HID ランプ用照明器具†

専門会員 西野 純一郎*

1. ま え が き

昨年より今年にかけて販売された 53 年度排ガス規制車は、前年度のモデルより燃料消費率が向上し、それが強力なセールスポイントとなっている。そしてユーザもその経済性と省エネルギー効果を理解している。しかしわれわれの照明分野では、なぜかそれが理解されていない。

自動車で km/l を理解して車種を選定しているのに、照明設備では、lm/W が理解されていないのか、これは何もユーザ側の責任ではなく、商品を提供するメーカー側の努力が不足していると思う。照明に対して、現在まで省エネルギー対策として実施されたことは、点灯中止、間引き点灯、点灯時間の短縮などの節約による省エネルギーが主体であり、技術レベルでの省エネルギーは光源が主体であり、機器を含めたトータルシステムとしてのアプローチは少ない。

そこで、今回、HID ランプ用照明器具に対して、節約レベルではなく、新技術による省エネルギーのためのアプローチを試み商品化に成功したので、二、三の例を含めて、この問題を考察し結果を報告する。

2. 省エネルギーのための基本式

照明施設の省エネルギーの二大要素は、灯数 (N) と点灯時間 (H) である。これをいかに削減するかにより省エネルギーの効果が決まる。照明器具側から見れば、灯数 (N) をいかに削減するかが課題となる。

その基本式は次式が考えられる。

$$N = \frac{E \cdot A}{F \cdot U \cdot M}$$

E : 平均照度 A : 照明面積

F : ランプ光束 U : 照明率

M : 保守率

これは何も新しい式ではなく、照明を実施するものが毎日使用している計算式であり、この式をいかに理解して、省エネルギー対策を計画し、商品計画ならびに照明設計を実施しているかが、最も重要なことである。

この式から理解できることは

(1) N (灯数)、 H (点灯時間) を減少すれば省エネルギーになることは容易に気がつく、次に気づくことは、

(2) 分子の E (照度) と A (照明面積) を小さくすることであり、照度低下や照明する場所を制限することである。しかし、これらは節約による省エネルギーのことであり、主に行政側の仕事である。技術側の仕事としては、少ないエネルギーで最大の効果を発揮することであり、

(3) 分母の値を大にすることにより、灯数 (N)、すなわち、電力が削減できることになる。これが今回、提案する省エネルギーのための HID ランプ用照明器具側からのアプローチであり、「FUM の技術開発」である。

3. FUM の問題点

3.1 ランプと照明器具の効率

最近の HID ランプは、その改良研究が進み、高効率で長寿命の方向に進み、その中でも高圧ナトリウムランプは、省エネルギーの効果が多大であると認められている。

これは一見正解のようであるが、注意すべきことは、ランプ単体で比較した場合のことであり、どの照明施設をみても、HID 光源を照明器具なしで裸点灯しているところは見当たらない。ランプと組み合わされる機器類 (照明器具、安定器) と照明設計が、常にマッチングして初めて達成されることである。

表 1 は、その具体例を示したもので、スポーツ照明などに使用されている狭角形配光の投光器に、各種 HID ランプを使用したときのランプ光束と、器具性能を比較したものであるが、この結果が示すように、ランプの効

† HID Luminaire

* 特アイ・ライティング・システム

Junichiro Nishino

表 1 ランプと照明器具の効率

ランプ形式	ランプ特性		投 光 器 特 性		
	ランプ光束 (lm)	発光部単位 長さあたりの 光束 (lm/cm)	ビームの開 き (1/10) (°)	ビーム効率 (%)	25°までの 光束 (lm)
NH 400	46,000	517	25.5	30.6	13,846
M 400	35,000	778	21.5	34.2	13,020
H 400	21,000	309	23.5	29.4	6,498

率と照明器具のビーム効率は一致せず、さらに、この値を用いて光束法で単純に照明設計した場合などは、高圧ナトリウムランプとメタルハライドランプは、ほぼ同じ灯数となり、省エネルギー効果が出ないことになる。この原因は、照明器具の光学系と光源サイズがマッチングせず、さらに照明設計手法も不適当なことにより生じたことである。

3.2 照明器具の機能と用途 (UMの問題点)

照明器具の機能を分類すると表 2 となる。この中で何が重要かは用途、目的により異なる。省エネルギーのためには経済性が優先されるが、照明システムである以上、光の量的なものを中心として、全体的なバランスがとれていなければ真の省エネルギーとはならない。

