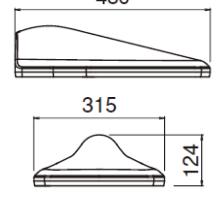
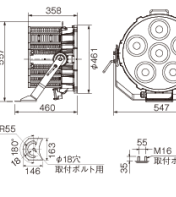
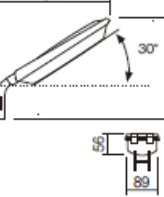
れる必要があり、非現実的である。CIE 150: 2003 旧版と CIE 150:2017 改訂版で定められている許容光度最大値を単純に比較することはできず、従来の考え方をそのまま適用することはできない。

表 4.2 CIE 150: 2003 旧版の許容光度最大値を遵守するために必要な距離

環境 区域	減灯時間前の指定 方向への許容光度 最大値 I [cd]	照明器具の見かけの面積[m ²]				
		$0 < A_p \leq 0.002$	$0.002 < A_p \leq 0.01$	$0.01 < A_p \leq 0.03$	$0.03 < A_p \leq 0.13$	$0.13 < A_p \leq 0.50$
E0	-	指定方向には完全に遮光する				
E1	2,500	8.6 km	4.0 km	1.9 km	1.0 km	0.5 km
E2	7,500	13 km	5.8 km	3.0 km	1.5 km	0.8 km
E3	10,000	12 km	5.3 km	2.6 km	1.3 km	0.7 km
E4	25,000	18 km	8.1 km	4.0 km	1.9 km	1.0 km

CIE 150:2017 改訂版で定められている許容光度最大値を現在市販されている照明器具で対応できるか検討した。表 4.3 に日本で使用されている街路灯、投光器、防犯灯の例を示す。灯具の透過部全体（以下、発光部と記す）から拡散発光している器具もあれば、光源からのみ発光している器具もあり、様々である。

表 4.3 日本で使用されている街路灯、投光器、防犯灯の例

No	1	2	3	4	5
姿図					
寸法図					
器具光束	7,600 lm	12,800 lm	6,400 lm	130,000 lm	730 lm

CIE 150:2017 改訂版では、照明器具の見かけの面積の具体的な求め方については記述されておらず（最大輝度の 0.01 未満の領域は無視できる、簡便な方法として照明器具の図面を用いて投影面積を求められる、とのみ記述されている）、特に LED 照明のように発光面の輝度分布が不均一な場合は、どの領域を発光面と捉えるかによって、照明器具の見かけの面積は変わる。照明器具の見かけの面積の算出方法としては、図 4.4 に示すような 4 通りが考えられる。

- A) 照明器具全体
- B) 発光部
- C) 光源部分
- D) 最大輝度の 1/100 以上の領域

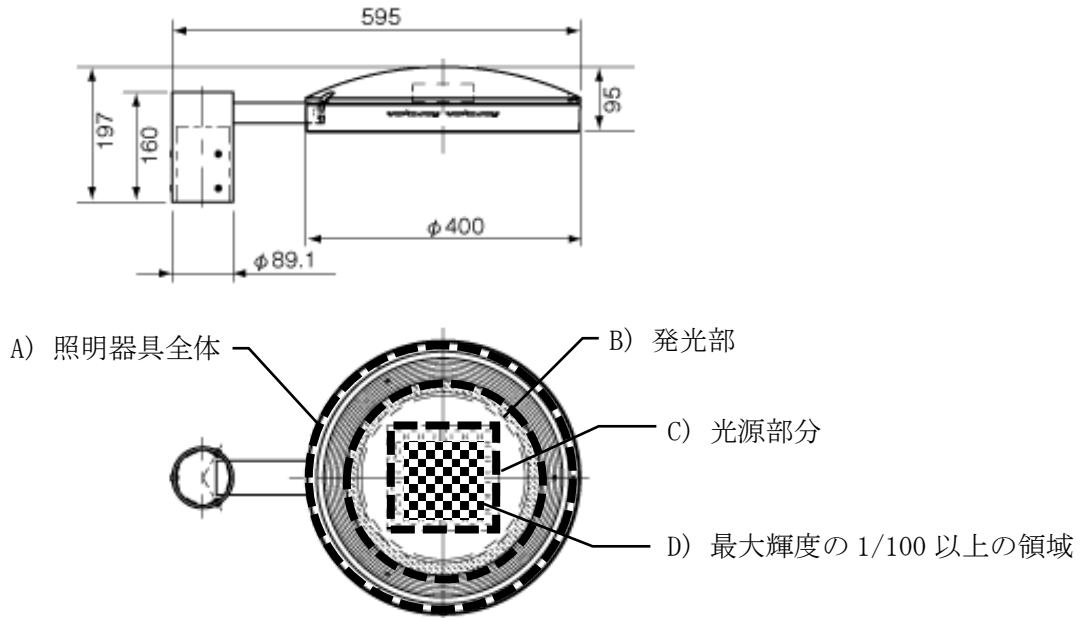


図 4.4 照明器具の見かけの面積の算出方法

A)、B)は寸法図から算出することができる。C)はLED照明の場合、LEDチップの搭載位置が示されていない場合も多い。D)は実際に照明器具の輝度分布を計測しなければ特定できない。また、画像測光による高輝度光源の輝度分布測定法も確立されていない。

そこで、A)、B)、C)の3つの方法で、図4.5に示す条件について、照明器具の見かけの面積による許容光度最大値の違いを検証した。観測点の高さ H を1.5 m (歩行者の目線高さ)、観測点と街路灯の間の距離 D を1.0 m～10 mとし、観測点から照明器具の中心を注視した場合の照明器具の見かけの面積 A_p を求め、式(4.1)より、許容光度最大値 $I_{s, max}$ を算出した。検証対象は、表4.3中に示すNo.4の投光器とした。投光器の取付高さは3.5 m、傾斜角は 20° とした。背景輝度 L_b は、環境区域ごとの鉛直面照度最大値 E_v/π とした。

$$I_{s, max} \leq k\sqrt{L_b} \times \sqrt{A_p} \times d \quad (4.1)$$

L_b : 背景輝度[cd/m²] (0.10未満の場合は、 $L_b=0.10$ として計算)

A_p : 観測点から見たグレア源(照明器具)の見かけの面積[m²]

d : 観測点とグレア源間の距離[m]

k : 補正係数

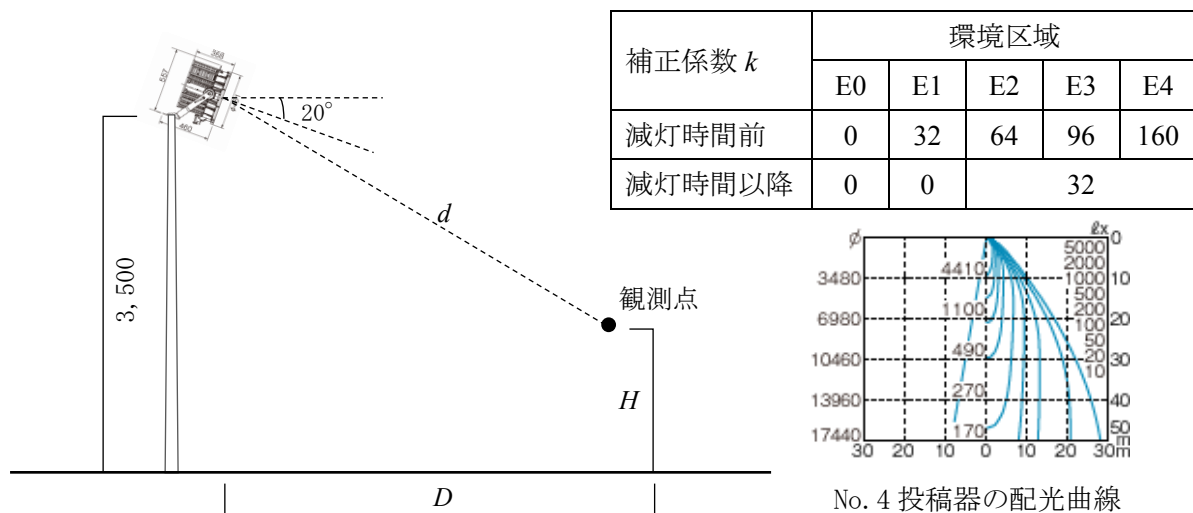


図 4.5 照明器具の見かけの面積が許容光度最大値に与える影響に関する検証条件

図 4.6 に観測点から見た照明器具の見かけの面積 A_p の算出方法による違いを示す。図中右側の縦軸には、表 3.4 に示されている照明器具の見かけの面積に応じた許容光度最大値を求めるための比例係数を併記した。

ここで検討対象とした投光器の場合は、観測点とグレア源の間の水平距離が 4 m を超えたあたりで、照明器具の見かけの面積はほぼ変わらなくなる。本検討で対象とした投光器の場合、C) 光源部分のみをグレア源とした場合に比べ、A) 照明器具全体をグレア源とすると約 1.45 倍、B) 発光部をグレア源とすると約 1.22 倍、許容光度最大値 $I_{s, max}$ の値は変わる（式(4.1)より

$\sqrt{\frac{A_{p(A) \text{ or } B})}{A_{p(C)}}}$, ここで $A_{p(X)}$ は X) の方法で求めた照明器具の見かけの面積)。照明器具の見かけの面積の求め方によって、比例係数の段階が 1 段階異なる場合もある。照明器具の見かけの面積が 1 段階変わると、比例係数は約 2 倍、許容光度最大値の値も約 2 倍になる。

