

農作物に対する夜間照明の影響  
研究調査委員会報告書

昭和60年3月

社団法人 照 明 学 会

農作物に対する夜間照明の影響  
研究調査委員会

農作物に対する夜間照明の影響  
研究調査委員会報告書

昭和60年3月

社団法人 照明学会

農作物に対する夜間照明の影響  
研究調査委員会



## 農作物に対する夜間照明の影響研究調査委員会報告書目次

1. ま え が き	1
2. 植物と光放射	4
2.1 植物の光合成	4
2.2 光形態形成	6
2.3 屈光性	6
2.4 光周性のその制御	7
3. 水稻への影響	9
3.1 光放射と水稻	9
3.2 水稻の出穂	10
3.3 生育時期と終夜照明の影響	12
3.4 品種間差異による出穂期、収穫への影響	14
3.5 光源の種類による影響の相違	18
3.6 影響回避対策	19
3.7 ま と め	20
4. 野菜への影響	23
4.1 ホウレン草	23
4.2 その他の野菜	26
5. 夜間照明による昆虫誘引の影響	26
5.1 夜間照明と昆虫	26
5.2 夜間照明に飛来する昆虫	27
5.3 昆虫視力の波長特性	27
5.4 昆虫の走光性と照度および光源の輝度	28
5.5 光源の誘虫性	28
5.6 光による昆虫の制御	28
5.7 ま と め	29
6. 対 策 方 法	30
6.1 序 論	30
6.2 対策の要点	30
6.3 事前対策	31
6.4 事後対策	33
6.5 対策用照明器具の実際	38
6.6 照明設計上の留意点	47
7. あ と が き	56



# 農作物に対する夜間照明の影響とその対策

## 1. ま え が き

光は、地球上における最重要な環境要素であり、人間を含めた生物が健全な生活を営んでいく上で、光は必要不可欠なものである。すなわち、(太陽の)光は、地球上の生物の生活のためのエネルギー源であり、又、同時に特に人間にとっては、最重要な感覚である視覚の媒介として、視覚を通じての情報伝達に重要な役割を果している。地球上における人間の生活を考えた場合、昼間は、太陽による光が十分に供給されているが、夜間には、適切な人工光源による照明をする必要がある。

歴史的にみると、人工光源は、主として、この目的のために開発されてきており、現在までに、数多くの種類の光源が日常生活に利用されている。いいかえると、人工光源のおかげで、人類は夜の時間を有効に活用できるようになり、その結果として、人類の生活水準が大幅に向上したといっても決して過言ではない。又、人工光源は人間の視覚関連だけでなく、電照菊や、点灯養鶏などのように、農業や畜産業にも活用され、視覚同様、人類の生活に大いに役立っている。つまり、光や人工光源は、もともと、人間を含めた全生物の生活に極めて有用なものである。

ところが、近年、住宅地や農村などに対して、例えば、娯楽施設や幹線道路、工場や夜間照明設備を伴った競技場などが進出し、これらの施設に附随する高照度の人工光源の照明光が、その周辺の住宅や農地に与える影響が問題になる場合が生じつつある。又、一般住宅に設備される庭園灯などの光が、隣家にもれたり、街路灯や防犯灯などの光が本来の目的外の作用効果を及ぼすことも話題となりつつある。

これらの問題の内容は、例えば、農作物の生育状態に影響を与えたり、鉄道や交通などの安全上の問題になったり、場合によっては、その地域に居住する住民との間の訴訟問題にまで発展している例がある。表 1に、現在までに具体的に話題になっているこれら「照明の影響」についてまとめたものを示す。

人工光源の普及、発達による人類の生活水準向上の意図が、結果として、表 1に示すような別の不都合を引き起こすことは、人工照明発展の本意ではないことは、当然であり、これらの問題は全て、正しい知識の下に、解決が図られねばならないことは、言うまでもない。

現在のところ、これらの問題が具体的に発生した場合の対応は、その地区の行政機関や、電力会社の支店、営業所などでなされることが多かったが、その場合に、公正な立場にある機関の、学術的見解を含んだ参考資料を求められることが多く、それらの必要性を受けて、(社)日本電気協会や電力会社から、(社)照明学会に対し、資料の作成が依頼された。そこで、照明学会では、研究活動推進委員会(委員長:室井徳雄(日大))および光

表 1.1 人工照明の周辺への影響一覧表

影響の対象、内容等による区分	影響の内容	具体的対象物又は対象とななる場所
植物	花芽形成阻害（出穂遅延、果実形成阻害など）	稲、ナス
	抽  臺	ホウレン草
	花芽形成促進	牧草、青じそ
	その他、生育への影響	スイカ、ハス、カボチャ、トマト、たばこ、苺、メロン、アスパラガス
	部分的育成状況変化	庭木、芝生
その他の植物	紅葉阻害	柳
	昆虫誘引による二次害（ウンカ等）	水田（虫が落ちる）
	ペット、家畜等の擾乱	犬、猫、ニワトリ
	その他、住民への影響（ナイター照明の漏光等）	野球場、競技場の周辺
居住環境権侵害	夜間観測障害	天文台
	信号と誤認（低圧ナトリウムランプ）	鉄道
機能、業務障害		

放射の応用・関連計測研究専門部会（委員長：中川靖夫（埼玉大））の答申を基に、対象を問題の件数の多い農作物に絞り、「農作物に対する夜間照明の影響研究調査委員会」（以下、研究調査委員会）を組織して、（期間：昭和59年 5月～昭和60年 4月）調査、検討を進めた。（委員会構成は、別表の通り。）

