

# 山村文化環境における 電力照明と光（ひかり）害

## —LED 照明光源の適応性—

電力照明の歴史は人類社会と環境負荷を大きく変えた。顕著なことは夜間活動が可能となり、これまでの農山漁村を形成していた第一次産業型社会から、第三次産業型都市社会へと、進化は急速に展開された。

急速な進化の過程で農山漁村社会は過疎となり、都市社会は過密となって環境諸問題を発生している。また都市型整備を農山漁村へ安易に持ち込み、環境破壊を生む。農山漁村社会を都市化するのではなく、それぞれが棲み分け、交流を通じた文化享受の提言と、最新照明技術の活用例から考察する。

---

田中 文夫 (神奈川県)

---

[ 建築設備技術者協会 (JABMEE SENIOR) ]

---

### 1 はじめに

光と動植物との関係は、種の発生から繁栄・滅亡に至るまで切り離しえない。光は受容体を経て視覚世界の認識と活動はもとより、動植物ホルモンに作用し、生体リズムの諸調整機能も果たしている。

元来光は太陽や火などの自然光を指していた。しかし人類が人工の光、電力照明光を用いるようになってからは、生体リズムという個の変化と、個が形成する社会生活リズムとが同期しなくなり、このずれが環境諸問題を発生させている。

人類の活動は益々グローバル化し、その活動を経済合理性だけで評価すると、社会の活動リズムからは睡眠時間帯が失われた24時間活動となり、エネルギーの供給と消費は増大するばかりとなる。

1879年エジソンが電球を発明して以来、電力照明は人類の文化と文明を大きく変えてきた。地球創生46億年からみれば、電力照明の歴史はほんの一瞬である。その一瞬の間に、電力照明は人類の活動パターンをドラスチックに変えた。夜間活動を増大させ、または不眠不休な24時間活動を助長し、エネルギー消費時間を2～3倍(8H×2～8H×3)へと増大させてきた。

一方18世紀の産業革命以降、機械化文明は増大の一途を辿っている。科学脳を発展させ、技術を駆使し、マクロな宇宙分野からマイクロなナノテクノロジー分野に至るまで、相対性理論の応用から量子力学等を駆使した探求を深めている。

かつての重・厚・長・大型技術から、軽・薄・短・小型技術へと変わり、超小型コンピュータ内蔵機械はユビキタス社会到来を

も目指している。そのことは個別エネルギー消費を低減させてはきたが、その普及に伴うシステムとした、人類社会のエネルギー消費は拡大の一途を辿っている。

エネルギーを消費することは、エネルギーを供給しなければならず、消費と供給に伴う二酸化炭素増大の例は、地球温室効果によって気候変動をもたらせる、という現代文明認識の定説を成している。

電力照明による夜間活動の増加は、限らない人間の欲望を増長させ、経済合理性とともに都市へと集約されてきた。その利便性は自由主義経済のもとで益々顕在化し、都市は肥大化し、不夜城となる。

山村、農村、漁村といった自然のリズムに合わせる第一次産業（生命維持産業）型社会の下では24時間活動とならず、都市型社会に比べエネルギー消費密度は疎となる。第一次産業型社会は都市型第三次産業社会に比べるまでもなく、自由主義経済体制のもとでの費用対効果は低く、経済価値基準で比較されるならば明らかに劣る。

近年農業は太陽光と電力照明光を組み合わせ、または電力照明光のみを光源とした植物育成工場を作り、第二次産業化もおこなわれている。さらにLED（発光ダイオード：Light Emitting Diode）を植物工場の光源に活用する研究<sup>1</sup>がおこなわれているが、その成果と方向は未知数である。

自然エネルギーの活用面から考察すると、宇宙基地における植物摂取や疑似地球環境確保には有効となるが、人類の食用植物育成にとっては、太陽光エネルギーの有効活用を図るべきである。

夜間電力照明の拡大は利用者（人）にとっては必要な光環境であるが、利用せぬ生

活者（人）にとっては無用な光となり、事例によっては生活者（人）に光害を及ぼす。また光を感知する動植物にとって、夜間の電力照明はその生態に影響を与える。これまでの文化は、動植物への影響を無視しがちであった。しかし近年、環境配慮設計思想が広まり、生活者や動植物へ積極的に配慮した電力照明が心掛けられている。