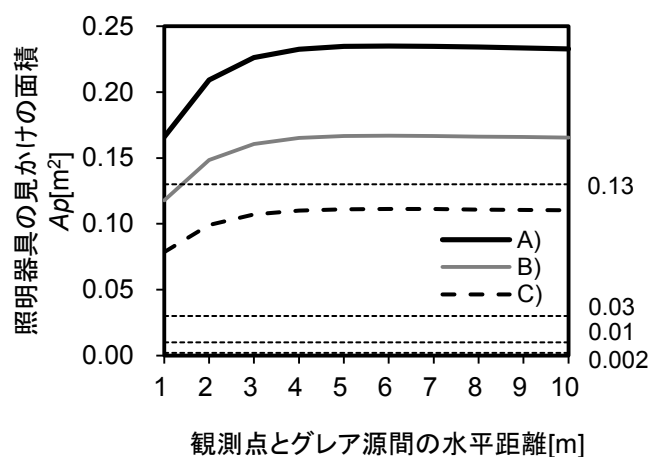


図 4.6 算出方法の違いによる照明器具の見かけの面積の違い

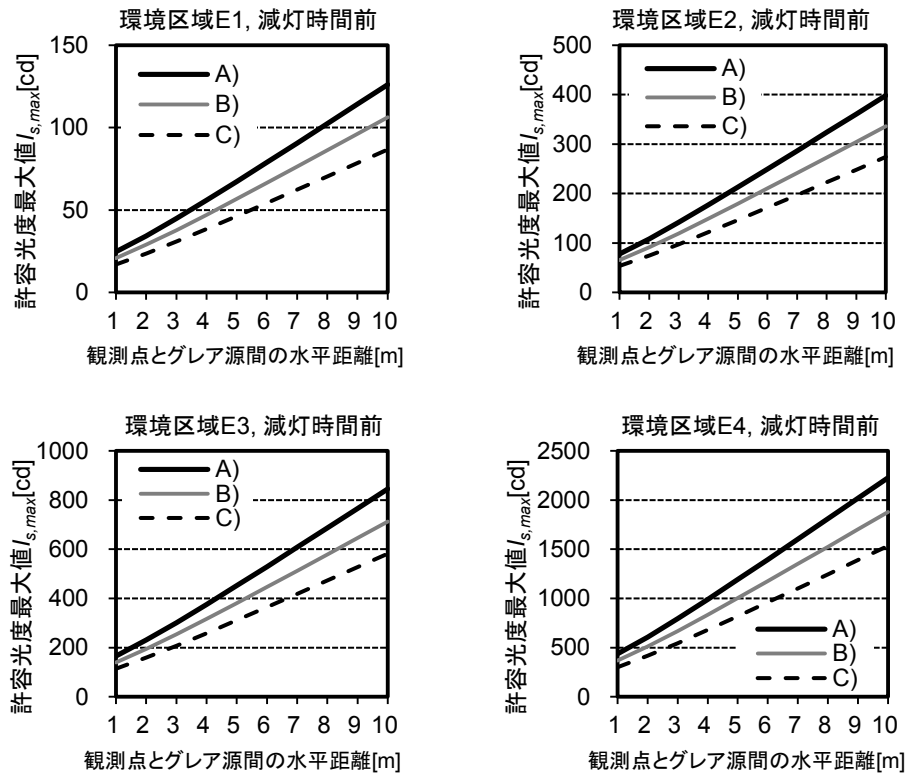


図 4.7 照明器具の見かけの面積算出方法の違いによる許容光度最大値の違い（減灯時間前）

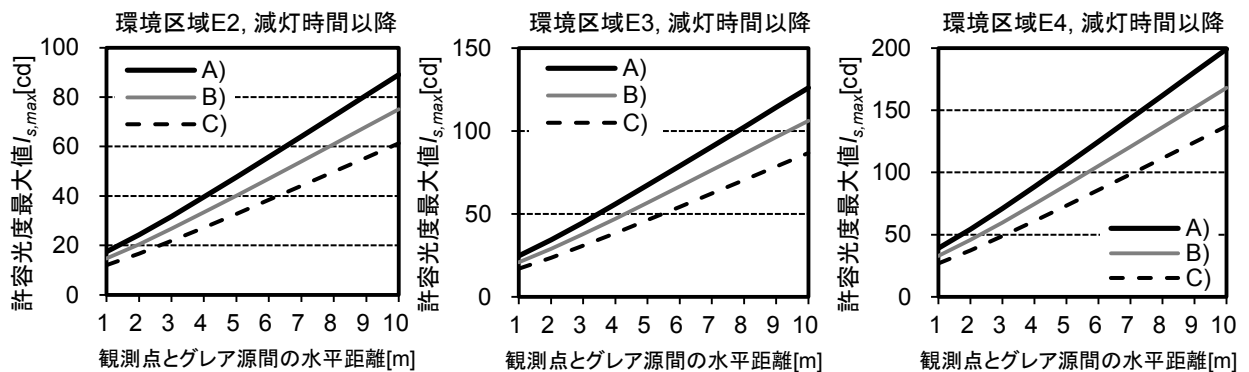


図 4.8 照明器具の見かけの面積算出方法の違いによる許容光度最大値の違い
(減灯時間以降)

図 4.7 に各環境区域の減灯時間前の許容光度最大値、図 4.8 に減灯時間以降の許容光度最大値を示す。照明器具の見かけの面積を小さく見積もるほど、許容光度最大値は小さくなる。観測点とグレア源間の水平距離が大きくなるにつれて、照明器具の見かけの面積の算出方法の違いによる許容光度最大値の差は大きくなる。観測点とグレア源間の水平距離が 10 m の場合、照明器具の見かけの面積の算出方法によって、減灯時間前の許容光度最大値は、環境区域 E1 で 40 cd、

E2 で 120 cd、E3 で 260 cd、E4 で 700 cd 程度異なり、減灯時間以降の許容光度最大値は、E2 で 30 cd、E3 で 40 cd、E4 で 60 cd 程度異なる。特に、減灯時間前は、照明器具の見かけの面積の算出方法によって、許容光度最大値は大きく異なるため、実際にグレアをもたらす照明器具の領域を適切に特定し、照明器具の見かけの面積を適宜見積もる必要がある。

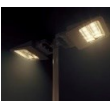
4.3 ULR（上方光束比）制限値の強化と LED 照明器具への適用

ULR（上方光束比）は、器具光束に対する上方光束の比として式(4.2)の通り定義されている。

$$ULR = \frac{\text{照明器具の上方光束比 ULOR}}{\text{照明器具の器具効率}} = \frac{\frac{\text{上方光束}}{\text{ランプ光束}}}{\frac{\text{器具光束}}{\text{ランプ光束}}} \quad (4.2)$$

表 4.4 に日本で使用されているいくつかの LED 屋外用照明器具の上方光束比 ULOR を示す。LED 光源の発光効率（昼白色：140 lm/W、電球色：100 lm/W と仮定して（図 5.2 参照）、照明器具の器具効率（ $\frac{\text{器具光束}}{\text{ランプ光束}} = \frac{\frac{\text{器具光束}}{\text{消費電力}}}{\text{ランプ発光効率}}$ ）から、ULR（上方光束比）を式(4.2)より推定した。上方光束比 ULOR の値に幅があるものは、中央値を用いて推定した。表 3.4 に示す ULR（上方光束比）の制限値と照らし合わせると、上方光束比 ULOR が 0～5%（ここでは 2.5%として計算）のものは環境区域 E3 以下、5～15%（ここでは 10%として計算）のものは環境区域 E4 でなければ適用できない（ただし厳密には、使用するランプの発光効率、上方光束比 ULOR の正確な値による）。

表 4.4 日本で使用されているいくつかの LED 屋外照明用器具の
上方光束比 ULOR、ULR（上方光束比）

種別	姿図	器具効率（推定値） （≡ 器具光束 / (消費電力 × ランプ発光効率)）	上方光束比 ULOR	ULR（上方光束比） （推定値）
街路灯		0.72	5～15%	14%
		0.85	0～5%	2.9%
		0.63	5～15%	16%
		0.73	0%	0%
防犯灯		0.60	0～5%	4.1%
		0.74	1.5%	2.0%

※『光害対策ガイドライン』『JIS Z 9126: 2010』で規定されている上方光束比は、ランプ光束に対する上方光束の比 ULOR であり、CIE 150:2017 改訂版で規定されている上方光束比 ULR とは異なることに注意が必要である。

4.4 UFR（拡張上方光束倍率）から判断する各環境区域に適用可能な照明器具

CIE 150:2017 改訂版 で新たに定義された UFR（拡張上方光束倍率）は、照明器具からの直接光に加え、照明対象エリアからの反射光および照明対象エリア外に漏れた光が周辺建物等で反射された光も含む上方への反射光の程度を表す指標として、式(4.3)の通り定義されている。

$$UFR = \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m} \left[1 + \frac{R_{UL0,\alpha}}{\rho_1 \times u} + \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{R_{DL0,\alpha} - u}{u} \right) \right] \quad (4.3)$$

$R_{UL0,\alpha}$: 照明器具の傾斜角 α での照明設備の上方光束比（対照明器具）

$R_{DL0,\alpha}$: 照明器具の傾斜角 α での照明設備の下方光束比（対照明器具）

ρ_1 : 設計エリア（照明対象エリア）の平均反射率

ρ_2 : 周辺の平均反射率

u : 設計エリアに対する照明設備の照明率

$\bar{E}_i$: 初期照度[lx]

$\bar{E}_m$: 設計照度[lx]

設計エリアの周辺環境（周辺の平均反射率 ρ_2 ）によって UFR（拡張上方光束倍率）の値は影響されるため、上方光束の制限を遵守できるか否かは、設置場所の周辺環境に依存することになる。そこで、表 4.5 に示す道路照明器具を例として、設置環境（周辺の平均反射率 ρ_2 ）によって、UFR（拡張上方光束倍率）がどの程度の値となるのか試算した。設計エリア（道路）の平均反射率 ρ_1 は 6～35%³⁾、設計照度に対する初期照度の比 $\frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m}$ は 1.3、照明率 u は 0.5 と 0.8 の 2 条件とした。

表 4.5 UFR（拡張上方光束倍率）の試算に用いた道路照明器具

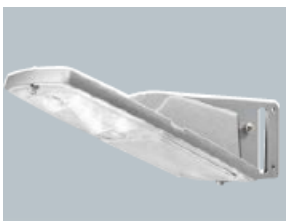
種類	LED ポール灯	LED 防犯灯	LED ポール灯	LED ポール灯
外観				
$R_{UL0,\alpha}$	0.0	0.05	0.15	0.2
$R_{DL0,\alpha}$	1.0	0.95	0.85	0.8

図 4.9 に照明率 u が 0.5 の場合の周辺の平均反射率 ρ_2 と UFR（拡張上方光束倍率）の関係を、照明設備の上方光束比 $R_{UL0,\alpha}$ 別に示す。同様に、図 4.10 に照明率 u が 0.8 の場合の結果を示す。図中には、環境区域ごとの道路照明による UFR（拡張上方光束倍率）の制限値を併記した。設計対象面（道路）の反射率 ρ_1 は、水分が混ざった濃色の新設道路：0.06、中間色：0.09、新設の道路：

0.15、着色された新しい路面：0.35 である³⁾。

設計対象面（道路）の反射率 ρ_1 が低いほど、設計照度を担保するための照明器具からの光束がより多く必要となるため、UFR（拡張上方光束倍率）は大きくなる。図 4.9 と図 4.10 を比較すると、照明率 u が高くなれば、周辺の平均反射率 ρ_2 の影響はほとんどなくなり、上方光束比 $R_{ULO,\alpha}$ が 0.05 以下の照明設備を用いれば、環境区域 E2 以下では、設計対象面（道路）の反射率 ρ_1 および周辺の平均反射率 ρ_2 に関わらず、UFR（拡張上方光束倍率）制限値を守ることができる。一方、環境区域 E1 では、上方光束比 $R_{ULO,\alpha}$ が 0.0 の照明設備を用い、設計対象面（道路）の反射率 ρ_1 を 0.35 程度に高くしなければ、UFR（拡張上方光束倍率）制限値を守ることができない。

照明率 u が低い場合（ここでは、 $u=0.5$ ）には、環境区域 E1 で、上方光束比 $R_{ULO,\alpha}$ が 0.15 よりも大きい照明設備を用いると、設計対象面の反射率 ρ_1 、周辺の平均反射率 ρ_2 によらず、UFR（拡張上方光束倍率）制限値を守ることができない。一方、環境区域 E4 では、照明率 u が低くても、上方光束比 $R_{ULO,\alpha}$ が 0.05 以下の照明設備を用いれば、設計対象面の反射率 ρ_1 、周辺の平均反射率 ρ_2 によらず、UFR（拡張上方光束倍率）が制限値を超えることはない。

