

新しい生産と照明

岩崎電気 K K*

技術部長 倉 田 恭
技術部 照明技術課長 広 野 昭 三

1. はしがき

最近のわが国における経済、産業の飛躍的な発展は、戦後の復興時代のことを思い合わせると、まことに驚異に値する。この要因は色々あるが、就中、生産の発展が生産競争へ推移し、生産性向上のために、生産設備の自動化と作業環境の合理化等が盛んに行われたことによるものである。

生産における照明の果たす役割は、作業環境の合理化の一端を果すことであり、非常に重要な意義を持っている。優れた照明により得られる労働環境の向上、合理的照明手法による照明費の節減、さらにこれらにもとづく、品質の向上、労働災害の防止等の蓄積により生産原価を低減させることは、近代企業における重要な課題である。しかしながら欧米の水準に比べると、生産設備の自動化はその域に達しているが、照明設備は量的にも質的にも約10年おくられているといわれている。

昨年5月、照明学会照明普及会照明調査委員会が、各電力会社および各主要工場の協力を得て、国内の工場照明の実態を調査したが、その調査結果によると、

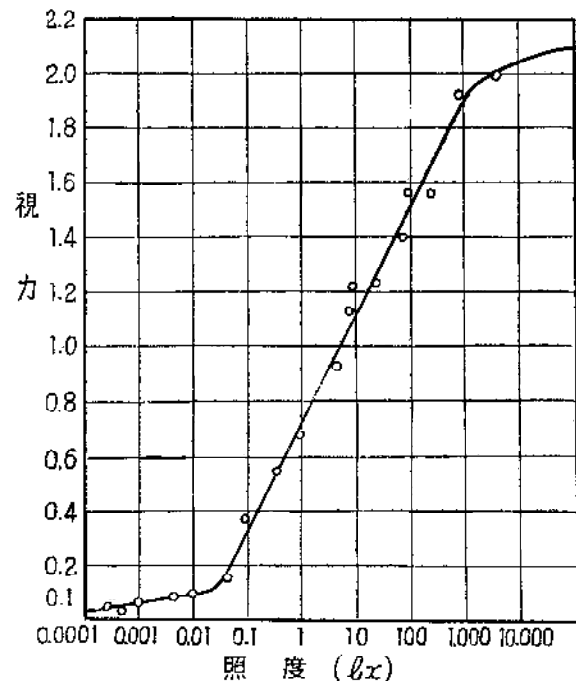
- (I) 工場の総設備電力に照明設備用電力の占める割合は約6.5%
- (II) 消費電力量の割合は約9.7%
- (III) 使用している光源の種類別の割合(灯数)は、白熱灯が約50%、蛍光灯が約49%、水銀灯が約0.7%

(IV) 照度の平均値は(但し推定計算による)白熱灯使用の場合で約20lx、蛍光灯で約50lxであつた。この報告から判断されることは、蛍光灯の普及が著しいこと、水銀灯の普及の余地が充分あり、全般的に照明の改善が行なわれなければならないことである。特に水銀灯および蛍光灯の効率、寿命の著しい向上と、照明理論の専門的研究の成果は、生産性向上のための照明を、信頼における方針のもとに、経済的に行なえる時代がきていることを示すものである。

2. 良い照明の条件

照明の目的は、簡単にいえば、物を見るために視覚の

働き得る明るさを得ることである。視力と明るさは規則的な関係があり、暗い所では物が見えにくく、明るい所では物が見えやすい。第1図は日本人の視力と明るさの関係を示したものである。この曲線を見ると、0.05lxあたりから、視力は急激に上昇し、約1,000lxまでは直線的な関係を保ち、1,000lxを超えると視力が上昇する割合は少くなるが低下することはないことがわかる。