このように夜間の電力照明は、人間のライフスタイルや自然循環型地球環境へ多大な作用を及ぼし、地球環境諸問題を人為的に発生させる、主因の一つである。

山村という自然の中に人々が住まい、生活している文化環境の中で、電力照明による光害を以下に考察してみる。

## 2 光害の定義

環境白書<sup>2</sup>によれば「光害（Light Pollution）」の定義はなく、「光害（ひかりがい）対策等」が次のように記されている。

『光害対策ガイドライン、地域照明環境計画策定マニュアル及び光害防止制度に係るガイドブック等を活用して、地方公共団体における良好な照明環境の実現を図る取組を支援します。また、「全国星空継続観察」（スターウォッチング・ネットワーク）を引き続き実施します。』

環境省「光害対策ガイドラインⅡ-1-3<sup>3</sup>」では光害を以下のように定義している。『良好な「照明環境」の形成が、漏れ光によって阻害されている状況又はそれによる悪影響を「光（ひかり）害」と定義する。狭義には、障害光による悪影響をさす。』

しかし漏れ光ばかりでなく、照明領域の中にあっても、活用する側にとっては益と

なり、不要とする側にとっては害となる相対性がある。依って立つ視点の差異により益と害は相反した、主観的存在となる。さらに利用する側にあっても、照明光の必要以上の眩しさ（グレア=glare）は障害光となり、客観的数値領域に集約される。

このことから光害は照明の漏れ光だけでなくすべての照明光に存在し、照射される側の主観に応じて益と害が相反する。

さらに人間が設定した照明領域に動植物も存在し、少なからず影響を受ける。次項から動物や植物と光の関係を述べるが、照明光を「光害」と認識できるのは人間のみであり、人間は照明光を発するスイッチを押し、その光の量（光束）・質（波長・色温度・輝度）・時間帯等を設定し、照射領域を制御する。

電力照明光は動植物等の生命活動へも大きな影響を及ぼすが、動植物らはそれらの光環境にただ反応作用するばかりである。ホタルやホタルイカのように、自ら発光する動物も存在するが、他の種に害を及ぼす光ではない。動物は回避行動がとれるが植物はそれができないので、適応か不適応によって成長と淘汰に分かれてしまう。

このように太陽光以外に発する電力照明光害は、『動物や植物の自然生態を壊す光』ともなり、山村文化環境においては特に留意しなければならない。

以上のことから環境省の光害定義は十分でなく、以下のように修正定義を試みる。

『光（ひかり）害とは、人の視野において不快と感ずる光、および動物や植物の自然生態を壊す光』

### 3 虫と照明光

地球は「水の惑星」とともに「虫の惑星」とも呼ばれ、110万種を超える膨大な種が、人類よりも古くから淘汰を重ね、地球環境の変化に適応し生存を続けている。

山村文化環境においては虫との関わりが大きく、夜間の電力照明光が虫に及ぼす影響も大きい。

「昆虫」の「昆」は「たくさん」を意味する中国語と言われ、「虫」は甲殻類だけでなく、蛇やトカゲなどの哺乳類以外の奇妙な生物を意味する言葉<sup>4</sup>といわれる。

昆虫の視感度は240～620nm、人間の視感度380～780nmよりも約140～160nm短い波長側に寄る（[図一1]参照）。短い240～380nmの波長帯は紫外線領域となり、人間と虫とでは異なった視覚世界となる。

人類は昆虫よりも遅れて発生したが、圧倒的な知能をもって昆虫を支配している。ミツバチのような活用もあるが、多くの昆虫は嫌われ、「虫けら」と呼ばれて殺戮対象になっていた。しかし現代のエコロジー思想は、進化と淘汰を重ねてなお生息を続ける昆虫の科学的研究により、これらを人類生存技術へ応用すべく、諸研究が展開されている。