表 2 照明器具とそのシステムの機能

区 分	内 容	例
光学特性	量的	器具効率, 照明率, 照度レベル, 1/10ビーム効率
	質的	グレア, 均せい度, 輝度対比, 色色性, 快適性
耐 久 性	寿命, 耐候性, 耐食性, 光束維持率	
安 全 性	強度, 電気絶縁性	
便 益 性	保守, 取付け配線, ランプ交換	
調 和 性	形状寸法, 色彩, 重量, デザイン	
経 済 性	電力消費量, 設備費, 保守費	

効率を優先するあまり

(1) 器具効率は高いが照明率が悪く、またグレアが大で見え方を悪くする製品

(2) グレアは少ないが、器具効率が20~50%と低く、灯数が増加する製品

(3) 設置当初は照度が高いが、すぐに反射率が低下し照度不足となるため、保守率を低くとらなければならない製品

(4) 設備費は安価であるが、電力費、保守費などのランニングコストがかかり、トータルの経済性がない製品

(5) 製品のデザインは良いが、効率が低く、また寿命の短い製品などは、トータルの照明機能のバランスがとれていないシステムであり、省エネルギー、省資源、省力化と逆行するものであり、今後、技術改善しなければならない事項である。

4. 省エネルギーの具体策 (FUM の技術開発)

4.1 目的、用途別に適した配光の開発と標準化 (Uの技術的アプローチ)

照明器具の配光性能は、その照明する空間と光の量・質、ならびに経済性のバランスを考慮することが必要である。このような総合的な標準化作業としては、昭和45年に日本照明器具工業会で「道路照明設備の標準化研究」が実施され、現在幹線道路にはその照明器具が使用されている。この研究では、光の量と質は確保されているが、エネルギー危機が発生する以前の研究であり、現在の省エネルギー形の HID 光源を含めて見直す段階にきていると思う。これ以外の分野では、トンネル照明などがあり、他の施設では、システム的な研究も少なく、照明器具もすべての用途を考慮した万能形で、省エネルギーの効果は少ない。

図 1 投光器の光束利用率

たとえば、投光器を使用して屋外の駐車場、スポーツ施設などを $B/H = 2 \sim 3$ で照明した場合、図 1 のように光中心軸より上方向の斜線で示す部分の光は、大部分損失光となり、器具効率 60~70% の製品を使用しても、有効利用できる光束は 20~35% で、設置灯数を増すことにより、所要照度を確保している状態であり、省エネルギーとは逆行するものである。

図 2 節電形器具での光束利用率

図 3 エリア照明の実施例
ランプ HF400, 灯高 5 m
取付け角度 (投光器 50°
節電型照明器具 5°

これを図 2 のような、節電形の光学系を採用した照明器具を開発すると、グラウンド面に達する光は 55~60 %にも達する。両者の水平面照度を比較すると図 3 となる。この図中の 10 lx 以上の照射面積は

従来の投光器による照明 177 m²
節電形の照明器具による照明 227 m²

となる。

これは屋外のエリア照明の一例であるが、他の分野でも、光束利用率または照明率の高い HID 器具を開発し、その照明システムを標準化すれば 20~40 %の省エネルギーが見込めると予測する。

4.2 光学系の CAD による最適設計 (FU の技術的アプローチ)

現在、光学系 (反射・屈折系) の設計は電算機の利用が可能な段階にきている。CAD のねらいは、設計試作段階の時間と費用を削減できるマネジメントに対しての利用もあるが、最大のねらいは最適設計を導き出すことにある。目的を省エネルギーにしばった場合、その応用は無限にあり、ランプと反射系の諸寸法ならびに特性などの変数を組み合わせて、1 %でも多くの光束を制御して有効活用を計ることである。従来の CAD によらない経験的な設計法では、シビヤな配光の制御がむずかしく、器具の性能を器具効率を主体にして評価していたが、これでは真の性能を示していない場合が多い。CAD では経済的な見地より、器具のサイズと使用光源を選定すれば、器具効率の上限値は、電算機により容易に見つけることができるため、設計作業の中心は、省エネルギーのために照明エリア (1/2 照度角内、1/10 ビーム内ならびに B/H = 2~4 内) の光束量を高めることと、グレアなどの光の質的性能がどれだけ向上するかが、評価の基準となり性能を定めることとなる。

このアプローチを屋内天井灯用の反射がさで実施すると表 3 ならびに図 4 の値となり、従来の常識をやぶった高効率でグレアレスの光の量と質の両面共、優れた性

表 3 省エネルギー形でグレアレスの天井灯の効率

	器具効率 (%)	60° 以上のグレアとなる光束 (%)	60° 以内の有効な光束 (%)
従来形	74	12	62
新形	78	5	73

図 4 鉛直面配光曲線

能を持った商品も開発可能となる。

4.3 高効率を維持できる新材料の開発 (M の技術的アプローチ)