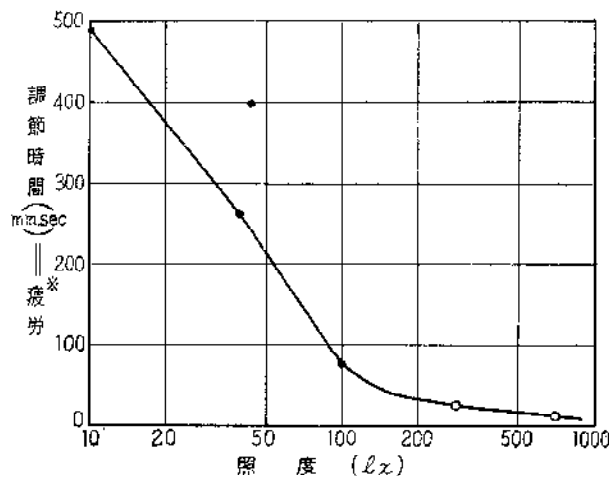


第1図 明るさと視力の関係

視作業による目の疲労を、客観的に測定することは、従来いろいろの方法が試みられているが、簡単で確実な方法はまだ見出されていない。目の主要構成の一部である調節筋(毛様体、チン氏帯など)の疲労※(調節筋が目の近くの物にピントを合わせるに要する時間)は、近視の発生とも関係があり、低い照度で長時間の視作業をした場合ほど大きい。第2図はその関係を示したもので、10lx から600lx の各照度の環境のもとで、1時間の視作業をした後の目の疲労を※測定したものである。

さらに明るいほど目の瞳孔が小さく絞られるので、カメラと同様に目の焦点深度が深くなり、見るものが遠くても近くても、容易に見えるようになるので、目の調節

*東京都杉並区上荻附2の28



第2図 照明と目の疲労との関係

筋の働きが頻繁でなくなり、楽な姿勢で仕事ができることになる。

以上述べたように、照度が高いほど視力がよくなり、作業能率および製品の品質が向上し、作業者の疲労は少なくなる。したがって工場の照度は高いほどよくその上限はない。その上限を定めるとすれば、その工場の業種によつて、経済的観点から決定すればよい。わが国では J I S Z 9110で、照度基準が定められており、照明の最低基準を量的で表したものである。第1表および第2表

はその照度基準から工場に関するものを抜粋したものである。この照度段階を見ると、その標準照度は1, 2, 5, 10……と大体2倍の割合で増加している。これは前に述べたように、視力は照度の等比級数的増加に伴つて等差級数的に向上するためである。

第1表 照度段階

照度段階	標準照度 (lx)	照度範囲 (lx)
a a a	1,000	1,500 ~ 700
a a	500	700 ~ 300
a	200	300 ~ 150
b	100	150 ~ 70
c	50	70 ~ 30
d	20	30 ~ 15
e	10	15 ~ 7
f	5	7 ~ 3
g	2	3 ~ 1.5
h	1	1.5 ~ 0.7
i	0.5	0.7 ~ 0.3

第2表 工場、事務所の照度基準

工場				
照度段階	機械工業	洋菓子工業	缶詰工業	ベーカリー
a a a	○超精密作業	—	—	—
a a	○精密作業〔精密機械精密仕上〕	—	○選別 ○カン詰作業 ○検査	○デコレーションおよび仕上(手作業)
a	中作業	デコレーティング 切折, 選別, 包装	準備作業(切折, 種取り)	計量, 仕込み
b	粗作業	クッキングミキシング モールドイング	原料受入および格付	原料混合, 成形窯, デコレーションおよび仕上(機械作業) 包装, 荷造り
c	—	—	—	ねかし, 発酵
事務所				
照度段階	繊維工業(綿)	繊維工業(絹レーヨン)	衣料品製造業	木工業
a a a	—	—	○裁縫(暗材料) ○ししゅう	—
a a	○検査(暗色) ○経通し ○自動織機	○経通し	○裁縫(中材料) ○プレス(暗材料)	○精密作業
a	のり付(暗色) 検査(明色)織機(暗色)	整経(クリール仕上, ワク上, ビーム上)	裁縫(明材料) プレス(中材料)	型取り, 粗みがき, ニカワ付, 機械かんな, 張り合せ
b	前紡, 精紡, 管巻, 整経, リユース綿, のり付(明暗)	ヨリス, 巻返し, コーン巻, のり付, 織機	プレス(明材料)仕上	荒引および粗作業
c	開綿, 混綿, 打綿	染色	—	—