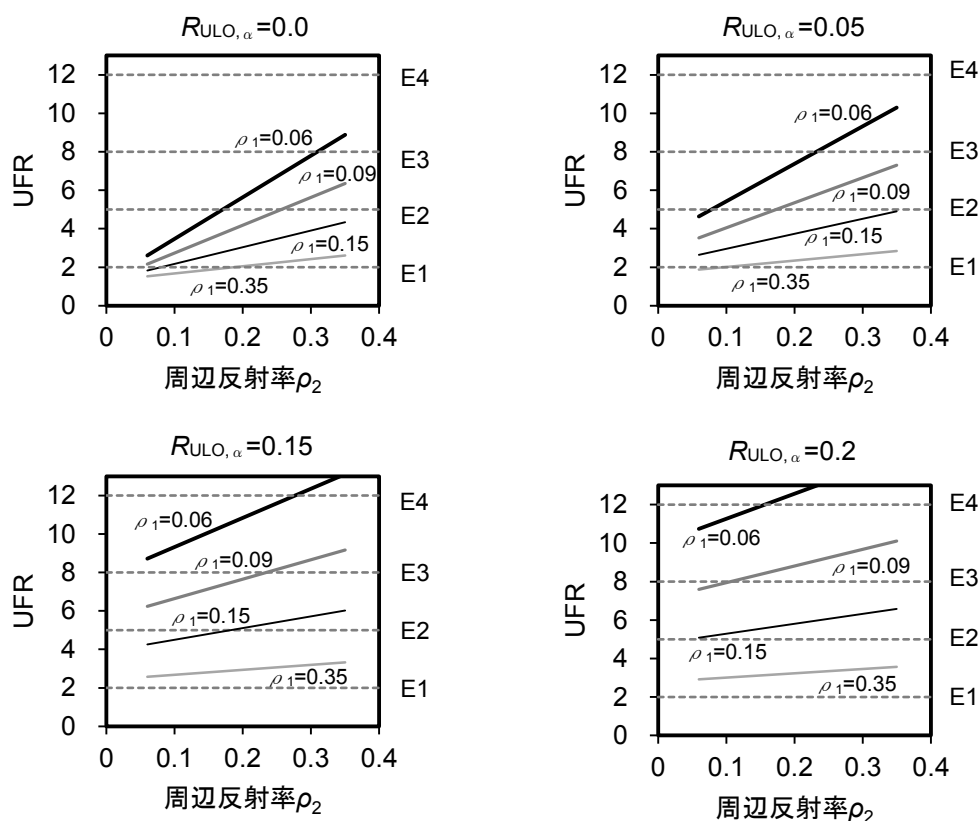


図 4.9 周辺の平均反射率による UFR（拡張上方光束倍率）の違い（照明率 $u=0.5$ ）

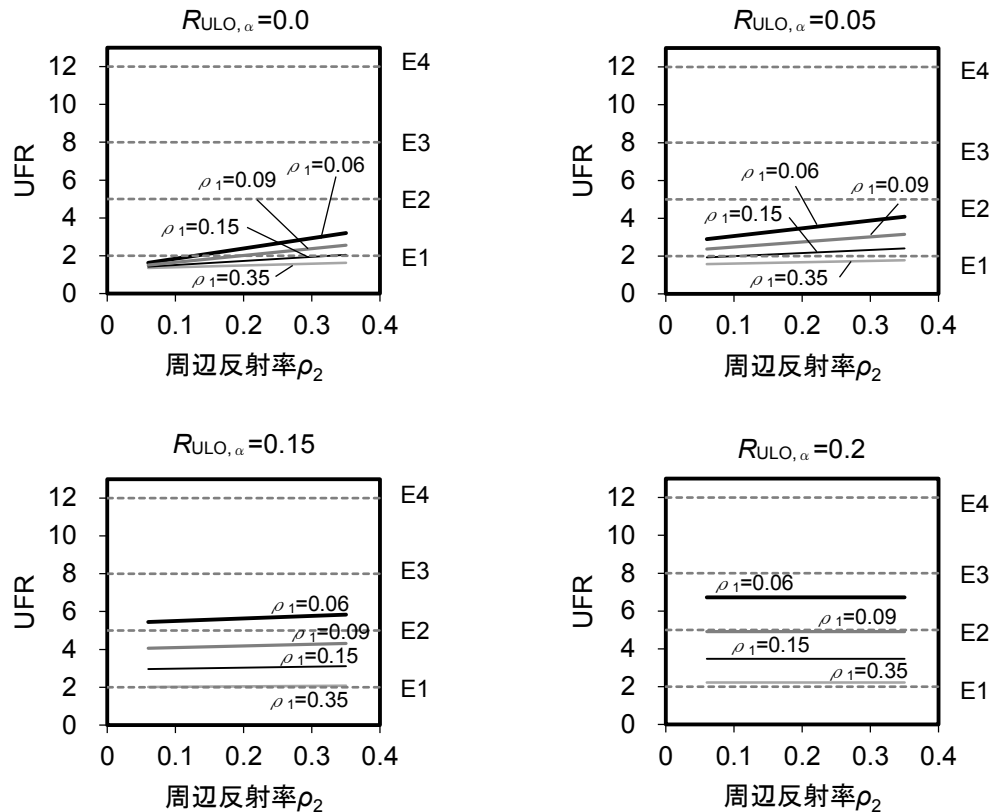


図 4.10 周辺の平均反射率による UFR (拡張上方光束倍率) の違い (照明率 $u=0.8$)

UFR(拡張上方光束倍率)の制限には、式(4.3)中にある 7 つパラメータが制御対象となるが、このうち、設計エリア(照明対象エリア)の平均反射率 ρ_1 と周辺の平均反射率 ρ_2 は、照明計画の段階で制御することは難しい。また、設計対象面(道路など)の反射率も天候や経時変化によって時々刻々と変化する。しかしながら、照明率 u が高く、上方光束比 $R_{UL0,\alpha}$ が小さい照明設備(環境区域 E1, E2 では、少なくとも上方光束比 $R_{UL0,\alpha}$ を 0.05 以下にすることが望ましい)を採用することで、照明対象エリア外に漏れた光による周辺建物等での上方への反射光を抑えることは十分に可能である。

参考文献

- 1) 日本公開天文台協会：公開天文台白書 2006
- 2) 総務省統計局：住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数(平成 25 年 3 月 31 日現在)
- 3) CIE 132:1999 Design Methods for Lighting of Roads

5. LED 照明の技術調査

LED(発光ダイオード)は1962年に発明された当時は赤色LEDであったが、1970年代に緑色LED、1990年代に青色LEDが発明されたことで白色光が実現できるようになり、一般的なLED照明が開発されるようになった。国内では2011年の東日本大震災による省エネルギー対応が大きなきっかけとなり、LED照明が他国に比べて先んじて普及した。現在のLED照明の普及率は販売数量において95%を超えており、世界トップレベルである。今後も、「エネルギー使用合理化等に関する法律(省エネ法)」に基づく「特定エネルギー消費機器のエネルギー消費性能の向上に関する消費機器等製造事業者等の判断の基準等(トップランナー基準)」の採用や、国内大手メーカーが一般照明用の白熱電球の製造・販売を終了し、また蛍光灯も近い将来の終了が想定されることから、さらにLED照明の性能が向上し、普及が促進されることが予想される。

一般的な白色LEDの構成を図5.1に示す。青色、又は紫色を発するLEDに、それらの光を受けて黄色、または赤色、緑色などに発色する蛍光体を組合せて、白色光を作り出している。その他、赤色、緑色、青色を発するLEDの光を混色して白色光を作り出すものもある。

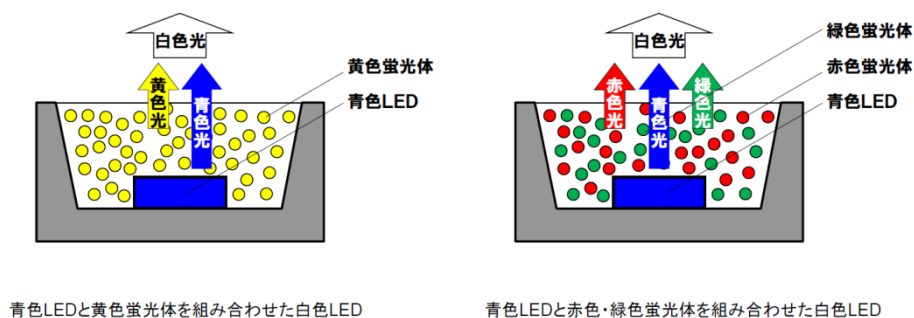


図 5.1 一般的な白色 LED の構成

LED 照明の代表的な特徴を以下に示す。

① 発光効率

LED 照明は白熱電球や蛍光灯など他の光源に比べて発光効率が高く、省エネ性能が高い。白色 LED を構成する半導体、ならびに蛍光体についても技術開発が進んでおり、今後、さらに省エネ性能が高まることが予想される。

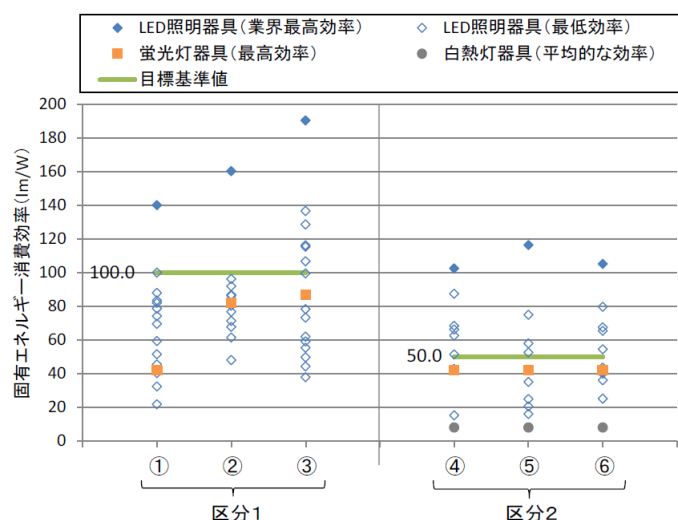


図 5.2 各光源の発光効率（一社照明工業会調べ）

区分 1: 昼光色・昼白色・白色、区分 2: 温白色・電球色

1: 施設用ダウンライト、2: 家庭用シーリングライト、3: 施設用ベースライト

4: 家庭用ダウンライト、5: 施設用ダウンライト、6: 施設用スポットライト

② 配光制御性

LED 素子の大きさは他の光源の発光部に比べて非常に小さいため、レンズや反射板を用いた配光制御性に優れている。よって、照らしたい箇所に適切に光を集めることが容易であり、目的以外の箇所に漏れる光を制限しやすい。光害対策を考慮している照明器具においては、上方光束をゼロにしたり、水平方向近傍（ $90^{\circ} \sim 110^{\circ}$ ）の光を制限することが可能である（図 5.3 に投光器の事例を示す）。

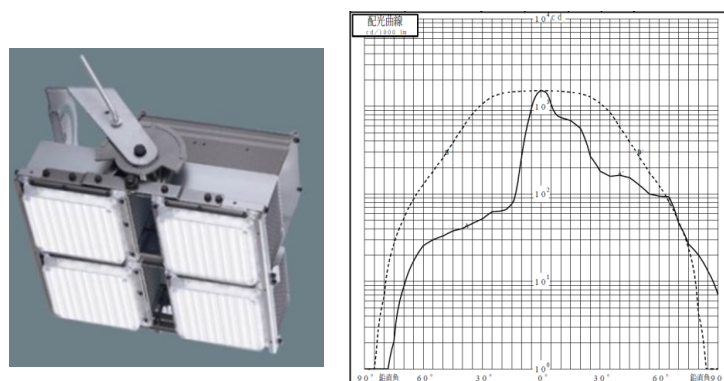


図 5.3 上方光を制御した屋外照明器具の配光の事例

（LED 投光器光害対策 HID1500 形相当 NNY24624LF2）

また、従来の光源に比べて小型化や薄型化が容易である。特に屋外環境においては、照明器具を小さくすることでそれを設置・固定する構造部材（ポールや土台）も小型化・軽量化できることから部材費や工事費を縮減することができる。

一方で、発光部を小型化できるため、発光部全体の輝度、または発光部内の LED 素子自身の輝度が高くなり、まぶしさ（直視グレア）を生じさせる短所を有する。

③ ランプ寿命

一般的な LED 照明は約 4 万時間（光束維持率 70%）と白熱電球（1000～2000 時間）や蛍光ランプ（6000～12000 時間）に比べて長寿命である。そのため、ランプ交換の頻度を減らせることからメンテナンスコストが削減しやすい。一方で、メンテナンスの頻度が少なくなることから、抜け・漏れが生じやすくなり、従来光源よりも高い安全性・信頼性が求められる。

④ 調光・調色・点滅制御性

他の光源に比べて、調光（あかるさ光束を変化）、調色（光色を変化）、点滅制御性に優れている。したがって、例えば、人の往来が多い時間帯は安全性を高めた明るさや光色にし、深夜などに減光したり電球色に変化するなど、状況に適した照明を実現しやすい。また、屋外照明でよく用いられていた HID ランプ（高輝度放電ランプ）は一度消灯すると再点灯に時間が必要だが、LED 照明ではその時間が必要なく、停電時やアクシデントによる消灯時などでの瞬時再点灯が可能である。