研究調査委員会では、現状調査を含め、5回の会合を持ち、文献およびその他の資料の収集、調査、検討を行った結果、代表的な農作物に対する照明の影響についての、現在までの状況と対策についての概要の知見を得ることができたので、ここに報告書を作成することとした。なお、調査に当っては、当研究調査委員会の委員以外に、全国、9電力会社の関係各位にも、多大なご協力を頂いた。（表 1は、これらの方々のご協力により、作成されたものである。）

本報告書は、前述のように、一応主たる対象物を農作物に絞ってあるが、その内容上、第 6章の対策方法の要点や考え方の主旨は、照明の影響について、もっと広い対象の範囲にも適用できるものであるから、表 1に例示したような諸問題に対する正しい対応および、正しい照明の普及にご活用下さることを期待したい。

始めに述べたように、元来、夜間の人工照明の発達は、そこに居住する住民の知的、文化的な生活水準の向上の為の諸施策に、当然附随して生じる事柄であり、今後共益々、その傾向は強くなっていくものと考えられる。本報告書が、農作物の生育に影響が少なく、しかも快適かつ有用な人工照明の発達に役立つことを期待したい。

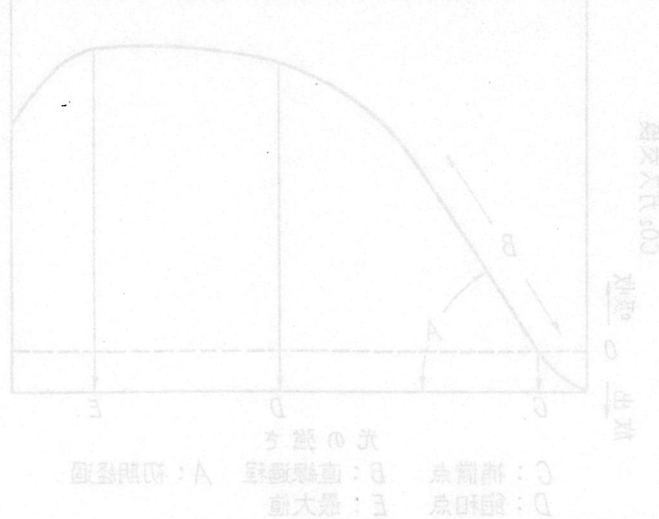


図 1.2 照射開始と照射終了の位置関係

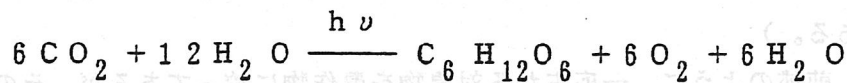
図 1.2 は、照射開始と照射終了の位置関係を示している。照射開始の位置は A、照射終了の位置は B、照射開始の位置は C、照射終了の位置は D である。照射開始の位置は A、照射終了の位置は B、照射開始の位置は C、照射終了の位置は D である。照射開始の位置は A、照射終了の位置は B、照射開始の位置は C、照射終了の位置は D である。

## 2. 植物と光放射

### 2.1 植物の光合成

地球上において、植物は、葉緑体内において、葉緑素の存在の下に、光エネルギーによって水と二酸化炭素から、化学エネルギーの蓄積物である炭水化物を合成し、酸素と水を放出している。植物のこの作用のことを光合成というが、この作用は現在のところ地球に供給される太陽の放射エネルギーを固定する唯一のプロセスといっても過言ではなく、地球上の生命を維持していく上で極めて重要な作用である。

植物の光合成の反応は、古典的には次の式で表わすことができる。



しかしながら、実際に行なわれている光合成のプロセスはきわめて複雑であり、多くの研究結果が発表されてはいるが、まだ完全には解明できていない。

光合成の反応の進行は、照射される光の量と質に関係している。照射光量と光合成作用による反応量との関係は、二酸化炭素の出入りの状況の光による変化を調整することにより、推定することができる。

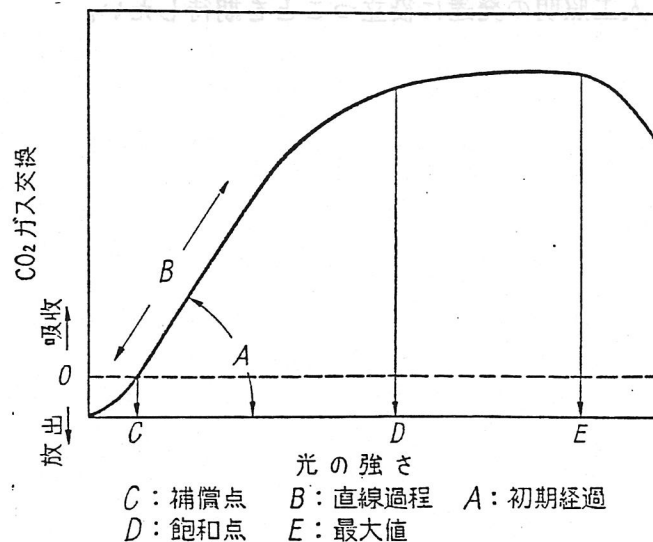


図2.1 光合成の一般的過程

図2.1 は、この状況を示したものである。すなわち、放射照度が低い間は、植物自身の呼吸による二酸化炭素の放出量の方が光合成の原料として吸収される量より多く、見かけ上二酸化炭素が放出される。放射照度を高くしていくと、ある点（図のC点）で二酸化炭素の出入りがバランスし、見かけ上の二酸化炭素の放出はなくなる。（光補償点という。）更に放射照度を上げていくと、二酸化炭素の吸収量も増加してくるが、ある点（図のD点）で吸収量は飽和する。（したがって光合成収量も飽和すると