照度段階	製紙工業	印刷工業(印刷)	印刷工業(製版)	化学工業
a a a	—	—	—	—
a a	巻かえ	○活字組付台 ○校正	○網伏せ	—
a	抜取検査, 試験室, 員 数検査, 湿紙機のウネ ットエンド作業	植字 文選 さしかえ	台付, ルーチング(双 入れ) 仕上, 校正	—
b	仕上(特別光沢を出す) 切断作業 ギロチンカッタ作業	印 刷	エッチング	蒸気タンク 抽出機
c	叩 解 つや出し	—	—	手動が, 煮沸ソウ, 静 止乾燥器, 濾過結晶ソ ウ, 蒸溜器, 電解ソウ

照度段階	皮革工業	ガラス工業	製鉄工業	鋳物工業
a a a	—	—	—	—
a a	○暗材料作業, 格付, 品そろえ, 裁断, 接 合, 縫合, プレス, 巻付け, つや出し	○検査 ○仕上げ ○磨き ○エッチング ○デコレーティング ○面取り	—	研磨削り 検査(細粒)
a	中材料作業	銀 付 け	鑄込とい, 押湯場(イ ンゴット), 運搬車お よびトビラ修理場 混焼炉建家	検査(中粒), 型造(大 物), 心型(細粒) 別選
b	明材料作業 革仕上	—	装入床(平炉), 鑄型抜 場, スクラップ, 置場, 焼鉄が, 建家	心型(中粒) 洗浄場 出荷受荷
c	なめし作業	調 合 炉 プ レ ス 吹 き 場	平炉(材料置場), 鑄 型置場, インゴット置 場, 格子積インゴット 倉庫, ナベ突き場(ス ケール砕破) シンダー捨場	注入操作 溶鉄がゆすり出し 焼 鈍 炉
d	—	—	—	貯 蔵

照度段階	板金工業	電機工業 (機械工業も参照)	自動車工業 (機械工業も参照)	組立工業
a a a	—	—	—	○超精密工業
a a	○けがき	○コイル捲および絶縁 処理	○ボデーの塗装, 検査 組立ライン	○精密作業
a	板 検 査	試験, 検査 コイルと鉄心との組立	フレームの組立, ボデ ーの製造(組立および 部品製造)	中 作 業
b	機械作業 { プレス, シャーパ } { ンチング・スタン } { プ, スピニング } その他の作業台の作業	絶縁材料含浸	—	粗 作 業
c	—	—	—	—

照度段階	動力関係	塗装工業	洗濯工業	—
a a a	—	—	—	—
a a	—	○超精密塗りおよび検査(自動車, ピアノなど)	○補修 ○しみぬき, 漂白 ○アイロン手仕上	—
a	配電盤	精密な手塗り仕上	記帳とマーキング, 機械プレス仕上および分類作業	—
b	原動機, 発電機, 変圧器, 油遮断器, 送風機, 圧縮機, ポンプ補助装置	浸漬, 簡単な吹付粗みがき, 手廻り型抜吹付, 乾燥炉室	平物アイロン作業, 水洗とドライクリーニング作業, 計量作業	—
c	汽罐室, 石炭および灰処理, 蓄電池室	—	—	—

事務所

照度段階	室名	作業種別
a a a	—	○設計 ○製図 ○タイプ ○計算
a a	設計事務所, タイプ室, 製図室, 経理事務室, 銀行営業事務室, カウンター, 計算事務室	○図占回覧
a	一般事務室, 会議室, 書庫, 閲覧室, 企画室, 銀行客だまり, 診療室, 調理室, 電話交換室, 操作盤室	—
b	応接室, 待合室, 講堂, 集会室, 喫茶室, 食堂, 宿直室, 守衛室, 洗場, 湯沸湯, 浴室, 洗面所, 手洗所, 作業室, 機械室, 受付, 玄関, エレベーターホール, 階段, 廊下	—
c	非常階段, 更衣室, 倉庫	—
d	車庫, 石炭室	—