向光性のある昆虫類は認識する光の波長に向って飛来する。最大は波長360nm付近の紫外線領域である（[図一1]参照）。

昆虫の飛来を害とみなす場合の人間行動は、紫外線を発光する電撃殺虫灯で誘引し、高電圧で虫を感電死させる。かつて農村では米作保護のため、誘蛾灯を設置し、「害虫」として駆除していたのが代表例である。山村文化環境にあるリゾート施設等でも虫を

邪魔者とし、電撃殺虫灯で殺戮していた。

現在の電力照明技術は、虫が認識する波長帯（主に紫外線領域）を光源から除去する照明手法（UVカット）により、虫が寄り付かない工夫をしている。さらにまた、LEDを照明光源とした場合の発光スペクトルは[図-1]に示すよう、主に虫が視認できる波長帯（虫の視感曲線）より長い帯域にずれ、虫が視認しない領域の波長を発光させている。虫を誘引して殺すのではなく、誘引（視認）しにくい波長帯の発光により、虫が寄り付かない光源となる。

[写真-1][写真-2]は、本年2月に設置された多摩美術大学八王子キャンパス内の外灯を、時刻を前後して撮ったものである。[写真-1]は白色LED外灯（論者設計）、[写真-2]は従来光源のメタルハイドランプである。前者の白色LED外灯は虫が飛来していない。後者は虫がたくさん飛び交い、シャッター時間（約1秒）により軌跡となっている。

メタルハイドランプのような高輝度放電ランプ（HID）は380~400nmの近紫外線帯域から発光させるので、虫の視感曲線における比視感度は60~40%と高いレベルにある。このことから、[写真-2]のように虫が多く飛来してくることが理解できる。

今日最先端のメタルハイドランプにおいては、ランプ自身で紫外線カット（UVカット）をおこなっている。昨年論者が設計した硬式野球場ナイター照明<sup>5</sup>用投光器（6基）では、1500w UVカット・メタルハイドランプ165灯により、平均照度：内野763[Lx]：外野430[Lx]、虫が寄り付かない光源選定としている。

一方、山村文化領域においては電力照明光が、ホタルの生息危機を招いてもいる。

蛍光灯の「蛍光（fluorescence）」はホタル

のような生物が発光する冷光（熱損失がほとんどない発光：luminescence）を意味するが、X線、紫外線、可視光線を吸収した電子が励起して発する電磁波（物理的発光）も含まれている。

「蛍光灯」は管の周囲に光の三原色（R・G・B）を発光する蛍光塗料を塗布し、水銀が発する紫外線を吸収して三原色を発光させており、ホタルの生物発光とは異なった物理的発光である。

ホタルの発光帯域550nm付近は人の比視感度が90~100%と高く、人の目にも明るく見える光である。甲虫の仲間であるホタルは腹部に発光器をそなえ、呼吸に合わせて発光の点滅を繰り返す。卵、幼虫、蛹までの発光は外敵への警報や脅しとして、成虫になると仲間同士のコミュニケーションやラブコールなどに使われる。