考えられる。) この点を光飽和点といい、この点の放射照度のことを飽和点照度という。

人工光源で光合成を行なう場合には、この飽和点照度を十分調査しておくことが肝要である。地上の植物の場合、この飽和点照度は、ほぼ50,000~100,000 lx (太陽光の場合) である。

光合成反応の進行は、照射光の量の他に、照射光の分光分布とも関係している。植物の光合成の分光作用曲線に、重要な関係を持っているのは、光の第一次吸収体である葉緑素の分光吸収曲線である。図2.2 に一例として草類の葉より抽出した葉緑素の分光吸収特性を示す。

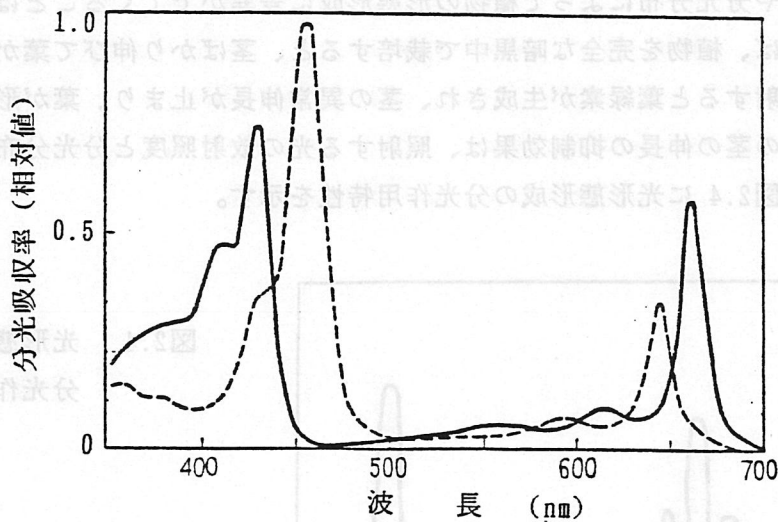


図2.2 葉緑素の分光吸収特性 (2種類)

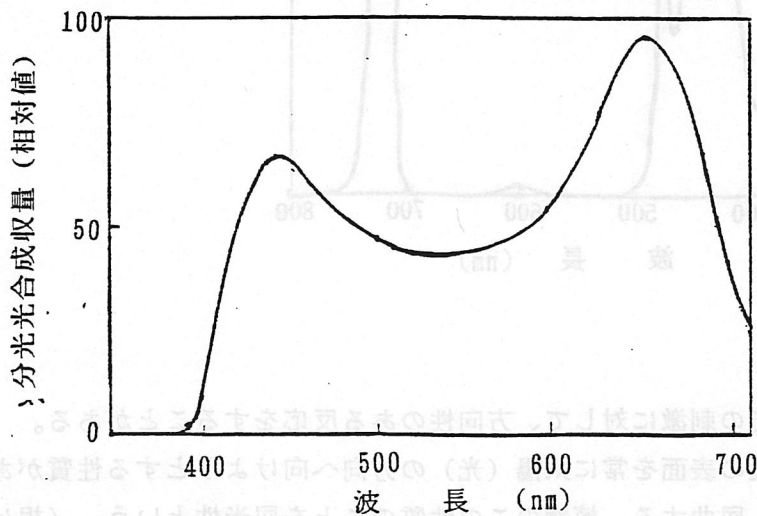


図2.3 光合成収量の分光特性

これは、草類の葉よりメタノールで抽出した抽出液により測定したものである。この結果によると、葉緑素に吸収される光放射の波長域は400~500 nmと600~700 nmであり、少なくともこの2つの波長域の光は光合成反応に有効であると考えられる。初期の植物育成用蛍光ランプは、この2つの波長域の光を組合せて放射する

ように設計された。

ところが、最近、分光技術の発達により、放射束の大きい単色光が得られるようになり、単色光による栽培実験が実施され、分光作用曲線が直接求められるようになった。図2.3 に種々の測定結果を検討して標準化された例を示す。

この結果、波長500～600nmの光（緑色光）も、十分光合成に寄与していることが確認され、前述の植物育成用蛍光ランプの分光分布が修正された。（むしろ最近では白色蛍光ランプでも十分育成させることができるといわれている。）

## 2.2 光形態形成

照射する光の量や分光分布によって植物の形態形成に差異がでてくることはよく知られている。例えば、植物を完全な暗黒中で栽培すると、茎ばかり伸びて葉が形成されないが、光を照射すると葉緑素が生成され、茎の異常伸長が止まり、葉が形成されるようになる。この茎の伸長の抑制効果は、照射する光の放射照度と分光分布によって傾向が異なる。図2.4 に光形態形成の分光作用特性を示す。