照明でもう1つ重要なことは、照明の質の問題である。照明の質とは、照度のように計量的に定めることができないから、中々むずかしい問題点を有しているし、新しい照明改善の見地から最も留意しなければならない事柄である。これは単に生産照明のみならず道路照明等においてもようやく、理論から実際に認識されつつある現情である。

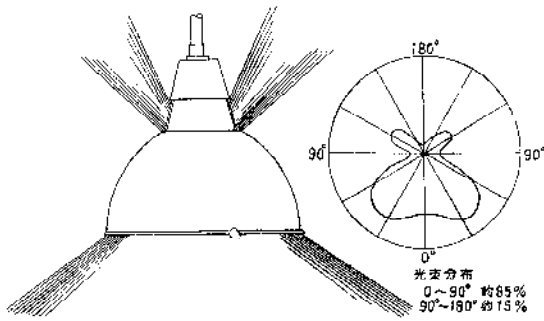
照明の質の中で、均齊度(各部の光束発散度分布の均一性)はある程度数字的に表現できるし、測定もできるので最も容易に解決できる問題である。

作業者の視野は上方50°, 下方70°, 左右各100°であるから、通常の作業状態でも作業面だけではなく、工場的大部分がその視野に入るものである。したがって作業者の視野内に極端な輝きの大小があると、物が見えにくく疲労の原因となる。工場各内部の輝きの比はできるだけ小さいことが望ましく、そのためには光源の選定, 取付

第3表 視野内の明るさの分布

作業面とその隣接部分	5 : 1
作業面とそれより離れた周囲	20 : 1
光源面とその周辺部	40 : 1
視野内にある最も対比の大きい場所	80 : 1

位置の検討, 光源の遮蔽, 天井, 壁の反射率の決め方などに考慮すればよい。第3表は工場内の各部の光束発散度の分布の標準を示したもので、局部照明を行なう場合は、全般照明の照度は少なくとも局部照明の照度の1/10以上は必要である。尚光源が直接視野に入らない場合でも、照明器具のグローブや反射笠の光束発散度はかなり大であるから、特に工場内の壁面, 床面の反射率の低い場合には直接光束を天井面に配するようにならなければならない。第3図はその具体的方法の一例である。



第3図 光束発散度分布を一様にする照明器具

3. 新しい光源による生産照明

新しい光源の開発，現在の光源の性能の向上に常に目を向けておくことも，照明理論を知ると同様に重要なことである。特に生産照明にあつては，経済的な照明を行なうことは，生産原価の低減に直結している。ここに高圧水銀ランプの有効寿命が延びたこと，沃素電球の出現および高出力蛍光ランプと生産照明の関連性について考えて見る。

3-1 高圧水銀ランプの寿命特性の向上

光源の寿命については，折にふれ議論されるところであるが，面白いことに結論は出ない。結論が出ない中に，時間の経過と共にその当時議論された，厳格な意味での寿命に製品そのものの寿命が近づいて仕舞う。暗熱球に寿命の正当な解釈がなされているのであろう。白熱電球は歴史が古く，構造および理論が単純で生産技術を極めていたものについては，寿命の定義は確立し，寿命が比較的短かいので寿命も安定している。

高圧水銀ランプや蛍光ランプは白熱電球に比べ，構造も複雑で寿命の要因も複雑である。理論的には寿命を長

くする方法はあつても，生産技術上の問題点が多い。問題点が多いことは，さらに改良の余地が残っているので，楽しみが多いことになる。そこで常に寿命の定義や寿命の発表のしかたが問題となるわけである。いずれにしても，従来高圧水銀ランプの寿命は公称6,000時間であつたが，最近2, 3のメーカーが公称12,000時間と発表している。このことは数字そのものより，従来より寿命特性が著しく向上したことの表現である。あとは公称寿命時に，平均光束の減少がどの位いかを定めればよいわけである。しかしそのためには，寿命時間が非常に長いので試験のためかなりの時間を必要とする。