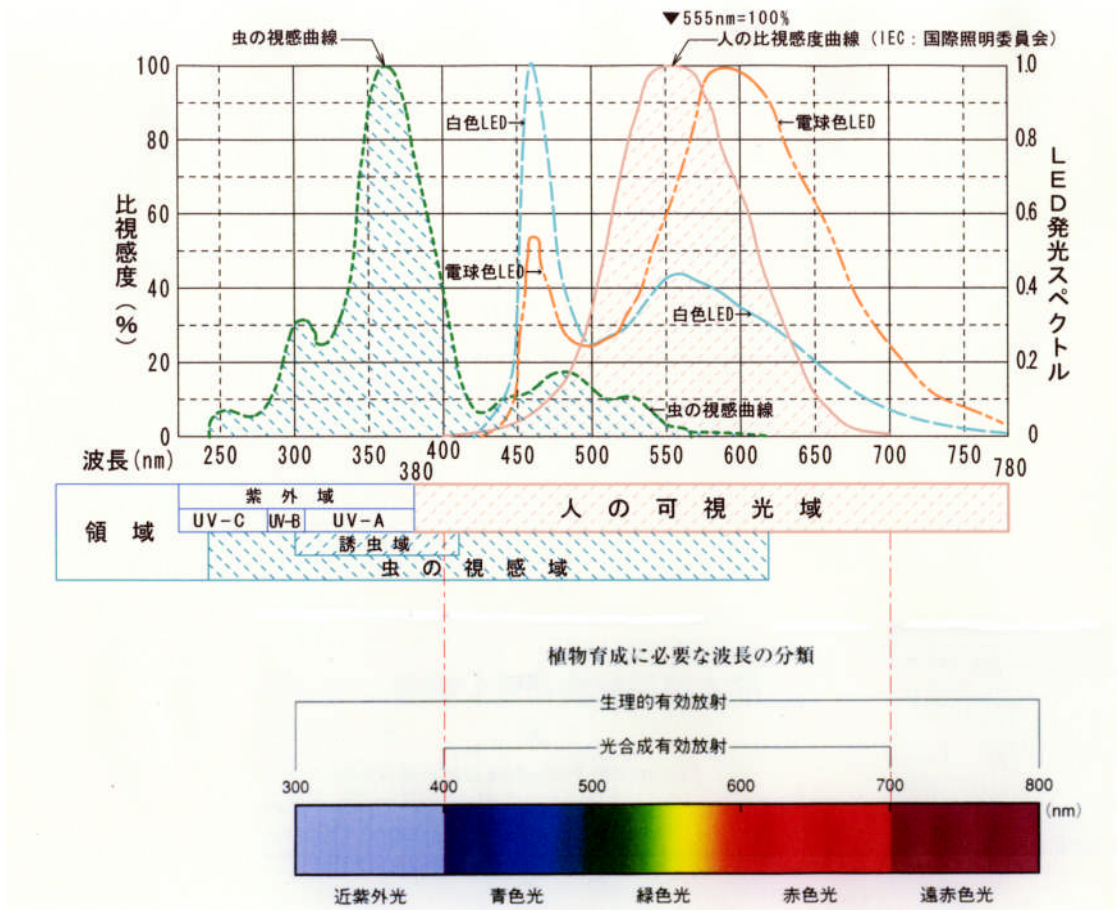
平家ホタルの発光強さは通常時で0.01~0.1[Lx]、最大時で0.5[Lx]（以上約）といわれ、通常時で15cm、最大時で25cm以上離れると測定不能とされる。

日本での街路灯は20w 蛍光灯が主力であり、ホタルにとってこの外灯は前記の生存機能を乱す迷惑な光となる。ホタルの生育環境にとっては電力照明のないことが一番良い。LED外灯照射光を制御し、ホタルと人間の共存ができるか、これからの技術応用となる。

山村文化環境での電力照明光は最小限に抑えることが必要となる。そのために指向性が強いLED光源の特性は配光制御が容易で、野外照明に適している。さらに電球色LED光源は、ホタルの発光波長帯（550nm付近）より赤色（100%=585nm）方向にずれるので（[図-1]参照）、主たる

[ 図—1 ] 人・虫・植物とLEDの波長

(作図：田中文夫)



多摩美術大学八王子キャンパス構内外灯

( 2007.07.13 ) 撮影：田中文夫



[ 写真—1 ] LEDは虫が寄らない



[ 写真—2 ] メタルハライドランプは虫が飛来

照明光を視認しにくくなる。また電球色のLEDは白色LEDよりも人の視感曲線に近接しているので、人の目には明るく見える。

このように山村文化環境において、昆虫と光との新たな関係を築く技術を活用し、従来の殺戮による除去ではなく、虫と光の共存や棲み分け(配光制御)が必要となる。また虫の進化の科学的解明は、さらなる共生の技術を生み出し、21世紀の共存共生と棲み分けをともなう環境社会に貢献できる。

#### 4 野生動物と照明光

日高<sup>6</sup>は「イルリュージョン(illusion)」という概念を提起し、動物と人間の視覚認識の異なりについて述べている。

「人間も人間以外の動物も、イルリュージョンによってしか世界を認知し構築し得ない」という。さらに「人間以外の動物の持つイルリュージョンは、知覚の枠によって限定されているようである。けれど人間は知覚の枠を超えて理論的にイルリュージョンを構築できる」。動物の視覚認識は、それぞれ主体となる動物の視覚特性によって異なり、人間が唱える客観的(科学的)世界認識とは異なるという。それゆえ認識主体たるそれぞれの動物種からみれば、客観ではなく主観となる。それを人間的客観性から見れば「イルリュージョン」とする表現が適している、という。