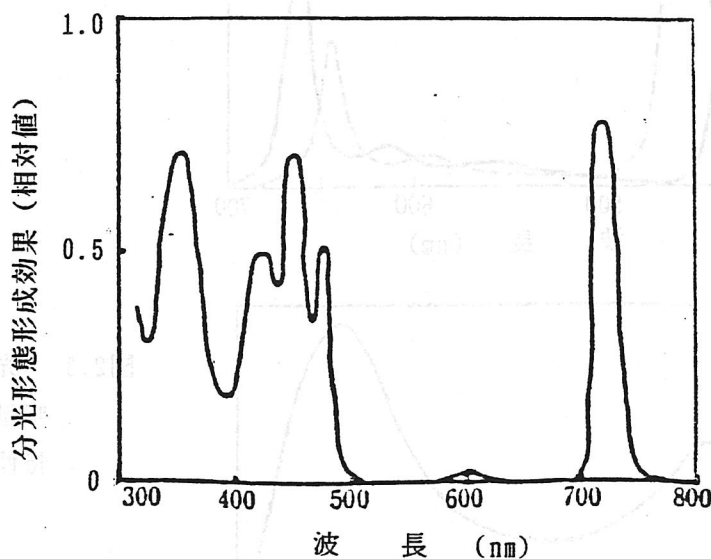


図2.4 光形態形成の分光作用特性

## 2.3 屈光性

植物や動物は、光の刺激に対して、方向性のある反応をすることがある。

陸上の植物は、葉の表面を常に太陽（光）の方向へ向けようとする性質があり、又、茎は光の照射方向へ屈曲する。植物のこの性質のことを屈光性という。（根は光の照射方向と反対の方へ屈曲するが、この場合を特に背光性という。）

植物に屈光性が現われるのは、植物の細胞に含まれるオーキシンと呼ばれる成長ホルモンの作用であると言われている。オーキシンは茎の成長を促進する働きがあるが、一方、植物内のオーキシンの分布状態が光によって変化を受ける。（重力によっても

変化すると言われている。)つまり、方向性のある光の照射により、オーキシンの分布が不均一になり、莖の成長にも方向性が現れるものとされている。図2.5 にオーキシンの分光吸収特性を示す。波長400~500nmの光により、主に制御されている。

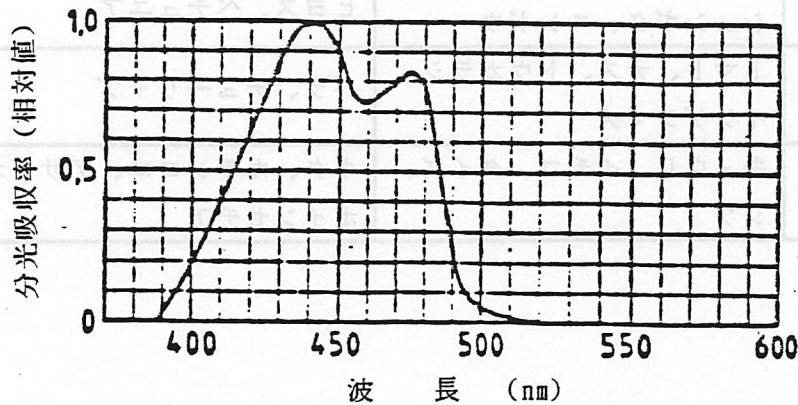


図2.5 オーキシンの分光吸収特性

#### 2.4 光周性とその制御

地球上での太陽の照射条件は地球と太陽の相対位置の関係により、規則的に変化している。この変化のパターンには短い周期的変化と長い周期的変化とがあり、前者を日周、後者を年周と呼んでいる。地球上の生物（特に植物にその傾向が著しい。）は長年の間にこの地球の環境条件に適合しており、特に太陽の照射条件の変化とは深く結びついている。生物の生活がこの周期的変化の影響を受けることを光周性という。

（日周に影響を受けている場合のことを、日周性と呼んで区別することもある。）

前述したように、この光周性は、植物に顕著に現われており、種子の発芽や、開花とそれに引続く結実、あるいは紅葉など、又、魚類の産卵時期等に季節性があるのがその例である。中でも開花時期に季節性があるのは、その代表例で、植物はこの時期により、短日植物、長日植物、中性植物などに分類される。

短日植物というのは、1日の日長時間（昼間の時間）が、だんだん短くなって、ある一定時間（限界日長時間という）以下になった時に開花する植物で、長日植物とは、反対に、1日の日長時間がだんだん長くなって、限界日長時間以上になった時に開花する植物のことである。中性植物とは、日長の長短に関係なく、一定の時期がくると開花する植物のことである。表2.1 に農作物を含む主な植物についての区分を示す。

植物の開花などに、光周性が現われるのは次の理由による。すなわち、例えば植物の開花は、フロリゲンというホルモンによって制御されるが、このフロリゲンの生成が植物に含まれているフィトクロームという色素によって調節される。フィトクロー

表2.1 主な植物の日長反応区分

区分	野菜	花卉
長日植物	ホウレンソウ、タカナ、 ダイコン、ハツカダイコン、 シュンギク、エンドウ	カーネーション、 ヒヨス、ペチュニア
中性植物	トマト、ナス、トウガラシ、 インゲンマメ	バラ、チューリップ
短日植物	キュウリ、イチゴ、ダイズ、 シソ	キク、カランコエ、アサガオ、 ポインセチア

ムは、図2.6 に示すように、照射する光の種類によって赤色光吸収型 ( $P_r$ ) と遠赤色光吸収型 ( $P_{fr}$ ) とに相互転換する特性を有しており、フロリゲンの生成 (すなわち開花時期) は、それぞれの植物による特定の  $P_{fr} / (P_r + P_{fr})$  の値 (全フィトクローム中の  $P_{fr}$  の割合) により制御される。 $P_r$  と  $P_{fr}$  の分光吸収特性を図2.7 に示す。