光源の経済性の優劣を比較するのに，簡単な経済比較の方法がある。これは光束の時間当りの原価を算出比較する方法であるが，光源の効率と寿命が大きく影響する。寿命が短かければ，高価なランプを買い，危険を冒して高所に昇りランプの交換を行なわなければならない。第4表は寿命の変化に伴う，経済性の変化を比較したものである。この表からわかることは，白熱電球に比べ，他の2種の光源は効率，寿命とも優れているため通常の照明では非常に経済的である。蛍光ランプと高圧水銀ランプはほぼ同じ値を示している。さらに寿命が長くなつたために，それぞれ10%~20%の経済性の向上を示していることである。

3-2 沃素電球による生産照明

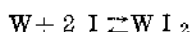
(1) 沃素電球とは

沃素電球は革命的な白熱電球で従来の白熱電球にくらべて寿命は2倍，効率は約20%増加している。その構造は直径約10耗の石英管の管軸上にタングステンフィラメントを張り，管の両端はモリブデン箔を導体として封じ，リセドコンタクトの口金を有し，石英管内にはア

第4表 実用3光源の照明費の簡易比較 (10⁵ルーメン時の光束に対して)

		白熱電球 L 500 W	蛍光ランプ FL 40 W		高圧水銀ランプ H 400	
			旧	新	旧	新
			寿命 3,000時間	寿命 7,000時間	寿命 6,000時間	寿命 12,000時間
ランプ費 (円)	ランプ単価 光束×寿命 ×10 ⁵	$\frac{500}{9,500 \times 1,000} \times 10^5 = 5.3$	$\frac{600}{2,400 \times 3,000} \times 10^5 \approx 8.5$	$\frac{600}{2,400 \times 7,000} \times 10^5 \approx 3.5$	$\frac{6,000}{20,000 \times 6,000} \times 10^5 = 5.0$	$\frac{6,000}{20,000 \times 12,000} \times 10^5 = 2.5$
電力費 (円)	$\frac{10^5}{\text{効率}} \times \text{KWH当りの電力料金 (105時とする)}$	$\frac{10^5}{19} \times \frac{10}{1,000} = 52.5$	$\frac{10^5}{60} \times \frac{10}{1,000} \times 1.1 = 18.3$		$\frac{10^5}{50} \times \frac{10}{1,000} \times 1.1 = 22$	
合計		57.8円	26.8円	21.8円	27円	24.5円
		100	46.5	38	46.5	42

ルゴンガスと沃素が封入されている。大きさは500Wで小形万年筆火である。適量の沃素が封入された状態で点灯すると、適当な温度条件(250°C~1,200°C)の管内でタングステンフィラメントから蒸発したタングステン蒸気と、原子状の沃素が反応し沃化タングステンとなる。この沃化タングstenは透明な物質であるので、電球の黒化の原因とならず、さらに非常に拡散性に富んでいるので、管壁から管の中心部へ移行する。管の中心部は高温で分離帯と称する範囲があり、ここに達した沃化タングstenは、沃素とタングstenに分解し、タングstenの分子はタングstenフィラメント上に戻る(再結晶といわれている)ので、タングstenフィラメントは断線しにくく、しかも光束の低下がほとんどない。