⑤ スペクトル設計

用いる LED 素子と蛍光体の組合せや、複数の蛍光体の調合比を変化させることでスペクトル（各波長ごとの光の強度、分布）を容易に変更することができる。よって、演色性（色の見えの忠実性）を高めたり、効率を追求した照明を開発することができる。

一方で、一般的な LED 照明は青色の LED を使用しており、青色成分のスペクトルを多く含むため、いわゆる“ブルーライト”による網膜傷害や生体リズム障害の影響が懸念されている。青色網膜傷害については、JIS C7550（ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性）が制定され、それを活用することで傷害を回避する基準を順守することができる。

生体リズム障害については、夜間に光を浴びる事が影響するため、夜間に強い光を浴びないように減光したり、光色を電球色など青色成分の少ない光色に調色するなどの対策が有効である。

なお、蛍光ランプと LED 照明（色温度 5000K）のスペクトルの比較図として、図 5.4 の左図をよく見るが、この図はスペクトルの最大値を 1 に正規化した図であり、同じ光束になるようにして正規化すると、右図のように 400～500nm 付近の青色成分のスペクトルは高くないことがわかる。

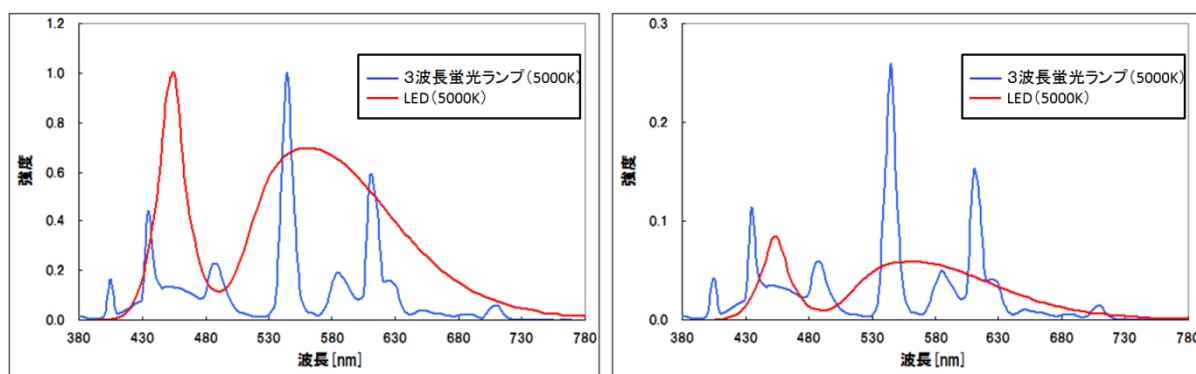


図 5.4 LED 照明と蛍光ランプのスペクトルの比較
(左：最大値で正規化、右：同光束になるよう正規化)

<参考資料>

- ・LED 照明推進協議会ホームページ
- ・総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会
照明器具等判断基準ワーキンググループとりまとめ
- ・LED 照明の生体安全性について ～ブルーライト（青色光）の正しい理解のために～
平成 26 年 10 月（日本照明工業会、日本照明委員会、LED 照明推進協議会、照明学会）

6. まとめ

『光害対策ガイドライン改訂に関する CIE150 調査委員会』では、CIE 150:2017 改訂版の発行に伴い、CIE 150:2003 旧版から改訂された内容を精査すると共に、日本の夜間屋外照明環境の現状を踏まえ、『光害対策ガイドライン』への適用に向けた課題について検討した。

今回改訂された CIE 150:2017 改訂版を、『光害対策ガイドライン』に適用する際には、以下の点について更なる検証が必要と考えられる。

1) 日本の国土・土地利用状況を考慮した環境区域の定義

環境区域の我が国への適用に当たっては、国土が狭く、海に面して陸地面積が限られ、人口密度の高い我が国の特性や、地域による土地の利用状況、社会的状況の違い等を勘案する必要がある。全国一律に一定の距離で推奨環境を定めることは難しいものと考えられ、地域の特性に応じた地域ごとの検討が求められる。

2) 照明器具発光部分の見かけの面積の算定方法の定義

簡易な方法として、寸法図から照明器具の見かけの面積を算出できるのが望ましい。しかし、高輝度部分に限定し、照明器具の見かけの面積を小さく見積もった方が、光度制限としては安全側の設計となる。実際に生じるまぶしさの程度と照明器具のいくつかの領域の輝度（分布）との対応を確認した上で、照明器具のどの範囲をグレアを生じさせる発光部と見なすべきか定義する必要がある。

3) 各環境区域に存在する周辺反射物の実態把握

UFR（拡張上方光束倍率）の制限値を遵守する上で使用可能な照明器具は、周辺の平均反射率によって異なる。環境区域 E1 では、上方光束比 $R_{UL0,\alpha}$ が 0 の照明器具を用いても、周辺の平均反射率によっては推奨基準を守れなくなる場合もある。環境区域ごとに、周辺にどのような反射物が存在するのか、その種類、反射率のおおよそ範囲を把握した上で、環境区域ごとに使用可能な照明器具の条件を明確にする必要がある。

また、周辺の平均反射率を照明計画の段階で制御することは難しいため、環境区域 E1, E2 では、周辺の平均反射率によらず、照明率 u が高く、上方光束比 $R_{UL0,\alpha}$ が小さい照明設備（少なくとも上方光束比 $R_{UL0,\alpha}$ を 0.05 以下にすることが望ましい）を採用することが、照明対象エリア外に漏れた光による周辺建物等での上方への反射光を抑えるために必須である。

付 録

CIE 150: 2003 改訂・追加箇所の翻訳

1 目的

このガイドは、屋外照明が環境に及ぼす影響を評価するための指針を示し、屋外照明の障害の影響を許容レベル内に規制するために、関連する照明パラメータの許容限界を定めた出版物150:2003の更新版である。屋外照明の障害の影響は、まず適切な設計によって抑制するのが最善の策であるので、ここに示した指針は、主として新しい施設に適用できるものであるが、既存の照明設備に適用できる改善方法も与えている。

このガイドは、特に屋外照明が、付近の居住者（たとえば、家屋、ホテル、病院などの住居）、近隣の道路利用者（たとえば、交通機関の運転者、歩行者、自転車利用者）、観光客、交通信号システム（たとえば、航空用、船舶用、鉄道用の信号システム）、天文観測に対して及ぼす可能性のある悪影響について言及する。

自然環境に対する照明の影響は定量化が容易でないことがある。照明施設の付近に平地、山、森林、河川、湖沼、海岸線がある場合、季節によっては、照明が領域内の昆虫、植物、動物に悪影響を及ぼす可能性がある。

このガイドは、屋外照明システム及びその支持構造体の日中の外観に関連する環境的影響は扱わない。

このガイドは、次の各者の参考になることを目的としている。

- (a) 計画立案機関、特に地方自治体が、屋外照明施設の障害的影響の可能性を評価するため。
- (b) 屋外照明の設計者が、障害的影響を許容範囲内に抑制する照明システムを設計するため。

2 用語と定義

このガイドの目的を達成するために、国際照明用語（CIE, 2011a）と下記で与えられた定義を適用する。

※変数名は本文中では太字記載の英字となり、同変数は数式中では太字の下記号 R_{α} で記載する。

2.1

上方光束比（対ランプ光束）

ULOR α

$R_{ULO,\alpha}$

設置場所にて照明器具から、水平面より上方へ放射される光束の、照明器具または照明施設すべてのランプ光束の和に対する比

備考 1：インデックス α は現場の施設で考慮の必要な照明器具が傾斜角 α で設置されていることを示す。

2.2

下方光束比（対ランプ光束）

DLOR α

$R_{DLO,\alpha}$

設置場所にて照明器具から、水平面より下方へ放射される光束の、照明器具または照明施設すべてのランプ光束の和に対する比

備考 1：インデックス α は現場の施設で考慮の必要な照明器具が傾斜角 α で設置されていることを示す。

2.3

上方光束比（対器具光束）

ULR

R_{UL}

照明器具が施設に取り付けられたときに、照明器具あるいは照明施設から水平あるいは水平より上方に放射される光束の器具光束に対する比

2.4

拡張上方光束倍率※

UFR

R_{UF}

UFR は、次の要因により生じる上方光束

- ・ 照明器具全体からの直接光
- ・ 被照面（設計エリア）からの反射光
- ・ 漏れ光により照射された被照面（設計エリア）周辺からの反射光

と、維持照度を満足するために照明器具からの光（光束）がすべて被照面に入射すると想定した場合での、被照面（設計エリア）から上方への反射光束（上方光束）の比として定義される。

※UFR（upward flux ratio）は、直訳すると「上方光束比」となり、ULR（上方光束比）と混同するおそれがある。そこで和文では UFR を、直接光および反射光による上方光束の比として、「拡張上方光束倍率」と呼称することとした。

3.5.1 居住者に対する影響

居住者には、通常、次の 1 つ以上の快適性（楽しさ）に明らかな影響がある。

- a) 目障りな漏れ光による照明が、特に通常は暗い住宅の部屋、たとえば、寝室に光が侵入する場合、この影響の指標として（窓面の）鉛直面照度を用いる。
- b) 通常の視線方向に高輝度の照明器具があると、不快感あるいはいらだちを生ずる。この影響の指標として照明器具の輝度を用いる。しかし、照明器具の輝度のデータは、照明器具の製造者からは提供されないことから、このガイドでは、特定の方向への許容される光度の最大値で表現されている。
- c) これらの照明パラメータの許容最大値は、周辺にある照明によって影響される。これは、主としてその地域の開発の程度と種類、及びその場所の照明によって左右される。日没後の早い時間には許容される照明パラメータの特性値も、居住者が眠りに就く時間まで継続されれば、許容できなくなるかもしれない。このことから、ガイドの中で、より厳格な規制が適用される時間帯として“減灯時間”と言う概念が生まれた。厳格な規制には、不要な照明を消灯したり、高いレベルが不要となった時点で照明を暗くしたりすることなどが含まれる。
- d) 周囲を照らすために上に向けた照明によって天空発光が生じ、上記 a) の影響に加え壁面の照度が増加するとともに、星が見えにくくなり、星を見る楽しみが減少する。

3.5.4 天文観測に対する影響

天文観測に対する影響は、一般的に次の原因による夜間における天空の観測条件の変化を含んでいる。

- a) 照明施設からの光が大気中で散乱され生ずる明るい輝き（すなわち天空発光）。
- b) 望遠鏡で光学的に簡単に除去できず、星明りと重なる天空発光のスペクトル。
- c) 照明設備から天文台へ照射される直接光。

地域社会や郊外の科学的な光学天文台の近傍に、屋外照明が計画されているとき、(3.6.1 に従って) 指定された方向に対する漏れ光、照度レベル、ランプのスペクトルおよび照明器具の輝度に関する制限は、照明設備の悪影響を緩和するのに役立つであろう。

光学天文台の場所が照明設備からたとえば 20km 以上離れている場合、地平線付近の大気中を長距離に渡って伝わり、この長い経路上で分散した光が広範囲に天空発光を引き起こすため、(晴天での) 照明の最大の影響は地平線に近い方向(主に $90^{\circ}\sim 110^{\circ}$)に放射されることである (Cinzano and Diaz-Castro, 2000; Falchi, 2011; Garstang, 1986; 1989; 1991; Luginbuh et al., 2009)。