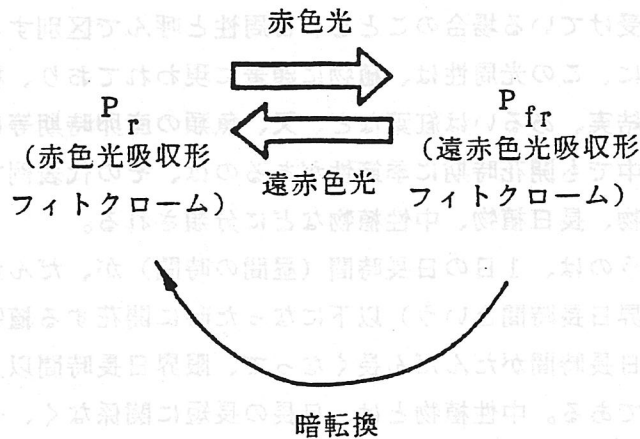


図2.6 フィトクロームの相互変換

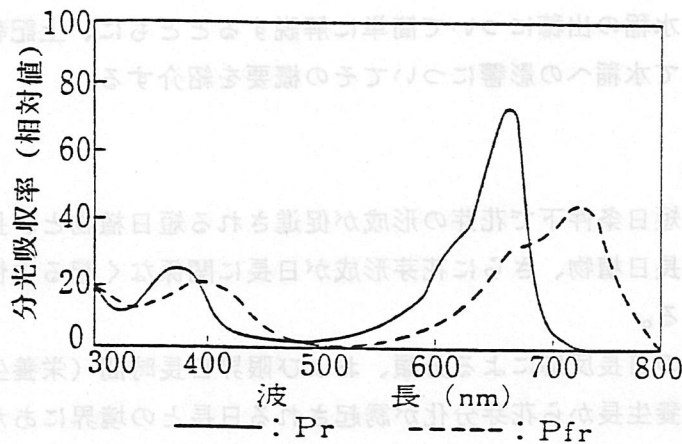


図2.7 フィトクロームの分光吸収曲線

フィトクロームは光の種類によって相互転換すると共に、光の照射を遮断すると、ある一定の時間遅れのあと、徐々に  $Pfr \rightarrow Pr$  への転換を行う特性がある。(暗転換という) 日中、太陽光の照射がある時は  $Pr$  と  $Pfr$  の吸収特性の差により、 $Pr \rightarrow Pfr$  の転換が行われるが、夜間、太陽光の照射がなくなると、前述の暗転換により、 $Pfr \rightarrow Pr$  の転換が行われる。全フィトクローム中の  $Pfr$  の量が日長によって変化するのはこのためで、結果として  $Pfr$  の量によって制御される開花時期に季節性がでてくる。

光合成の場合と異なり、フィトクロームを転換させることができる光の放射照度は、低照度で十分であり、太陽光や電球光の場合、 $10 \sim 20 \text{ lx}$  程度である。したがって後述するように、人工光源を利用して植物の開花時期をずらし、実生活における利用の便を図ることが産業規模で実施されている。電照菊、電照苺、カーネーションなどがその例である。

### 3. 水稲への影響

#### 3.1 光放射と水稲

道路照明の水稲への影響については、国道、高速道路、水田地帯の道路に設けられた照明施設が、接近した水田の稲に出穂遅延をもたらしたことから、照明学会内の道路照明委員会が1966年、電力会社、道路照明器具メーカーに稲作被害のアンケート調査を実施し、それ基に1967年、「道路照明と稲作被害研究会」を発足させ調査、とりまとめを行った。その結果は、1968年、「道路照明と稲作被害研究会報告」にとりまとめられており、また、1984年に発刊された「光と植物生育—光選

「作物の基礎と応用」(稲田勝美編著)の中に、上記報告の要約とその後発表された報告が「イネの生育ならびに収量におよぼす終夜照明の影響」として紹介されている。

本稿では、水稻の出穂について簡単に解説するとともに、上記報告を中心に、新しい文献を加えて水稻への影響についてその概要を紹介する。

### 3.2 水稻の出穂

植物には、短日条件下で花芽の形成が促進される短日植物と、長日条件下で花芽形成が促進される長日植物、さらに花芽形成が日長に関係なく起る中性植物があることは前記されている。

色々の植物の日長反応による分類、および限界日長時間(栄養生長だけが行なわれる日長と、栄養生長から花芽分化が誘起される日長との境界にあたる日長時間)を示したのが表 3.1である。

このような日長効果を利用して、日長を人工照明によって長くして花芽の分化を遅延させる菊を始めとする電照栽培は広く知られている。

表 3.1のように、水稻は短日植物であり、水田に栽培されている水稻は、ある時期がきて自然日長が短日になると、短日に感応して花芽が形成され出穂へと進む。しかし道路照明などによって長日条件にさらされると、花芽の分化、発達が阻害され、出穂のおくれや不出穂といった影響を生ずることになる。

水稻の生長は種子を播いてから花芽が分化(幼穂分化)する迄の、いわば葉や茎を作る栄養生長の期間と、幼穂ができてから穂が出て開化、結実する迄の、いわゆる生殖生長の期間に分けられる。栄養生長から生殖生長への移り変わりについて、品種の早晚との関連を機械的に示したのが図 3.1である。

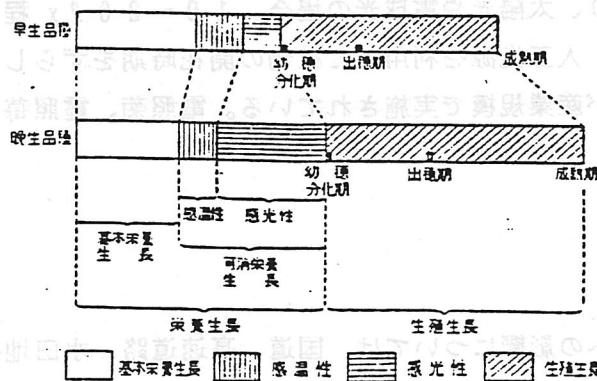


図3.1 稲品種の早晚性模式図(伊藤)