この順反応および逆反応の循環をいわゆる「沃素再生循環反応」(沃素サイクル)と称する。

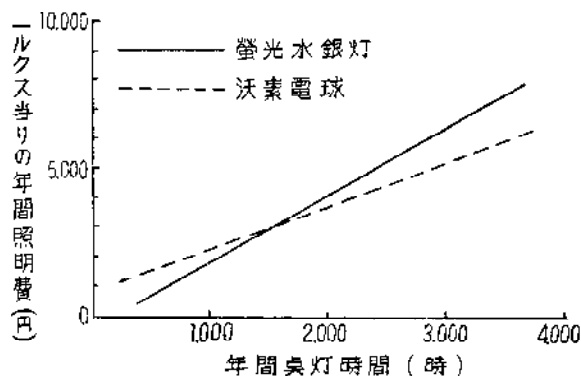
これらの原理から生まれた沃素電球の特長は

- ◆寿命を通じて実用上の光束の低下、色温度の低下がない。
- ◆一般照明用白熱電球に比べ、効率がよく、しかも長寿命である。
- ◆電源電圧の高い場合(例えば200V)に使う品種でも標準電圧(100V)のものと同様高効率である。
- ◆高ワットでも非常に小形である。
- ◆細い線光源なので、配光の制御が容易で、能率のよい照明が出来る。

等である。第5表は各種沃素電球の定格を示すものである。

(2) 沃素電球と生産照明

沃素電球による照明を考える場合、いままでのように単に照明の経済性のみでなく、初期の明るさが寿命時まで持続すること、極めて小形であること、演色性がよいことおよび高効率の光源(放電灯)につきものの始動装置や安定器が不要であることなどの特色を生かし、従来の光源では、経済的でない照明が実施出来ぬ分野に、この光源が利用出来ることを最も重要視すべきである。特に生産照明の経費の中で、電力料金の占める割合が非常に大きいことは前に述べたが、点灯時間の短い照明ではいたずらに水銀灯や蛍光灯の流行にはやつて、莫大な設備費を投ずることは不経済である。第4図は点灯時間と照明費の関係を表す一例である。蛍光水銀灯と沃素電球を比較したもので、年間点灯時間が1,500時間以下では沃素電球が経済的で、1,500時間をこえると蛍光水銀灯が有利である。工場屋内においては残業時だけの照明、昼間は自然採光と照明とを併用している工場および厚生



第4図 点灯時間と照明費の関係

第5表 沃素電球の定格表(岩崎電気製)

一般照明用

型式	定格電圧 (V)	寸法		初特性			平均寿命 (時)	定価 (円)
		管径 (mm)	長さ (mm)	消費電力 (W)	全光束 (lm)	効率 (lm/w)		
J 100V 500W	100	10	118	500	10,500	21	2,000	
J 200V 1000W	200(220)	10	208	1,000	21,000	21	2,000	
J 200V 1500W	200(220)	10	248	1,500	33,000	22	2,000	

写真用

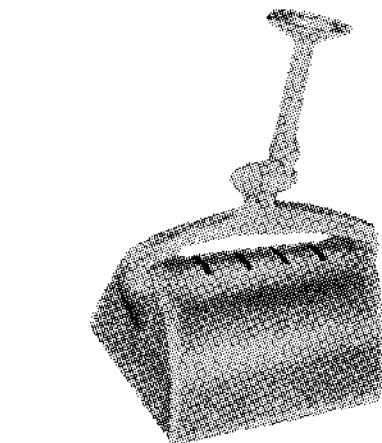
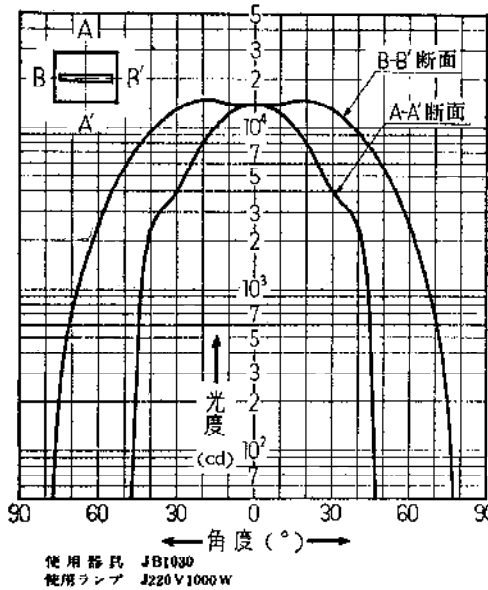
形式	定格電圧 (V)	寸法		初特性		平均寿命 (時)	定価 (円)
		管径 (mm)	長さ (mm)	消費電力 (W)	色温度 (°K)		
J P100V 500W	100	10	106	500	3,200	100	