人間個々の視覚にとっても同様なことが言える。夜間の電力照明光を受ける個体にとり、その光を必要とする個体には光害とならず、その光を必要としない個体にとっては光害となる。

動物にとっての光害は客観的でない主観

的現象であり、まさに個々のイルリュージョンとなる。しかしその中においても客観的な光害は存在する。つまり、動物の視覚能力を大きく超えた光は、必要とする者も、必要でない者も、明らかに障害光となる。照明学会では「グレア<sup>7</sup>(glare)」を定義し、それぞれの分類<sup>8</sup>に数値を定める。

人間以外の動物にとって夜間の電力照明光は不要であり、すべての照明光は光害となる。人間と共有する照明領域を害と認識しないのは飼育動物であり、飼育動物は共生の中で、照明光へ適応している。

野生動物にとっての電力照明領域は人間の生活圏とする学習をし、まずは回避行動をとる。近年野生動物自身での食糧調達が困難となり、山村文化圏内に進出して人間の食糧を奪取する行動が目立っている。彼ら野生動物へグレア光を投射してみると驚いて逃げ、照明光は威嚇手段となる。しかしそのパターンが学習され、直接身体的危険がないことを学習すると、もはや威嚇の効果は薄れる。

山村文化環境においては野生動物との共生を図るより、棲み分けられる環境となった方が良いが、個々の具体策における実態は、様々なケースで苦難と試行が重なる。

動物種の中では格別に知能を発達させ、道具(文明)と言葉(文化)と火(エネルギー)を駆使して築いた人類社会にとり、夜間の電力照明光は現代大きな要素を占めている。日中は活動し、夜間は睡眠とする自然のサイクルは失われ、24時間、365日と連続するフルタイム活動となった。エネルギー消費を急増させ、地球環境問題を引き起こす。しかし野生動物や虫たちにとっての電力照明光は、不要なのである。

## 5 野外植物と照明光

植物と光は切り離しえない。植物の成長は光合成によっておこなわれ、光と二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) に媒介されている。また受光した植物はより多くの光を得ようと光の方向に成長し (屈光性)、受光に対応して細胞内の植物ホルモンを媒介させ、細胞分裂や遺伝子情報転写等を繰り返し、増殖または老化する。

この光は本来太陽光なのだが、光合成が有効におこなわれる範囲が人間の可視光領域と重なる ([ 図一1]参照) ために、太陽光ばかりではなく、**電力照明光**<sup>9</sup> が用いられるようになってきた。

現在電力照明光は、①植物工場 ②種苗工場 ③施設園芸、へと活用されている。照明光の活用形態としては、①完全閉鎖型 ②太陽光併用型とに分かれる。

農山村文化環境ばかりでなく、昨今は都心のビル地下でも試みられ、LED 照明光源の活用も盛んである。この傾向は第一次産業としての農業概念を離れ、第二次産業となる植物製造業へと変身する。

植物工場では水・光・温度・二酸化炭素等を人為的に制御、無農薬で年間 11~12 毛作を可能とし、レタス、サラダナ等を栽培している。完全閉鎖型では高圧ナトリウムランプによって 20,000~24,000 [Lx]と、人間の視覚にとっては光害となる強度の電力照明光を、太陽光に代わって照射する。

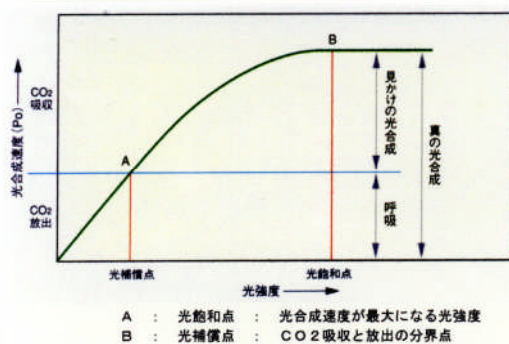
種苗工場も水・光・温度・二酸化炭素等を人為的に制御し、成型苗としてトマト、キュウリ等の良質な苗を、安定・大量に供給を可能とする。完全閉鎖棚式では 3 波長白色蛍光灯によって 15,000~20,000[Lx]