もし、天文台の近傍にある局所的な道路照明を含む屋外照明に低圧ナトリウムランプまたは同等のスペクトルを持つ LED を用いれば、天空発光の問題は緩和できるであろう。天文台が照明設備からはるかに離れた場所（たとえば 50~100km 以上）にある場合、550nm 以下のスペクトルが制限されたランプ（高圧ナトリウムランプまたは同等のもの）を使用するなど、より柔軟な方

法を取ることができる。天空発光は波長の 4 乗におおよそ反比例することが知られているため、赤色光が青色光よりも適切であり、暖色光が寒色光よりも適切となる。この方法を実施する場合には、関係のあるすべての機関、すなわち、天文台、地方自治体、電力会社などとの周到的協議が必要である。

最後に、全体的な影響は当然、照明設備の規模と天文台または基準位置までの距離によっても変わる。たとえば、天文台から 20km 離れた居住者 2 万人の都市では、100km 離れた居住者 100 万人の都市と同等の悪影響があり、どちらにも同等の照明の制限が適用される。

重要な科学的な光学天文台が関与する場合にも、上述の各点は適合する。しかし、満足すべき夜間の天空観測条件を維持するための長期計画の一部として、天文台周辺のかなりの領域に対して、照明設備の制限が強制されるであろう。このような計画は、国際照明委員会（CIE）及び、国際天文連合（IAU）によって制定されたガイドライン（CIE 001-1980（CIE, 1980）参照）を基礎とすべきである。これに関連して地方公共団体の条例があり、結果として地方議会や天文台の運営機関との協議が必要である。

照明器具から直接、水平付近あるいは上方に向かう光の大部分が、天空発光を生ずる。最も単純な方式としては、照明器具の上方光束比（対器具光束：ULR）を制限することによって抑制できる。ULR は照明器具の実際の設置または傾斜角用に定義された照明器具の特性である。関連する設置位置に適用できる照明器具の ULR 値が照明器具の製造者によって文書化されていれば、実際に上方光を制御する照明設備に適した照明器具の選択が容易に行える。

ULR では照明器具から放出される上方の直接の光束が考慮されるが、照射面から上方に反射する照明器具からの光は考慮されない。拡張上方光束倍率 UFR ではこれが考慮される。

前述のように、水平のわずか上方 90°～110° の範囲に放出される光は、天文台から離れた周辺の天空発光にとって非常に重要となる。そのため、天文台の周辺では、ULR や UFR のほか、90°～110°（90°～110°）の範囲の光度を制限する必要がある。

3.6.4 環境区域の種類に対応する規制値区域の基礎

3.6.5 に示した限界は、環境区域に応じた規制区域である。区域は、環境で感ずる周辺の明るさを考慮に入れたものである。環境区域の定義を表 1 に示す。

表 1－環境区域

区域	光環境	例
E0	本質的に暗い	ユネスコのスターライト保護区、IDA ダークスカイ公園 研究上重要な光学天文台
E1	暗い	居住者の少ない地方
E2	低い明るさ	居住者がまばらな地方
E3	中間の明るさ	居住者の多い地方と都市の住宅街
E4	高い明るさ	都市の中心地やその他の商業地域
備考) 研究上重要な光学天文台の 100km 以内のすべての場所では、都市開発のレベルにかかわらず環境区域 E1 または E0 の推奨事項を遵守する必要がある。 都市部にある光学天文台の 30km 圏内、研究上重要な光学天文台からの 100km~300km の場所では、都市開発のレベルにかかわらず、環境区域 E2（またはそれ以上）の推奨事項を遵守する必要がある。		

3.6.5 障害光を抑制するための照明パラメータの許容最大値

3.6.5.1 周辺地域の照明の制限（侵入光）

表 2 に地域における鉛直面照度の限界を示す。規制は、近隣住居、潜在的住居、特に窓のような面や部分に適用する。値はすべての照明器具からの合計値である。

表 2－地域における鉛直面照度の最大値

照明パラメータ	利用条件	環境区域				
		E0	E1	E2	E3	E4
鉛直面照度 (E_v)	減灯時間前	適用外※	2 lx	5 lx	10 lx	25 lx
	減灯時間以降	適用外※	< 0.1 lx *	1 lx	2 lx	5 lx
* もし照明器具が公共（道路）照明用の場合はこの値を 1 lx 未満にすることができる。						

※現時点では具体的な値は与えられていないが、環境区域 E1 の制限値未満とすることができる。

3.6.5.2 視野内の明るい照明器具の制限

高輝度の照明器具の光度の制限は、(観測者と明るい照明器具の間の) 観察距離 (d) と照明器具の高輝度部分の観測者からの見かけの面積 (A_p) によって変わる。表 3 に、照明器具の高輝度面が見えることが居住者にとって問題となる、または一時的、短期的に見えるのではなく、常に器具の高輝度面が見える位置からの指定された方向への照明器具の光度の最大値を示す。

表 3 – 指定された方向への照明器具の光度の最大値

照明 パラメータ	利用条件	照明器具の区分 (見かけの面積 A_p : m^2 単位)				
		$0 < A_p \leq 0.002$	$0.002 < A_p \leq 0.01$	$0.01 < A_p \leq 0.03$	$0.03 < A_p \leq 0.13$	$0.13 < A_p \leq 0.50$
照明器具に よって放出 される 最大光度 I 単位 : cd	環境区域 E0					
	減灯時間前 :	0	0	0	0	0
	減灯時間以降 :	0	0	0	0	0
	環境区域 E1					
	減灯時間前 :	$0.29 \cdot d$	$0.63 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.1 \cdot d$
	減灯時間以降 :	0	0	0	0	0
	環境区域 E2					
	減灯時間前 :	$0.57 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.0 \cdot d$	$10 \cdot d$
	減灯時間以降 :	$0.29 \cdot d$	$0.63 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.1 \cdot d$
	環境区域 E3					
	減灯時間前 :	$0.86 \cdot d$	$1.9 \cdot d$	$3.8 \cdot d$	$7.5 \cdot d$	$15 \cdot d$
	減灯時間以降 :	$0.29 \cdot d$	$0.63 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.1 \cdot d$
	環境区域 E4					
	減灯時間前 :	$1.4 \cdot d$	$3.1 \cdot d$	$6.3 \cdot d$	$13 \cdot d$	$26 \cdot d$
	減灯時間以降 :	$0.29 \cdot d$	$0.63 \cdot d$	$1.3 \cdot d$	$2.5 \cdot d$	$5.1 \cdot d$
備考 1 : d はメートル単位での観測者とグレア源との間の距離。						
備考 2 : 光度 0 cd は、指定方向で完全に遮光される照明装置によってのみ実現可能。						
備考 3 : 詳細は、付録 C を参照すること。						

3.6.5.3 交通機関への影響の制限

制限値は、交通機関使用者の視認性が低下する場合に適用する。表 4 に、関連する場所、ならびに移動経路での観察方向の制限値を示す。

表 4－道路照明以外の照明施設からの閾値増加及び光幕輝度の最大値

照明 パラメータ	道路分類※ ¹			
	道路照明なし	M6 / M5	M4/ M3	M2 / M1
光幕輝度※ ² (L_v)	0.037 cd/m ²	0.23 cd/m ²	0.40 cd/m ²	0.84 cd/m ²
閾値の増加	15% (順応輝度 0.1 d/m ²)	15 % (順応輝度 1 cd/m ²)	15% (順応輝度 2 cd/m ²)	15% (順応輝度 5 cd/m ²)
※ ¹ CIE 115:2010 (CIE, 2010) に示された道路の区分。				
※ ² 許容可能な TI 値を 15%としたときの光幕輝度値				

3.6.5.4 天空発光の制限

表 5 は、照明器具の上方光束比（対器具光束:ULR）の最大値を示したものである。なお、地面から上方への反射光も天空発光に寄与するが、ここではその影響は含まない。照明器具の上方光束比は天空発光を制限するための伝統的な方法で、各照明器具を比較するのに適している。

表 6 では、全ての照明設備の直接及び上方反射成分の両方の影響が考慮される。ここで、制御パラメータは拡張上方光束倍率 UFR である。4 台以上の照明器具で構成されるすべての照明設備に表 6 を使用することを提案する。6.4.2 及び 6.4.3 に、ULR と UFR の両方の計算方法を示す。

前述のように、90°～110°の範囲で地平線のすぐ上に向けて放射される光は、天文台の周辺の広範囲における天空発光に多大な影響を及ぼす。そのため天文台の周辺の領域の ULR または UFR に加えて、この重要範囲（ $I_{90^\circ \sim 110^\circ}$ ）の光度を以下のように制限する必要がある。

90° ～ 100° : < 0.5 cd / 1,000 lm 、および

100° ～ 110° : 0 cd

表 5－照明器具の上方光束比（対器具光束 ULR）の最大値

照明パラメータ	環境区域				
	E0	E1	E2	E3	E4
上方光束比（対器具光束：ULR）（%）	0	0	2.5	5	15

表 6－（4 台以上の照明器具の）照明設備の拡張上方光束倍率 UFR の最大値

照明パラメータ	照明設備のタイプ	環境区域				
		E0	E1	E2	E3	E4
拡張上方光束倍率 (UFR) (%)	道路	適用外※	2	5	8	12
	公共施設	適用外※	適用外※	6	12	35
	スポーツ	適用外※	適用外※	2	6	15

※現時点では具体的に値は与えられていないが、一段階下の環境区域の制限値未満とすることができる。

3.6.5.5 過剰に照明された建築ファサードと看板

都市部の照明では、視認性をもたらす輝度値を検討し、適切に決定することが重要である。この輝度規制値が順守されない場合、照明レベルがしばしば増大し、増大した照明レベルが以下のような悪影響を及ぼす可能性がある。

- 1) 照明レベルの継続的な上昇
- 2) エネルギー使用の上昇
- 3) 光害
- 4) 照明の製造及び消費電力の増加

使用者は日中に高い照明レベルを知覚するように、公共施設及び建築の照明に関してしばしば夜間にも高い照明レベルを求め、安全と安心を感じる。そのため、できれば以下の「マスタープラン」に従って照明に対する制限を行う必要がある。

表 7－建物ファサードと看板の平均輝度の最大値

照明パラメータ	利用条件	環境区域				
		E0	E1	E2	E3	E4
建物ファサード の輝度 (L_b)	平均照度×反射率/πより 求める	<0.1 cd/m ²	< 0.1 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
看板の輝度 (L_s)	平均照度×反射率/πより 求める または、自発光している ものの平均輝度	< 0.1 cd/m ²	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1 000 cd/m ²
備考：値は減灯時間前・減灯時間以降の両時間帯に適用するが、区域 E0 及び E1 については、減灯時間以降 0 とする。看板の値は、交通管制標識には適用しない。						

LED 技術の急速な進歩により、建物や看板の屋外表示のための LED 使用がますます一般的になっており、過剰な明るさがすでに問題となっているが、点滅の問題も懸念されている。幸い、現場で多くの調査が行われ、現在も進行中である。これらの調査は CIE で報告されており、多数の資料を「参考資料一覧」で検索することができる。

4.2.5 被照面の反射特性

表 2 に示す鉛直面照度 E_v の許容最大値は、(投光器からの) 直接成分を表している。しかし、反射光による照度も考慮しなければならない (3.6.3 参照)。

反射光による照度は、被照面固有の反射特性に依存する。多くの場合、たとえば、自然の芝や

アスファルトの表面が使用されている場所では反射照度は低い、表面が明るい場所、たとえば、無塗装のコンクリート、砂充填地の人工的な芝、明るい色彩の壁などではかなり高い。前述の拡張上方光束倍率 UFR を使用して、反射特性の影響を評価することができる。

6.2 光度の決定

6.2.1 一般事項

3.6.5.2 の表 3 を用いるためには、観察者から見た照明器具の発光部の大きさを決定する必要がある。照明器具の発光面が非常に不均一な輝度分布を有する場合、最大輝度 $L_{\max}$ が 0.01 未満となる領域の部分は無視することができる (LiTG、2011)。 $L_{\max}$ および $L_{0.01} = 0.01 L_{\max}$ の正確な値 (数値) がない場合、簡便な方法として問題となる方向の投影面積を求めるために照明器具の図面を使用することができる。