伊藤によると、栄養生長はさらに水穂が生殖に入るために絶対に必要な最小限度の基本栄養生長で、温度や光などの環境条件によって消去することができる可消栄養生

表3.1 いろいろな植物の花芽形成に対する日長

日長反応	学名	和名	限界時間	
長日植物	<i>Agropyron smithii</i>	カモジグサ	>10hr	
	<i>Agrostis palustris</i>	ベントグラス	>16	
	<i>Anethum graveolens</i>	イノンド	>11	
	<i>Hibiscus syriacus</i>	ハイビスカス	>12	
	<i>Lolium temulentum</i>	ドクムギ	>11	
	<i>Lolium perenne</i>	ペレニアルライグラス	>13	
	<i>Phleum nodosum</i>	チモシー	>14.5	
	<i>Phleum pratensis</i>		>12	
	<i>Phalaris arundinacea</i>	カナリーグラス	>12.5	
	<i>Sedum spectabile</i>	ベンケイソウ	>13	
	<i>Trifolium pratense</i>	アクロローパー	>12	
	<i>Hyoscyamus niger</i>	ヒヨス(1年生)	>10	
	低温下中日性	<i>Spinacia oleracea</i> , Nobel	ホウレンソウ	>12.6
	低温促進	<i>Avena sativa</i>	エンバク	>9
<i>Bromus inermis</i>		ブロームグラス	>12.5	
<i>Triticum aestivum</i>		コムギ(秋播)	>12	
<i>Dianthus coesius</i>		ナデシコの1種	>13	
低温要求	<i>Saccharum officinarum</i>	サトウキビ	12-13	
中日植物	<i>Cestrum nocturnum</i>	夜咲きジャスミン	<13(短日)	
	<i>Cestrum nocturnum</i>	夜咲きジャスミン	>12(長日)	
低温中日性	<i>Pelunia hybrida</i>	ペチュニア	>10	
短日植物	<i>Bryophyllum pinnatum</i>	セイロンベンケイソウ	<12	
	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i>	カランコエ	<12	
	<i>Lemna perpusilla</i> 6746	ウキクサ	<14	
	<i>Lespedeza stipulacea</i>	ハギ	<13.5	
	<i>Perilla ocymoides</i>	シソ	<16	
	高温促進	<i>Cosmos sulphureus</i>	コスモス	<14
		<i>Oryza sativa</i>	イネ	<12
		<i>Glycine max</i>	ダイズ	
		<i>Viola papilionacea</i>	スミレ	<11
		<i>Zinnia spp.</i>	ヒャクニチソウ	<12
高温短日, 低温長日	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	ポインセチア	<11	
高温短日, 低温中日	<i>Zygocactus truncatus</i>	シャコバサボテン	<12	
" "	<i>Nicotiana tabacum</i>	タバコ(メリーランド・マンモス)	<14	
" "	<i>Pharbilis nil</i> , Violet	アサガオ	<14	
高温ほど日長が長くなる	<i>Xanthium pennsylvanicum</i>	オナモミ	<15.6	

長に分けられる。水稲は高温、短日条件下で幼穂分化、出穂が促進されるが、その両者を組み合わせた条件の下でもっとも短期間で水稲の出穂を促進させた場合の栄養生長が、その水稲の大体の基本栄養生長を示している。そして可消栄養生長のうち、高温のみによって出穂が促進される部分（日数）を感温性、短日のみによって出穂が促進される部分（日数）を感光性という。

この基本栄養生長性、感温性、感光性の大小はそれぞれ品種間で差異があり、品種の早晩性はその大小によって決められるが、和田の調査によると図 3.2 に示すように、北海道の極早生品種は基本栄養生長性、感温性大で感光性は小さく、関西以西に分布する中晩性品種は基本栄養生長性、感温共に小さく、感光性は大きいとしている。従って、とくに関西以西では、晩生種になるほど長日による出穂の遅延が大きくなり、晩生種の出穂がもともと遅いことと相まって低温期に入ってしまうので登熟不良や収量の低下をもたらすことになる。



図3.2 水稲品種の感温性感光性程度とその地理的分布

(注) 数字は感温性感光性程度を示す。共に1～8に向かって感応度の高いことを示す。  
3 6 感光性程度の階級3, 感温性程度の階級6を示す。

### 3.3 生育時期と終夜照明の影響

稲種後13日～45日間の白熱電球による終夜照明（平均25 lx）は、水稲の初期生育に良好な結果をもたらし、後期の生育や出穂に影響がないことがすでに1930年に丁によって報告されている。初期生育の促進ばかりでなく、近藤らの研究による道路照明用水銀ランプの終夜照明の下で出穂が促進されることが報告されている。すなわち、自然照度が140 lxになった時、点灯、消灯するようにした400 W水銀ランプ下で13品種の水稲を供試したところ、早生品種にその傾向が著し

く、中、晩品種でははっきりした傾向を示さなかった。

表 3.2はさらに5品種について追試した結果を示したものである。

表3.2 苗代・本田終夜照明と出穂期

品 種 名	本田 照度 Lux	苗代無照明		苗代終夜照明		出穂差 B-A (日)
		出穂期A (月・日)	遅延日数 (日)	出穂期B (月・日)	遅延日数 (日)	
東北 112 号	0	8.25	cont.	8.23	cont.	-2
	2	8.26	1	8.24	1	-2
	10	8.27	2	8.26	3	-1
	40	9. 1	7	8.29	6	-3
ハウ ネン ワセ	0	8.25	cont.	8.22	cont.	-3
	2	8.26	1	8.23	1	-3
	10	8.30	5	8.26	4	-4
	40	9. 3	9	9. 1	10	-2
トヨ ニシ キ	0	8.24	cont.	8.24	cont.	0
	2	8.25	1	8.26	2	1
	10	8.27	3	8.26	2	-1
	40	9. 3	10	9. 1	8	-2
南 栄	0	8. 2	cont.	7.30	cont.	-3
	2	8. 4	2	7.31	1	-4
	10	8. 5	3	7.30	0	-6
	40	8. 4	2	7.31	1	-4
農林 29 号	0	9. 1	cont.	9. 2	cont.	1
	2	9. 1	0	9. 1	-1	0
	10	9. 1	0	9. 1	-1	0
	40	9. 3	2	9. 2	0	-1