と、前者同様太陽光に代って電力照明光を照射する。

園芸施設ではビニールハウスやガラスハウスと電力照明を併用し、多様な植物の開花制御、安定生産、花落防止、着色、樹勢回復、徒長防止、内成分制御等がおこなわれ、多様な照明光源が用いられている。最新技術としては、LED 光源が活用されている。

植物育成に必要な光の強さは[ 図一2 ]に示すよう、光補償点 : A と光飽和点 : B の間でおこなわれる。その強度は各々植物種によって異なり、[ 図一3 ]に例を示す。

[ 図一2 ] 植物育成に必要な光の強度



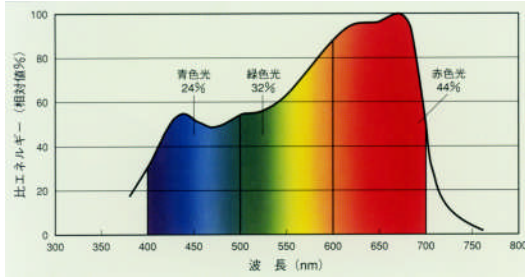
(出典 : 岩崎電気株, 植物育成照明)

[ 図一3 ] 各種植物の光飽和点・光補償点

	光飽和点 (k lx)	光補償点 (k lx)
イネ	40~50	0.5~1
トマト	70	-
ナス	40	2
キュウリ	55	-
エンドウ	40	2
レタス	25	1.5~2
ミツバ	20	1
ブドウ (巨峰)	40	0.4
(デラウェア)	48	0.3
モモ (白鳳)	40	0.2
ナシ (豊水)	40	0.3
オウトウ	40~60	0.4
イチジク (例年ドーフイン)	40	1
セントポーリア	5~10	0.5
シンビジウム	10	0.3
シクラメン	15	0.3
プリムラ・マラコイデス	10	0.4
プリムラ・オブコニカ	10	0.4
アザレア	5	0.1

(出典 : 岩崎電気株, 植物育成照明)

[ 図—4 ] 植物育成に必要な光



黄金比 (青 : 24% 緑 : 32% 赤 : 44%)

(出典 : 岩崎電気㈱, 植物育成照明)

光強度は育成目的により、A—B 間で設定する。また生育目的により、照射する光の波長 (色) と光強度のバランスを設定する。生育促進や着色は赤色光を、丈夫さは青色光を、形や丈夫さは擬似太陽光色を (6,500K)、自然な生育は黄金比 ([ 図—4 ]) に近似させた照明光を照射する。生育促進には高圧ナトリウムランプが適し、着色や丈夫さには高圧ナトリウムランプ + メタルハライドランプが適する。形や丈夫さにはメタルハライドランプ (6500K)、自然な生育にはメタルハライドランプ等 (3000K) が活用される。

LED 光源は青(B)・緑(G)・赤(R)色光のバランス制御が容易である。発熱量が少ないタイプ (非パワー型) の LED は、育成植物へより接近した設置ができることから、コンパクトな施設が可能となり、段積みした棚形式とし空間の有効利用を図る。

このような電力照明光と植物育成との関わりから、多様な野生植物と共存している山村文化環境にあっては、夜間の電力照明光を野生植物へ照射すると、照射された野生植物の太陽光生育環境を乱し、発育異常が促されることを考慮しなければならない。

その面からも集光性の高い LED 光源は配光設計により、不要な部位の不要な照射

を従来光源よりも抑えることが可能である。さらに長寿命、省エネルギー、低温に強い等の諸特性を加味すると、山村文化環境における電力照明光源として適している。

## 6 野外活動と照明光

野外照明は交通機関との関わりが多く、地上の車ばかりでなく、航空機への影響は重要となる。また歩行での街路灯や夜間のスポーツ照明等、さまざまな人間活動に用いられ、益と害を生じている。