6.4 上方光パラメータの決定

6.4.1 一般事項

表 5 及び 6 は、上方光パラメータの許容最大値を示している。

6.4.2 上方光束比 (対器具光束) (ULR) の計算

発光面が水平な常設照明器具、たとえば道路照明器具及び C¹型の投光器の場合、上方光束比 (ULR) (対器具光束)、 R_{UL} は以下のように計算できる。

$$R_{UL} = R_{ULO} / R_{LO} \quad (3)$$

ここで

R_{ULO} は照明器具の上方光束比 (対ランプ光束 : ULOR) (2.1 を参照、上方光束比 = 上方光束 / ランプ光束)

R_{LO} は照明器具の器具効率 (器具効率 = 器具光束 / ランプ光束 : LOR)

備考 : ULR 及び ULOR 値は大部分の照明器具の製造者から公表されている。

6.4.3 拡張上方光束倍率 UFR の決定

ULR では照明器具から上方に直接放射される光束が考慮されるが、照明設備全体と被照面およびその周囲の地表から上方に反射する光は考慮されない。拡張上方光束倍率 UFR ではこれらの影響が考慮される。

UFR は、次の要因により生じる上方光束

- ・すべての照明器具からの直接光
- ・設計エリア (被照面) からの反射光
- ・漏れ光により照射された設計エリア (被照面) 周辺からの反射光

と、維持照度を満足するために、照明器具からの光 (光束) がすべて被照面に入射すると想定した理想的な場合での被照面から上方への反射光束 (上方光束) の比として定義される。

維持照度を満足するために、照明器具からの光 (光束) がすべて被照面に入射すると想定した場合 (※保守率 1、照明率 1、上方光束比 0%) では UFR は 1 である。実際の照明設備の UFR が

¹ 付録 A の投光器の分類を参照すること。

大きくなるほど、天空発光の度合いも高くなる。

UFR は以下によって決まる（図 6 を参照）。

- 照明器具の設置位置と取付角度
- 照明器具の配光

・ 照明器具の設置場所（取付角度）において、水平より上方へ放射される上方光束と照明器具のランプ光束（全光束）との比率 $ULOR\alpha$

備考：インデックス α は現場で考慮の必要な照明器具が傾斜角 α で設置されていることを示す。

・ 照明器具の設置場所（取付角度）において、水平より下方へ放射される下方光束と照明器具のランプ光束（全光束）との比率 $DLOR\alpha$

備考：インデックス α は現場で考慮の必要な照明器具が傾斜角 α で設置されていることを示す。

- ・ 被照面（設計エリア）に関連する全ての照明器具の照明率 u
- ・ 被照面（設計エリア）の反射率 ρ_1
- ・ 周辺領域の反射率 ρ_2
- ・ 被照面（設計エリア）の所要維持照度 $\bar{E}_m$
- ・ 被照面（設計エリア）の設計初期照度 $\bar{E}_i$

UFR は次の式から得られる。

$$R_{UF} = \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m} \left[1 + \frac{R_{ULO,\alpha}}{\rho_1 \cdot u} + \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{R_{DLO,\alpha} - u}{u} \right) \right] \quad (4)$$

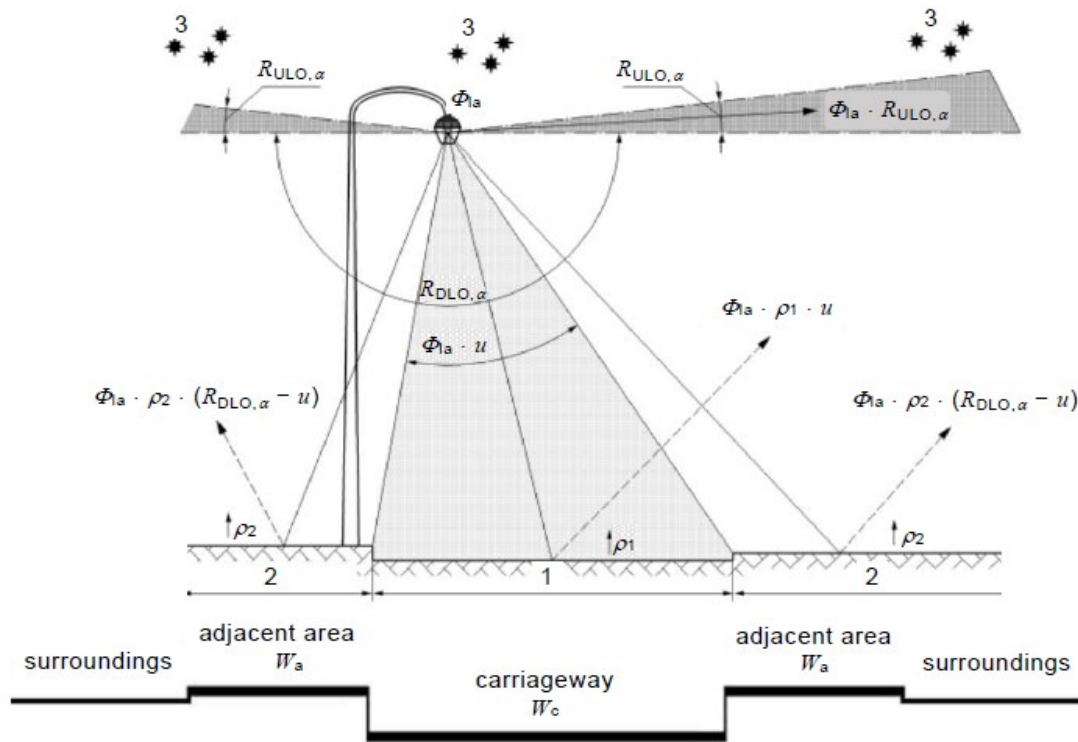
備考 1：道路照明で、被照面の設計要件が輝度に基づく場合、平均照度の比率 $\bar{E}_i/\bar{E}_m$ を平均輝度の比率 $\bar{L}_i/\bar{L}_m$ に置き換えることができる。

備考 2：UFR の式（式 4）の導出を付録 D に示す。

図 6 に、道路照明の場合に式 4 に基づいて UFR を計算するためのパラメータを示す。

道路照明の場合、車道に隣接する領域は、たとえば CIE Publication 115:2010（CIE, 2010）に規定された光以外にも照射される。隣接領域を考慮する場合、拡張基準領域 $W_c + 2W_a$ の照明率 u' を UFR の計算で考慮する必要がある。この拡張基準領域 R'_{UF} の UFR は、以下の式を使用して、車道の UFR から推定することができる。

$$R'_{UF} = \frac{\rho_1 W_c}{\rho_1 W_c + \rho_2 W_a} \cdot R_{UF} \quad (5)$$



- 1 車道
- 2 周辺（両側の無限の領域）
- 3 夜間の天空発光
- ϕ_a 関連するすべてのランプ光束
- $R_{ULO, \alpha}$ 傾斜角 α の照明器具の上方光束比
- $R_{DLO, \alpha}$ 傾斜角 α の照明器具の下方光束比
- W_c 車道幅員
- W_a 隣接領域の幅、車道の両側で同じ
- ρ_1 車道の平均反射率
- ρ_2 周辺領域の平均反射率（隣接領域を含む）
- u 車道に設置された器具の照明率

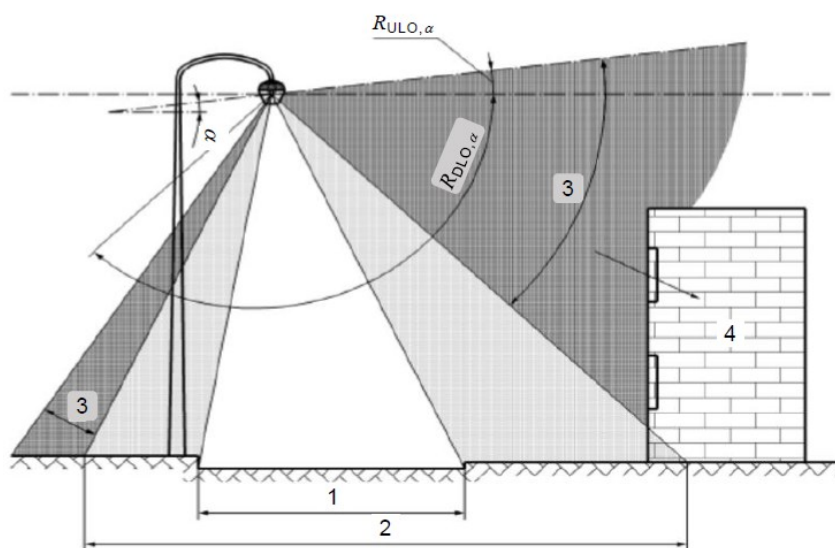
英語	日本語訳
surroundings	周辺
adjacent area	隣接領域
carriageway	車道

図 6 - 道路照明の場合の UFR の計算のためのパラメータ

6.4.4 主要な3つのタイプの屋外照明の UFR の計算例

6.4.4.1 道路照明

図 7 に、直線道路に一般的に設置されている単一照明ポールの状態を示す。



1 車道の要件

2 必要な照明

3 漏れ光

4 侵入光

α 上方光束比（対照明器具） $R_{ULO, \alpha}$ 及び下方光束比（対照明器具） $R_{DLO, \alpha}$ を生成する照明器具の発光面の傾斜角度

図 7 -直線道路に配置される一般的な道路灯からの光の広がり（妨害の条件）

車道では、対応する照明率 u と一緒に平均維持輝度または平均維持照度が提示される。道路照明の要件に従って車道の隣接領域にも照明が必要な場合は、図 6 に示す、平均輝度または平均照度と照明率 u の適用範囲を用いる。

表 10 に、道路と周辺領域の基準的な反射率をパラメータとした場合の道路照明の UFR を、式 4 に基づき計算した結果を示す。

この表は、一般的な道路照明器具の配光のパラメータを設定することにより作成されている。主要なパラメータを以下に示す。

$$\frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m} = 1.30;$$

$$R_{ULO, \alpha} = 0.03;$$

$$R_{DLO, \alpha} = 0.77;$$

$$u = 0.40.$$

表 10 - 道路表面及び周辺領域用の異なる反射率での道路照明の UFR

道路照明		周辺の反射率 (ρ_2)		
		低 (0.05)	中 (0.15)	高 (0.30)
道路表面の反射率 (ρ_1)	低 (0.04)	5.2	8.2	12.8
	中 (0.08)	3.3	4.8	7.0
	高 (0.16)	2.3	3.1	4.2

また、都市部の街路照明が周辺領域の照明に必要な場合は、付録 D を参照し、この影響を UFR により評価すべきである。

6.4.4.2 公共施設照明

表 11 に、基準面及び周辺領域の基準的な反射率をパラメータとして、式 4 に基づいて計算した公共施設照明の UFR を示す。この表は、一般的な公共施設照明器具の配光のパラメータを設定することにより作成されている。主要なパラメータを以下に示す。

$$\frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m} = 1,30;$$

$$R_{ULO,\alpha} = 0,15;$$

$$R_{DLO,\alpha} = 0,60;$$

$$u = 0,25.$$

表 11 - 基準面及び周辺領域用の異なる反射率での公共施設用照明の UFR

公共施設用照明		周辺の反射率 (ρ_2)		
		低 (0.05)	中 (0.15)	高 (0.30)
道路表面の反射率 (ρ_1)	低 (0.04)	23	28	35
	中 (0.08)	12.2	14.5	17.9
	高 (0.16)	6.7	7.9	9.6