照明技術の進歩発展の中で、FU は研究改良されて品質性能は向上してきているが、M (保守率) についてはランプの長寿命化が主体であり、機器側よりの技術的アプローチは少ない。また照明のソフト側においても、保守率に対しては、減光補償的な設計に余裕をもたせるための安全係数としての考え方が強く、しかもこの値は一般的には 0.8~0.5 の値が照明設計時に採用されている。省エネルギーの立場からすれば、この値は 1.25~2.0 倍の余分な電力を点灯初期に見込んでることになり、今後、保守率の技術レベルでの改善は省エネルギーのための最重要課題であり、対策の施していない照明器具は、エネルギー浪費形の過去の商品となるであろう。

改善のアプローチには二つの方法がある。第 1 はランプが寿命末期までハロゲン電球のように減光せず、光束が一定に維持できることである。これにはランプ自身の改善と、回路的にランプ動程をコントロールすることであり、今後の研究課題である。

第 2 の方法は、すでに技術開発され商品化されている。これは反射鏡の表面保護膜を従来の陽極酸化皮膜 (アルマイト類) から耐食・耐薬品性、ならびに平滑性の優れているけい酸ガラス被膜 (アルガラス)¹⁾ を施す方法で、反射鏡内面の腐食と汚損による反射率の低下を防ぐために効果的である。たとえば表 4 に耐薬品性の比較を示す。さらに大気汚染の激しい工場地帯や大都市

表 4 アルミニウム保護被膜の耐薬品性比較

薬品名	アルガラス	アルマイト	薬品名	アルガラス	アルマイト
塩酸	A	E	塩化ナトリウム	A	E
硫酸	A	E	塩化カリウム	A	E
硝酸	A	E	ふっ化アンモニウム	B	E
ふっ酸	D	D	亜硫酸ガス	A	C
水酸化ナトリウム	B	D	二酸化ちっ素	A	C
水酸化カリウム	B	D	水	A	C

注: A:変化せず D:非常に腐食
B:非常にゆっくり腐食 E:完全に腐食
C:ゆっくり腐食

では、照明器具を密閉形にしてランプ消灯時に吸入する大気汚染物質の NOx, SO₂ などの腐食ガスや、数ミクロンの塵埃を吸着さす活性炭のフィルタを取り付け、照明器具の光源室内部の反射鏡面を常にクリーンにする方法がある。

この効果の一例を図 5 に示す。

図 5 フィルタ付き照明器具の光束維持率
(ランプ減光は含まない)

注: A: ランプ交換時 (4 年ごと) に乾いた布でグローブの
D: 外面をふく
B: 毎年乾いた布で反射鏡をふきグローブを洗剤で洗う
C: ランプ交換時 (4 年ごと) 反射鏡を乾いた布でふき
グローブを洗剤で洗う

5. 省エネルギー形照明器具による節電効果

FUM の技術改善を施した照明器具を使用して、HID

表 5 省エネルギー形システムの経済比較

シ ス テ ム		設 計 条 件			費用(千円)		
ランプ	照 明 器 具	照明率 (%)	保守率 (%)	所要灯数 (灯)	年間電力費	年間保守費	設備費
NH 400	密閉形フィルタ付	69	0.85	37	781	190	3,185
NH 400	開放形アルガラス 仕上げ	64	0.75	45	960	209	3,222
HF 400	開放形アルマイト 仕上げ	58	0.65	80	1,655	147	3,300

注: 工場面積・高さ 40×80×8 m
平均照度 300 lx
年間点灯時間 3,000時間

ランプ中最も効率の高い高圧ナトリウムランプを用いたときの経済比較を工場照明で行なうと表 5 となり、けい光高圧水銀ランプの照明手法より、年間 100 万円近い省電力となり、さらに特筆すべきことは、FUM を施した照明器具を使用しても設備費は、従来の照明設備と同等またはそれ以下であることである。

6. あとがき

HID 照明器具から、省エネルギーのための提案を節約レベルではなく、技術レベルから試み、FUM の具体策を報告したが、これらはすべて新テクノロジーであり、設備費は従来と同等またはそれ以下で、照明の質を向上させて、数十パーセントの省エネルギーを可能にしたことが特長である。

今後これらの提案をベースにして、この照明方式を普及させるために、照明のソフトとハードの標準化と省エネルギーのための新技術をさらに開発したい。

参 考 文 献

- (1) 村本: 珪酸皮膜のアルミニウム反射鏡への利用
昭51照明学会全国大会

(受付 1977 年 12 月 2 日)