山村文化環境における顕著な例は、天体観測と照明光があげられるが、都市近郊の山村文化環境と、都市から離れた山村文化環境とでは状況が異なる。

天体観測グループ等は電力照明からの光害について様々な角度から検証し、インターネット上で「[光害の資料と対策](#)<sup>10</sup>」(著作権者: スマートライトプログラム) を公開している。ここでは主に野外照明器具の上方光束や、都市照明における地表や建物等施設からの反射による障害光を問題とし、ホテルの生態への影響まで言及している。山村文化環境においては光の量的問題で都市と異なるが、その質的問題においては同様である。

従来の外灯は照射光が天空に向うタイプが多かった。日射のない (夜間の) 地球表面を撮った衛星写真を見ると、日本列島や世界の主要都市は極めて明るく写っている。その明るさは電力照明光であり、天体観測にとっての障害光になることは明確である。国際照明委員会 (IEC)、環境省をはじめとし、関係諸機関では光害対策ガイドライン等をまとめている。その中における一つの

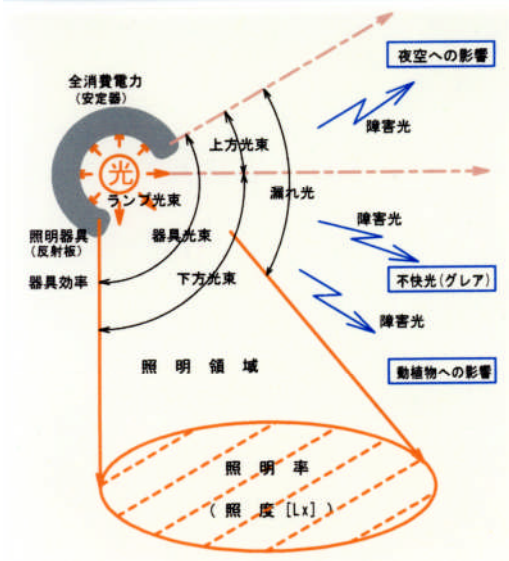


要素が、「上方光束の低減」である。[ 図—5 ]に示すよう、ランプの水平面より上空に向かう光を抑制する照明器具の配光制御を図り、上方（宇宙）へ向かう光を抑制することである。

例：社団法人 照明器具工業会「街路照明器具のガイド」6-2-4 「上方光束比率」

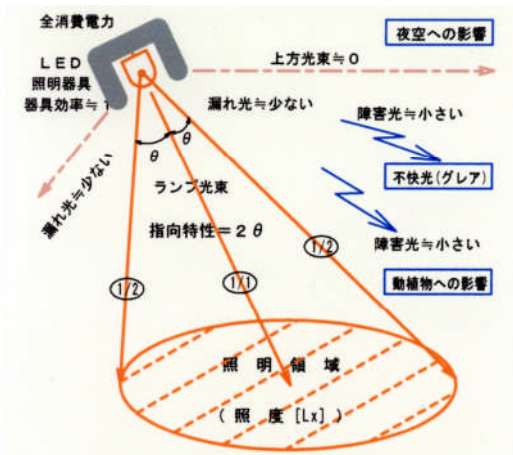
- ・短期目標としての指針

[ 図—5 ] 上方光束の低減 (作図：田中文夫)



[ 図—6 ] 上方光束のないLED照明

(作図：田中文夫)



0~15% (照明環境Ⅲ)

0~20% (照明環境Ⅳ)

- ・行政による公共街路照明整備指針

0~15% (照明環境Ⅲ・Ⅳ)

照明環境Ⅰ~Ⅳは国際照明委員会

(CIE ガイド) <sup>11</sup> に環境区域が示されている。

- ・照明環境Ⅰ：本来暗い景色を伴う領域
- ・照明環境Ⅱ：周辺の輝度が低い領域
- ・照明環境Ⅲ：周辺の輝度が中間的な領域
- ・照明環境Ⅳ：周辺の輝度が高い領域