注) 播種5月15日、田植6月27日、5個体平均。

これによると、苗代期の照明では照度が増すに従って出穂が遅延する傾向があるが、その遅延の程度は品種間の差が大きく、農林29号と南栄は苗代照区で0～±1日、苗代無照明区では0～3日と小さいが、他の3品種はその差が大きく、照度が高くなるに従って遅延の程度も増加し、2lxでは1～2日だが、40lxでは7日以上となった。この場合、とくにハウネンワセでは遅延が大きかった。図3.3および図3.4はさらに幼苗期の終夜照明による影響の大きかったハウネンワセとそうでなかったニホンマサリを供試して、生育段階と終夜照明の影響について行なった実験の構成および結果を示したものである。

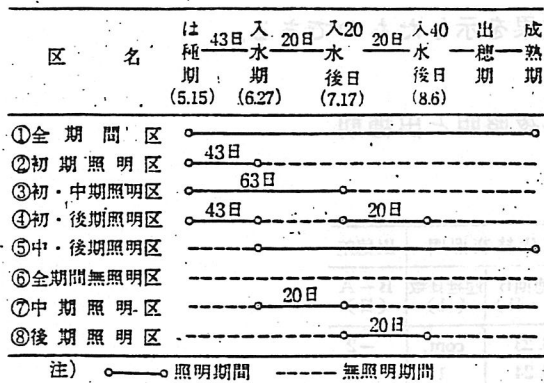


図3.3 試験区の構成

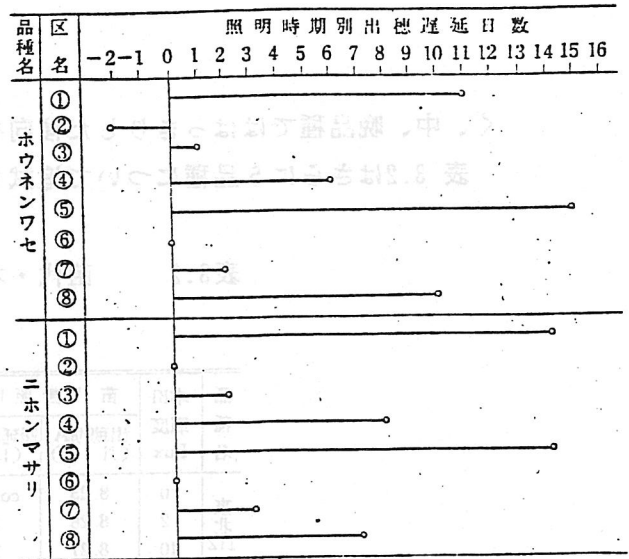


図3.4 照明の時期による出穂反応の変化

すなわち、ハウネンワセの初期照明区の出穂が2日早まった以外は、すべての区で出穂が遅延し、その程度は後期>中期>初期と後期の終夜照明が遅延に大きく影響した。なおニホンマサリでは初期照明による出穂促進の効果は見られなかった。

### 3.4 品種間差異による出穂期、収量への影響

表3.3は蛍光水銀ランプの30 lx 照明下における・極早生、早生、中生、晩生品種の出穂遅延と一株粒重、稔歩合などを示したものである。供試した14品種の出穂は照明によってすべてが遅れているが、極早生品種の遅れは小さく、早生品種の遅れが大きい傾向が見られるものの、品種の早晩性の間に明瞭な関係は見られない。しかし、出穂遅延による収量の低下は、一株粒定の対標準比と見ても、中晩性品種で極めて著しくなっている。

表3.3 終夜照明による水稻の出穂期ならびに収量の変化の品種間差異 (時政、末富)

品種名	出穂のおくれ (日数)			主得葉数 ('68)		穂数 ('68)		一株粒重 (対標準比)		稔歩合 (%) ('68)		
	1967	1968	1969	標	照	標	照	1967	1968	標	照	
極早生	兵系16号	10	10	6	13	14	15	25	124	113	97	97
	レイメイ		6	4	13	14	16	25		139	96	95
	越南62号		17	15	15	16	18	32		101	96	70
	ハウネンワセ	8	10	10	16	17	22	28	115	98	93	86
早生	ヤマビコ	30	26		15	17	18	20	0	0	94	0
	ウコンニシキ		30		14	17	15	19		20	94	8
	ヤマハウシ		40	40	13	17	16	20		10	96	12
中生	ハリマ		27		16	17	13	18		1	96	2
	キンマゼ	27	18		16	17	22	26	0	0	97	0
晩生	アリアケ	28	24		17	18	21	24	0	0	95	0
	東海28号		21		15	17	15	15		0	95	0
	キンボウ		24						0			
	千本旭		28						0			
シラヌイ		19						0				

光源には蛍光水銀ランプ、HF-100 (100 W) を用い、播種直後から 30 lux の照度下で栽培した。標：無照明標準区 照：照明区

また、水銀ランプの照度をかえ、本田移植後の全期間13品種に照明を行なって収量を調べたのが表 3.4である。

表3.4 終夜照明による水稻の出穂期ならびに収量の変化の品種間差異 (近藤、太刀川)