注) 上記寸法、構造および特性は標準値を示し、暫定的なものでありますから、JIS制定等により変更することがあります。

施設の照明設備に好適である。またよい演色性を要求する工場では、一般に蛍光水銀灯と白熱電球の混合照明を行なうが、効率の低い一般照明用電球を用うるため経済

第6表 混合照明における照明費の比較
(但し年間点灯時間5,000時間
平均照度200ルクス)

	蛍光水銀灯400W 沃素電球500W	蛍光水銀灯400W リフレクター型 高天井用ランプ 500W
平均照度 (lx)	150	150
灯数 (灯)	蛍光水銀灯 10 沃素電球 10	蛍光水銀灯 12 リフレクター型 高天井用ランプ 12
ランプ価格(円)	" 6,090 " 3,200	" 6,090 " 1,400
設備費 (円)	340,900	377,880
年間全照明費 (円)	643,900	737,213
1lx当り照明費 (円)	4,300	4,900
同上比率 (%)	87.5	100

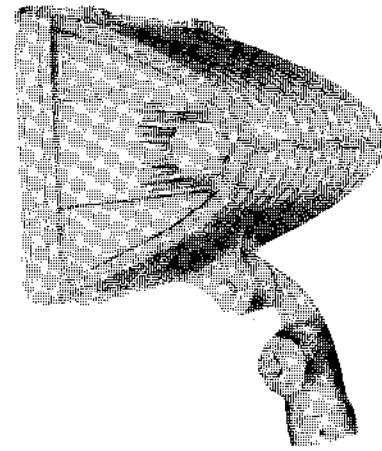
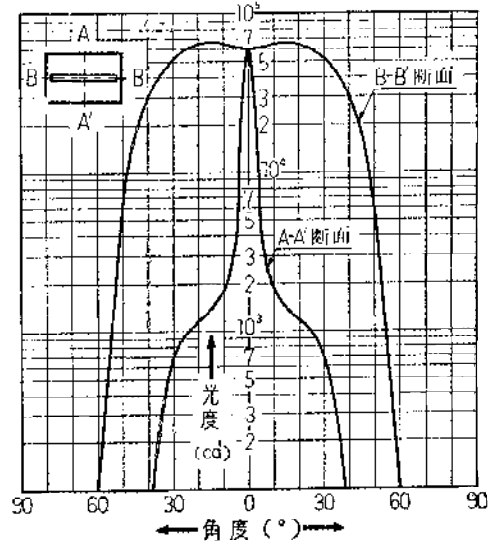


第5図 沃素電球用高天井灯・JB1030
(岩崎電気製)

性が低下するのが難点であつた。一般照明用電球に代えて沃素電球を使用すれば、この難点が大幅に改善されることは明白である。第6表は市36m、奥行60m、天井高さ10mの機械工場で両者の方法を比較したものである。

尚屋外の照明では、夜間のみ照明が多いので、一般的には点灯時間が短かく経済的結果を得る筈である。

第5図および第6図は、それぞれ工場屋内および屋外に用いられる沃素電球の高天井灯および投光器である。



第6図 沃素電球用投光器・JF1020
(岩崎電気製)

3-3 高出力蛍光灯と生産照明

(1) 高出力蛍光灯とは

蛍光灯は実用光源中では最も高効率(60~70lm/W)であるが、光源の形の大きさの割合に光束が少なく(蛍光灯40Wで約2,500lm、高圧水銀灯400Wで20,000lm)、大規模な生産照明では設備灯数が非常に大となる欠点を有し、低天井の照明にしか使用できなかった。それを改善するために高出力蛍光灯が生まれ、生産照明にもかなり利用できることとなつた。同じ寸法で灯数を増さないで照度を上げたり、または灯数を減らすことのできるよう