LED 光源は[ 図—6 ]に示すよう、ランプの製作上指向特性をもたせており、特定方向に光を集積させる。それゆえ上方光束はなく、宇宙を照射する無駄な電力消費とならず、天体観測等への障害光をなくす。

## 7 おわりに

電力照明と光害は文化活動や社会生活と密接にリンクしている。文明の進化にともない、光害はより多様に顕在化してくる。文明は都市へと集中し、その合理的利便を求めるが、一歩立ち止って考えると、人々が「集中」することで得る利便や安心が動植物・自然への害、つまり環境諸問題として顕在化してくる。

都市は都市として、山村は山村として棲み分け、それぞれの文化を育んだ生活が営まれるならば、電力照明光を含む現代の環境問題は、もっと速やかに低減するはずである。しかしながら人類の歴史や人間欲望の実態から振り返ってみれば、この見解は幻想(illusion)でしかないことが分かる。

現実における人類の生命活動をみれば、その活動ポテンシャルは日々が高まりこそすれ、減少することはない。その高まりは

人間の格差を論理的に否定し、一人ひとりの個へとすそ野を拡大してゆく。65億を超える人類は、誰もが利便性を追求する当然な権利があり、より高度となる文明は益々道具に頼りエネルギーを必要としてゆく。

しかし今、地球の資源を喰い尽し、その廃棄物に埋もれて人類が絶滅する前に、一歩立ち止って熟慮しなければならない。

人間の生命活動（自由）の適性制御、生存権と享受（平等）の適性制御、制御と記した人類社会における納得の形成（政治と倫理）・・・いかなる回答も65億人の満足を得ず、人類もまた光害を受ける虫や植物のごとく、自然淘汰にさらされている。

このような状況認識における欠片として、「山村文化環境における電力照明と光害」の考察を試みた。この些細な例から人間総合や環境の全てを語ることは、論理的パラドックスに陥ることとなる。しかし、さらなるパラドックスとして、些細なことからより上位の世界を語れることが、人間知能の働きでもある。つまり、人の頭脳内小宇宙をもって、未知なる宇宙原理を推論できることは、人間をもって他の地球生物には叶わない人間独自の働きである。

ヒトの科学的思考と検証、そして論理的思考の総合と再構築は、昨年5月に「総合人間学会 <sup>12</sup>」を発足させている。

地球の屋根（峰々）に立ち下界（複眼）を眺める視点（立体眼）から、下界の文明と文化について省みることは、今無駄な作業ではあるまい。合理的・科学的思考は当然ながら、そればかりではない人間存在の意味を総合的に検証してみると、これからの人類の在り様が見えてくる。

(2007.08.15)

## 参考文献・参考資料

- 1 渡邊博之（2007）：LEDを光源としたビル型野菜工場の開発，玉川大学農学部生命化学科准教授，自然エネルギー協会講演テキスト，東京
- 2 平成18年版 環境白書：光害（ひかりがい）対策等（2006.05）：環境省
- 3 環境庁大気保全局（1998.03）：「光害」の定義，環境省，10
- 4 赤池学（2006.08）：昆虫力，小学館，16
- 5 田中文夫（2006.1）：横浜市俣野公園野球場ナイター照明施設設計，2007.03竣工，2008.04開始，(株)システム・デザイン，横浜
- 6 日高敏隆（2003）：動物と人間の世界認識，中央精版印刷，4—11
- 7 グレア（glare）：視野内の輝度の分布や値の範囲が不適切であったり、極端なコントラストがあることによって、不快に感じたり細かいものや対象物を見る能力が低下する状態，社団法人 照明学会，
- 8 国際照明委員会：屋外照明設備による障害光低減ガイド（CIE.TC 5.12 Draft 7,Oct.2001），視野内のまぶしい照明器具の制限，照明器具の光度（I：cd）
- 9 田澤信二（2005.07）：植物育成照明，岩崎電気(株)技術研究所，37—38
- 10 わかばだい天文同好会：横浜市，<http://www.2a.biglobe.ne.jp/~wakaba/kougai.html>
- 11 国際照明委員会：CIEガイド（TC4-21,TC-5-12），環境地域I～IV
- 12 総合人間学会（2006.05）：総合人間の試み，人間はどこにいくのか，学文社