6.4.4.3 屋外のスポーツ及びエリア照明

表 12 に、屋外のスポーツ及びエリア照明用の UFR の要件を示す。この表は、一般的に屋外スポーツ照明に用いられる投光器の配光パラメータを設定することにより作成されている。主要なパラメータを以下に示す。

$$\frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m} = 1,30;$$

$$R_{ULO,\alpha} = 0,03;$$

$$R_{DLO,\alpha} = 0,75;$$

$$u = 0,35.$$

表 12 に、道路表面および周辺領域の基準的な反射率をパラメータとして、式 4 に基づいて計算した UFR を示す。

表 12 - フィールド/領域及び周辺領域の異なる反射率でのスポーツ及び領域照明の UFR

スポーツ及びエリア照明		周辺の反射率 (ρ_2)		
		低 (0.05)	中 (0.15)	高 (0.30)
道路表面の反射率 (ρ_1)	低 (0.04)	5.9	9.7	15.2
	中 (0.08)	3.6	5.5	8.3
	高 (0.16)	2.5	3.4	4.8

備考：UFR の式は、照明器具ごとに異なる仕様（光束・配光など）を考慮して加算する必要がある。また、同じ照明器具でもランプのワット数が異なる場合、照射される光束量が変わるため、その相違を考慮する必要がある。一般的には、1 つの照明器具で照明設備を代表することはできない。しかしながら、当該エリア周囲に設置されたすべての照明器具を示す配置図は、照明の設計段階では、本ガイドの照明設計者およびユーザーを助けるのに十分である。

6.4.5 90°～110° ($I_{90^\circ\sim 110^\circ}$) の光度の決定

照明設備で使用する照明器具の光度データは、試験室での配光測定結果から求める必要がある。

7.5 光幕輝度の測定

L_v を直接測定するには CCD ベースの測定器を用いることができる。しかし、測定器を入手できず、運用中に適合性の評価が必要な場合、7.4.2 と初期設計値とを比較した値に従って、視野内の各照明器具から視点方向への光度を測定する必要がある。

7.6 ULR、UFR の測定

施設の現場で、ULR または UFR を測定することはできない。運用中に施設の適合性の評価が必要な場合には、該当する状況に対して、3.6.5 に示された許容最大値に照明器具が対応しているかどうかを調べるために、照明器具の種類と照射角度に注意しなければならない。

付録 C

表 3 の導出

CIE 150:2003 で規定された指定方向の照明器具の光度の最大値は、グレア源と観測者間の距離によって決まてはいないが、障害的なグレア効果の評価には輝度の最大値 $\bar{L}_{s,max}$ を使用することが、より有益で正確である。そのため、表 3 に示す光度の最大値を導出するために、ここでは輝度の最大値を使用する。結果的に、表 3 に示す光度の制限値 $I_{s,max}$ はグレア源と観測者間の距離によって決定される。

技術的なグレア源の許容平均輝度の最大値を計算する際に、次の式を使用する場合がある。

$$\bar{L}_{s,max} = k \sqrt{\frac{L_b}{\Omega_s}} \quad (C.1)$$

$I_{s,max} = \bar{L}_{s,max} \cdot A$ と仮定することで次の式が導き出される。

$$I_{s,max} = k \sqrt{\frac{L_b}{\Omega_s}} \cdot A_p \quad (C.2)$$

$$I_{s,max} = k \sqrt{L_b} \cdot \sqrt{A_p} \cdot d \quad (C.3)$$

ここで

$\bar{L}_{s,max}$ は関連する立体角 Ω_s で平均を求めた、グレア源の許容平均輝度の最大値[cd/m²]

$I_{s,max}$ はグレア源の許容される光度の最大値[cd]

L_b はグレア源の背景/周辺の支配的な輝度測定から得られる周辺輝度が 0.10 cd/m² より小さい場合、 $L_b = 0.10 \text{ cd/m}^2$ を計算に使用する。

Ω_s は観測者（入射ポイント）の位置から観測されるグレア源の立体角[sr]

A_p は観測者の位置から観測されるグレア源の見かけの面積[m²]

d はグレア源と観測者の位置の距離[m]

k は $I_{s,max}$ の限界値を決定するために使用する比例定数

式 C.1 の範囲は $0.10 \text{ cd/m}^2 \leq L_b \leq 10 \text{ cd/m}^2$ かつ $10^{-7} \text{ sr} \leq \Omega_s \leq 10^{-2} \text{ sr}$ に制限される。表 3 は $L_b = 0.10 \text{ cd/m}^2$ とした場合に基づいている。

背景輝度が 0.10cd/m² より大きい場合、補正された許容される光度の最大値 $I'_{s,max}$ を使用する必要がある。これは、次のように計算される。

$$I'_{s,max} = I_{s,max} \cdot \sqrt{\frac{L_b}{0.10}} \quad (C.4)$$

評価されたグレア源の光度 I_s は、式 C.3 または C.4 と表 C.1.に従って算出した値 $I_{s,max}$ を超えてはならない。このことは、1 回あたり 1 時間を超えて 1 週間に数回点灯されるような照明に適用される。照明がこれより短い時間、または低い頻度で点灯される場合、 $I_{s,max}$ よりも高い限界値を使用することができる（スポーツ施設など）。これは状況ごとに個別に扱う必要がある。

この評価方法は、観測者の位置から見てグレア源が視界に入る状態でのみ使用することができる。グレア源は視界で確認できる最も目立つ光の対象物であることが多く、一般的に目は無意識にそちらに向けられるため、グレア源の照射方向は視線方向とみなされる。

表 C.1－ 環境区域 E0～E4 に基づく暗い時間帯での光源の許容される光度の最大値 $I_{s,max}$ を決定するために使用される比例定数 k

環境区域	比例定数 k	
	減灯時間前	減灯時間以降
E0	0	0
E1	32	0
E2	64	32
E3	96	32
E4	160	32

従来の照明器具の発光エリアが（平均）直径 80cm 未満の楕円形または円形と仮定すると、表 C.2 に示すように、発光エリアのサイズに基づいて多数の照明器具グループを導出することができる。この表は、これらのグループのそれぞれに対応する代表面積を示し、表 3（Brewig、2008）の値の計算に使用された。

表 C.2－ 光源の許容される光度の最大値 $I_{s,max}$ の仕様に使用される代表領域の決定

パラメータ	照明器具の幾何学的等級（平均直径による）				
	2cm-5cm	5cm-10cm	10cm-20cm	20cm-40cm	40cm-80cm
照明器具グループ (面積 A m ²)	$0.0003 < A \leq 0.002$	$0.002 < A \leq 0.01$	$0.01 < A \leq 0.03$	$0.03 < A \leq 0.13$	$0.13 < A \leq 0.50$
平均直径 cm	3.2	7.1	14.1	28.3	56.6
対応する 代表面積 m ²	0.0008	0.004	0.016	0.063	0.251

ここで、測定に使用する照度計及び輝度計の誤差の許容範囲や測定の正確さ（正しい方向、フォーカス、姿勢など）を考慮した場合、評価対象のグレア源の測定光度 I_s が対応する限界値を 30% 超えた場合のみ、その測定結果を根拠に $I_{s,max}$ を正式に制限することができる。各パラメータのために想定される相対誤差は、 L_b (20%)、 A (20%)、かつ d (10%) となる。

付録 D

UFR 式の導出

この付録で示す障害光に寄与する光束は、照明設計ソフトウェアで容易に計算できる。

図 5 で示された照明設備全体を代表する単一照明ポールに適用される式 D.1 は、空に向かって失われる可能性のある最大上方光束 UPF_{max} (記号 $\Phi_{UP,max}$) を計算することで、光束バランスを示す。そのため、次のようになる。

$$\Phi_{UP,max} = \Phi_{la} [R_{ULO,\alpha} + \rho_1 u + \rho_2 (R_{DLO,\alpha} - u)] \quad (D.1)$$

ここで

Φ_{la} は搭載されたすべてのランプ光束

$R_{ULO,\alpha}$ は照明器具の傾斜角 α での照明設備の上方光束比 (対照明器具)

$R_{DLO,\alpha}$ は照明器具の傾斜角 α での照明設備の下方光束比 (対照明器具)

ρ_1 は基準面の平均反射率

ρ_2 は周辺の平均反射率

u は基準面 S に対する照明設備の照明率

この式は、最大上方光束 (UPF_{max}) の源となる 3 つの成分、つまり、照明器具から直接照射される成分、基準面で反射する成分、無限と考えられる平面に代表される周辺で反射する成分の合計を明確に示している。

式 D.1 では、照明設備に搭載されるすべてのランプ光束 Φ_{la} は、維持照度 (または輝度) のレベルと照明計画固有の保守率 f_m によって決まる。 UPF_{max} をこれらの数値に関連付けて表現する必要がある。

照明設計で与えられる基準面 S の照明設備による初期平均照度 $\bar{E}_i$ は、次のようにする必要がある。

$$\bar{E}_i \geq \frac{\bar{E}_m}{f_m} \quad (D.2)$$

ここで

$\bar{E}_m$ は基準面 S で必要な平均維持照度

照明設計で与えられる平均維持照度 $\bar{E}'_m$ は次のとおりである。

$$\bar{E}'_m = \bar{E}_i \cdot f_m \quad (D.3)$$

照明率 u は次のように表現される。

$$u = \frac{\bar{E}'_m \cdot A_f}{f_m \cdot \Phi_{la}} = \frac{\bar{E}_i \cdot A_f}{\Phi_{la}} \quad (D.4)$$

ここで

A_r は基準面 S の面積

ここから、次の式を導出できる。

$$\Phi_{la} = \frac{\bar{E}'_m \cdot A_r}{u \cdot f_m} = \frac{\bar{E}_i \cdot A_r}{u} \quad (D.5)$$

$$\Phi_{UP,max} = \frac{\bar{E}'_m \cdot A_r}{f_m} \cdot \left[\frac{R_{ULO,\alpha}}{u} + \rho_1 + \rho_2 \left(\frac{R_{DLO,\alpha}}{u} - 1 \right) \right]. \quad (D.6)$$

結果、 $\Phi_{UP,max}$ は以下のように表される。

UPF_{max} 、 UPF_{min} (記号 $\Phi_{UP,min}$) の最小値は $R_{ULO,\alpha} = 0$ 、 $R_{DLO,\alpha} = u$ 、 $f_m = 1$ 、かつ $\bar{E}_m = \bar{E}'_m$ のときに得られる。そのため、次のようになる。

$$\Phi_{UP,min} = \rho_1 \cdot \bar{E}_m \cdot A_r. \quad (D.7)$$

したがって、拡張上方光束倍率は次の式で表現できる。

$$R_{UF} = \frac{\Phi_{UP,max}}{\Phi_{UP,min}}. \quad (D.8)$$

式 D.6 及び D.7 を使用して、次の式が導出される。

$$R_{UF} = \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m} \cdot \left[1 + \frac{R_{ULO,\alpha}}{\rho_1 \cdot u} + \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{R_{DLO,\alpha} - u}{u} \right) \right]. \quad (D.9)$$

6.4.3 で説明したように UFR の計算が幅員 W_c の車道と隣接領域 $2W_a$ に適用され、隣接領域の平均反射率が周辺の平均反射率 ρ_2 と同じ場合、 $\Phi_{UP,max}$ は変動しない。次の式が適用される。

$$\Phi_{UP,max} = \Phi_{la} \left[R_{ULO,\alpha} + \rho_1 u + \rho_2 (u' - u) + \rho_2 (R_{DLO,\alpha} - u') \right] = \Phi_{la} \left[R_{ULO,\alpha} + \rho_1 u + \rho_2 (R_{DLO,\alpha} - u) \right] \quad (D.10)$$