第7表 高出力蛍光灯の定格

形式※	大きさ (W)	種別	管径 (mm)	全長 (mm)	定格電圧 (V)	管電流 (A)	全光束 (lm)	効率 (lm/W)	点灯管 形式
FL(R)-60H・D	60	昼光色	38	1,198	200	0.8	3,700	62	FG-6P
FL(R)-60H・W	60	白色	"	"	"	"	4,150	69	"
FL(R)-80H・D	80	昼光色	"	1,500	220	0.9	4,900	61	FG-8P
FL(R)-80H・W	80	白色	"	"	"	"	5,500	69	"
FLR-110H・D	110	昼光色	"	2,368	---	0.8	7,500	68	---
FLR-110H・W	110	白色	"	"	---	"	8,400	76	---

※ FL(R)は、予熱起動形(FL)とラピッドスタート形(FLR)の2種を示す。

に、ランプ電流を増加させて光力出(光束)を大きくしたものである。ランプの径は従来と同じ(38mm)で、口金はリセドコンタクトタイプで従来の約2倍の電流に耐える構造となつている。単位長当りの光束は従来の約1.5倍で、電極は従来より大型とし、2重コイルであるため、黒化が少なく、長寿命(7,500時間)である。第7表は高出力蛍光灯の定格を示すものである。

(2) 高出力蛍光灯の生産照明における問題点

高出力蛍光灯を生産照明の実際から考えると、必ずしもよいことばかりではない。110Wは特に高効率(76 lm/W)であるが、高天井に設備された場合に保守上の問題がある。またこれは蛍光灯の通有性であるが、周囲温度により効率が変化するが、高出力蛍光灯においては特に著しい。原因は蛍光灯に使用されている蛍光体が、周囲温度によりその発光効率が影響されるためである。したがって低温の地域ではグローブで保温し、高温の地域では、光源の密集を避け通風のよい開放形の照明器具を用いなければならない。第7図によれば周囲温度12~3°Cで100%の効率を示し、定格効率の90%を確保

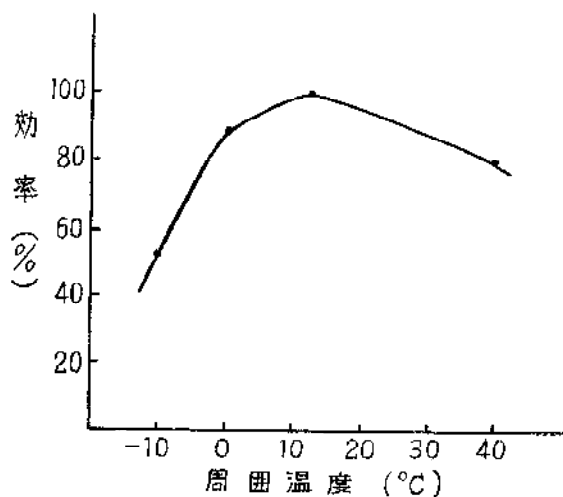
するためには、周囲温度を0°C~25°Cの間に保たなければならず、さらに電源電圧の変動を考慮に入れると、使用上かなりの制約を受けることになるので、余程設置の条件に留意しないと、折角の経済照明を目論んでも逆効果となりかねない。

4. むすび

照明理論については、今更新しいものではないが、実情に照らしてあえて取り上げた次第である。照明の質を重んずることは、経路経済的になることを納得いただけただら幸いである。生産照明における沃素電球と高出力蛍光灯の実績は、まだ少ないが、利用の途をあやまらなければ生産照明の体質改善に大きな役割を果たすものと思う。本文がいささかなりとも諸兄の照明計画に資することを希望すると共に、生産の実情と照明についての専門家である諸兄の御批判を乞い、わが国の生産合理化に貢献できることを望む次第である。

参考文献

図解 照明生理 蒲山久夫 1954年



第7図 蛍光灯の周囲温度特性