ここで

u' は拡張基準領域 $W_c + 2W_a$ の照明率

ただし、同時に、 $\Phi_{UP,min}$ は反射率と面積により変化する。 $\bar{E}_m/2$ が各隣接領域の要件であるとする ($\bar{E}_m$ は車道の要件)、隣接領域での係数が 50% の場合、式 D.7 は次のようになる。

$$\Phi_{UP,min} = \rho_1 \cdot \bar{E}_m \cdot A_c + 2\rho_2 \frac{\bar{E}_m}{2} \cdot A_a = \rho_1 \cdot \bar{E}_m \cdot W_c \cdot s + 2\rho_2 \frac{\bar{E}_m}{2} \cdot W_a \cdot s = (\rho_1 \cdot W_c + \rho_2 \cdot W_a) \cdot s \cdot \bar{E}_m \quad (D.11)$$

ここで

s は設備の照明器具の設置間隔

W_c は車道幅員

W_a は一方の隣接領域の幅

A_c は1つの照明器具の設置間隔内の車道の面積 ($A_c = W_c \cdot s$)

A_a は1つの照明器具の設置間隔内の一方の隣接領域の面積 ($A_a = W_a \cdot s$)

最後に、1つの設置間隔に限定された車道については $\Phi_{UP,max}$ は次のようになる。

$$\Phi_{UP,max} = \bar{E}_i \cdot W_c \cdot s \cdot \left[1 + \frac{R_{ULO,\alpha}}{\rho_1 \cdot u} + \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{R_{DLO,\alpha} - u}{u} \right) \right], \quad (D.12)$$

また、同じ限定領域の拡張上方光束倍率 R'_{UF} は次のようになる。

$$R'_{UF} = \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m} \cdot \frac{W_c}{W_c + \frac{\rho_2}{\rho_1} W_a} \cdot \left[1 + \frac{R_{ULO,\alpha}}{\rho_1 \cdot u} + \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{R_{DLO,\alpha} - u}{u} \right) \right] \quad (D.13)$$

式 D.9 を考慮し、一方の限定された車道領域の拡張上方光束倍率は次のように表現できる。

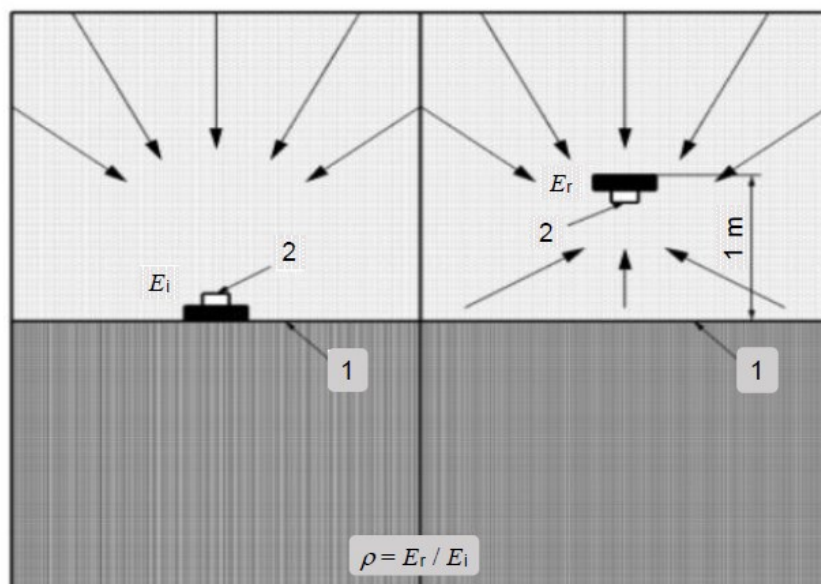
$$R'_{UF} = \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_m} \cdot \frac{W_c}{W_c + \frac{\rho_2}{\rho_1} W_a} \cdot \left[1 + \frac{R_{ULO,\alpha}}{\rho_1 \cdot u} + \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{R_{DLO,\alpha} - u}{u} \right) \right] \quad (D.13)$$

輝度要件に基づく道路照明設計の場合、道路面の反射率 ρ_1 が高くなると初期平均照度 E_i が低トし、結果的に反射による漏れ光が少なくなることに注意が必要である。

付録 E

路面反射率の決定

反射率の不明な、ある程度の拡散性をもつ路面の反射率 ρ をおおよそ特定する方法を図 E.1 に示す。図では、同じ光（通常は日光）の条件下での 2 つの状況を示す。



- 1 表面部分
- 2 照度計

図 E.1 - ある程度の拡散性を持つ路面反射率の現場測定

照度 E_i の連続測定間での予期せぬ変動を制限するため、測定面の中心にフォトセルを配置した照度計を使用して、ある 1 つのポイントで照度を測定する。

路面の照明レベルが変化しないことを確認しながら、高さ 1m で路面の最初のサンプルポイントから路面に平行になるように 2 つめの照度 E_r を測定する。この照度の測定値は、路面で反射した光束によるものである。しかし、高さ h により、他の構造体の表面から反射する光束または他の光源から直接入射する光束が制限されることがあるため、2 回の測定中、測定者は測定面の中心から同じ距離の場所にいないといけない。

実際に、測定される照度と対応する光束は比例し、比率 E_r / E_i は反射率の定義である反射光束と直接入射する光束の比率と同じになる。この方法で、基準面の平均反射率 ρ_1 と、実際の現場の周辺の平均反射率 ρ_2 を特定することができる。

表 E.1 には屋外で一般的に使用される素材の反射率を示す。

表 E.1 - 一部の素材の反射率（拡散し、汚れのないもの）

素材	反射率
コンクリート(中間シェード)	0.3 ~ 0.4
淡黄色のレンガ	0.35
茶色のレンガ	0.30
赤のレンガ	0.15
ピンクの花崗岩	0.30
灰色の花崗岩	0.10 ~ 0.15
明るい大理石	0.5 ~ 0.6
淡色の大理石	0.3
暗い大理石	0.15
明るい石	0.5
石（中間シェード）	0.3
暗い石	0.15

付録

CIE 150: 2017 目次

CONTENTS

Summary	VI
Résumé	VI
Zusammenfassung	VII
1 Scope	1
2 Terms and definitions	1
3 Potential obtrusive effects and associated light technical parameters	2
3.1 The purposes of outdoor lighting	2
3.2 Total environmental effects of a development	2
3.3 Potential effects of outdoor lighting	3
3.4 Influence of surrounding developments	3
3.5 Specific effects and relevant light technical parameters	4
3.5.1 Effects on residents	4
3.5.2 Effects on transport system users	4
3.5.3 Effects on sightseers	5
3.5.4 Effects on astronomical observations	5
3.6 Recommended limits for light technical parameters	6
3.6.1 Basis of recommendations	6
3.6.2 Applicable limits	6
3.6.3 Determination of compliance	7
3.6.4 Basis for differentiation of limits according to area type	8
3.6.5 Recommended maximum values of light technical parameters for the control of obtrusive light	8
4 Design, installation, operation and maintenance	11
4.1 Design objectives	11
4.1.1 Establishment of objectives	11
4.1.2 Functional or performance-related objectives	12
4.1.3 Environmental objectives	12
4.2 Design guidelines	15
4.2.1 Examination of alternatives	15
4.2.2 Location of illuminated area/activity	15
4.2.3 Selection of luminaires	15
4.2.4 Siting and aiming of luminaires	15
4.2.5 Reflective properties of illuminated surface	16
4.3 Installation and commissioning	16
4.4 Operation	17
4.5 Maintenance	17
4.6 Remedial measures for existing installations	18
5 Documentation of lighting design	18

5.1 Statement of objectives	18
5.2 Supporting documentation	18
5.2.1 General	18
5.2.2 Information relating to the environment	19
5.2.3 Information relating to the lighting installation	19
5.2.4 Information relating to the operation of the lighting	19
5.3 Check measurements and appraisals	19
6 Calculation of light technical parameters	20
6.1 Determination of illuminance	20
6.1.1 General	20
6.1.2 Illuminance calculations	20
6.2 Determination of luminous intensities	20
6.2.1 General	20
6.2.2 Luminous intensity calculations	21
6.3 Determination of veiling luminance	24
6.3.1 General	24
6.3.2 Calculation of veiling luminance	24
6.4 Determination of the upward light parameters	24
6.4.1 General	24
6.4.2 Calculation of the upward light ratio (ULR)	25
6.4.3 Determination of upward flux ratio (UFR)	25
6.4.4 Calculation examples of UFR for three main types of outdoor lighting	28
6.4.5 Determination of luminous intensities between 90° and 110° ($I_{90^{\circ}-110^{\circ}}$)	30
6.5 Determination of average surface luminance	30
6.6 Calculation of average surface luminance	30
7 Measurement of light technical parameters	30
7.1 Status of measurements	30
7.2 General measurement conditions and reporting of results	30
7.2.1 Types of measurements	30
7.2.2 Record of measurements	31
7.2.3 Interpretation of measured values	31
7.3 Measurement of illuminances	32
7.3.1 General methodology	32
7.3.2 Measuring instrument	32
7.3.3 Measurement conditions and procedures	32
7.4 Measurement of luminous intensity	32
7.4.1 General methodology	32
7.4.2 Measurement procedures	32
7.5 Measurement of veiling luminance	33

7.6 Measurement of upward light parameters	33
7.7 Measurement of surface luminances	34
7.7.1 General methodology	34
7.7.2 Measurement conditions and procedures	34
Annex A Illustration of floodlight classification	35
Annex B Illustrations of luminaire accessories for limiting obtrusive light	37
Annex C Derivation of Table 3	38
Annex D Derivation of UFR formula	40
Annex E Determination of the reflectance of the ground surface	43
References	44
Bibliography	45

付 録

英語サマリー

Summary of the report

“The investigative committee on the revision of the guideline for measures against light pollution” has investigated the contents of CIE150: 2017 revised from CIE150: 2003 and the tasks for applying CIE150: 2017 to “the guideline for measures against light pollution” considering the circumstances of nocturnal outdoor light environment in Japan.

This report consists of 6 chapters.

In Chapter 1, the purpose, the activities and the members of the committee are mentioned. The outline of the discussions in the 4 committee meetings and in the 4 sub-committee meetings are also summarized.

In Chapter 2, some relevant domestic standards with CIE150: 2003 are introduced and the parts of them that should be revised in the near future are pointed out.

In Chapter 3, the process of the revision of CIE 150: 2017 from CIE 150: 2003 and the contents revised /additional contents are summarized.

In Chapter 4, the test calculations of the light parameters as well as the difficulties and the tasks for applying CIE150: 2017 to Japanese circumstances are shown.

In Chapter 5, the characteristics and technical views of LED luminaires that have already been popular for outdoor lighting are reviewed.

In Chapter 6, the contents of the report are summarized and the tasks that need more consideration are concluded as follows.

After the investigations and discussions of the committee, it was identified that the following items needed more considerations for applying CIE150: 2017 to a revision of “The guideline for measures against light pollution”.

1) Definition of environmental district considering land use in Japan

The land use quite differs depending on the region even in the places with the same distance from a certain point, because the land area in Japan is small. It is necessary to define which area should keep the recommended level due to the environmental district considering the land use in each region.

2) Definition of how to calculate the apparent luminous area of the lighting fixture

It is easy to calculate the apparent luminous area of the lighting fixture using measurements. However, it will be much safer for regulating the limitation of luminous intensity in the cases with the smaller apparent luminous area by calculating the area only for the luminous area with high luminance. It is necessary to examine which area of the luminaire causes glare in actual situations.

3) Field survey on the reflectance of surroundings in each environmental district

The applicable luminaires that can keep the limitation of UFR depend on the average reflectance of the surroundings. Especially in the environmental district E1, the limitation of UFR sometimes cannot be kept for higher average reflectance of the surroundings even with the luminaires with 0 in $R_{ULO, \alpha}$. The conditions of the applicable luminaires in each environmental district should be identified based on the field investigation on the kinds and approximate range of the reflectance of reflecting materials exist in each environmental district.