品種および系統名	年次	出穂期および遅延日数				精玄米重および収量比率			
		無照明 出穂期	照明照度 (lux)			無照明 収量	照明照度 (lux)		
			2	10	40		2	10	40
		月日	日	日	日	g m <sup>-2</sup>	%	%	%
ハウネンワセ	72	8.23	1	8	12	491	112	93	79
	73	8.15	1	5	10	505	85	104	88
みやまわせ	72	8.21	-1	4	14	331	120	132	85
	73	8.17	-2	2	7	529	102	95	86
ササニシキ	72	8.26	1	7	13	404	101	72	74
	73	8.17	1	2	6	494	93	130	117
東北 112 号	72	8.25	-1	3	10	396	117	101	86
	73	8.18	-1	3	5	590	104	101	75
トヨニシキ	72	8.28	2	8	20	581	101	90	0
	73	8.12	0	4	8	655	86	93	80
ワタラセ	72	8.26	2	4	10	542	104	93	51
	73	8.19	0	0	4	619	108	91	73
コシヒカリ	72	—	—	—	—	—	—	—	—
	73	8.23	2	4	26	530	109	90	15
ニホンマサリ	72	9. 2	1	4	19	574	97	58	0
	73	8.26	1	3	13	738	85	70	39
日本晴	72	9. 3	3	9	24	448	102	88	0
	73	8.30	0	3	13	516	95	87	24
千葉旭	72	9. 4	1	4	22	529	61	95	0
	73	8.28	1	4	21	624	83	63	9
農林 29 号	72	9. 7	-1	-1	4	589	67	84	65
	73	8.31	0	-1	1	483	125	92	76
オトメモチ	72	8.20	3	8	16	538	107	109	68
	73	8.15	2	5	10	472	99	131	88
ふ系稲 97 号	72	8.26	1	2	8	604	92	81	63
	73	8.19	-1	-2	0	425	115	135	74

光源には道路照明用「ハイビーム」水銀燈 (400 W) を用い、移植後本田の全期間照明した

この2年間の試験から、近藤、太刀川は生育全期間照明の場合の出穂遅延を品種によって次のように分類している。

- 1) 出穂遅延程度の少ない品種 —— 農林 29 号、ふ系稲 97 号、ワタラセ
- 2) 出穂遅延程度の中程度の品種 —— ミヤマワセ、ササニシキ、東北 112 号
- 3) 出穂遅延程度の大きい品種 —— ハウネンワセ、トヨニシキ、コシヒカリ、オトメモチ、ニホンバレ、チバアサヒ

つぎに、図 3.5 および表 3.5 は、終夜照明の照度を変えた場合の出穂の遅延ならびに収量の関係を示したものである。

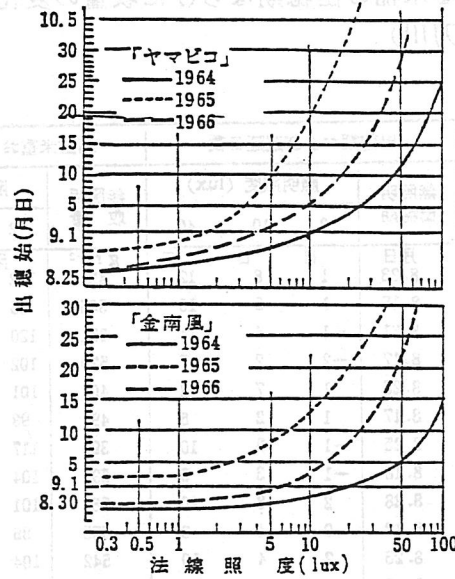


図3.5 終夜照明の照度と水稻の出穂期との関係  
(山根ら、1967)

表3.5 終夜照明の照度と水稻の出穂ならびに収穫物との関係  
(時政、末富、1971)

照度 (lux)	出穂期 (月日)	主稈葉数	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数	一株 穂重 (g)	一株 穂数	一株 穂重 (g)	穂歩合 (%)	千粒重 (g)
2	9. 5	16.0	62.5	17.0	29.8	46.6	2080	1890	91	24.5
5	9. 9	16.0	56.5	14.1	37.5	43.4	2325	1830	79	23.9
10	9.10	16.2	54.0	14.3	35.0	31.5	2380	1315	55	23.9
15	9.11	16.5	52.6	15.2	34.6	25.2	2280	1080	47	23.3
20	9.13	16.5	54.2	15.0	34.0	21.7	2179	948	44	22.9
30	9.15	17.0	54.8	14.9	30.8	16.2	1911	711	37	22.6
50	9.22	17.2	56.2	15.3	24.9	3.2	1545	147	10	21.8
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
標準	9. 2	16.0	68.0	18.8	27.2	44.9	1958	1835	94	24.6

光源：蛍光水銀ランプ、HF-100 (100 W)、品種：「金南風」

図 3.5に見るように、水稻の出穂始めは年度により、また品種によっても異なっているが、1～5 lx でも出穂遅延が認められ、照度が増すに従って出穂遅延日数が大きくなる。また、表 3.5でも同じように、照度の増大とともに出穂期は延びるが、収量についても照度が増すに従って減収となっており、70 lx の照明下では出穂して

いない。

また、図 3.6は、1965、66年に大阪府大で行なわれた照度と収量に関する実験結果、図 3.7は1964～66年にかけて、兵庫県農業試験場で行なわれた照度と登熟歩合の品種間差異の年次変動を示す図である。

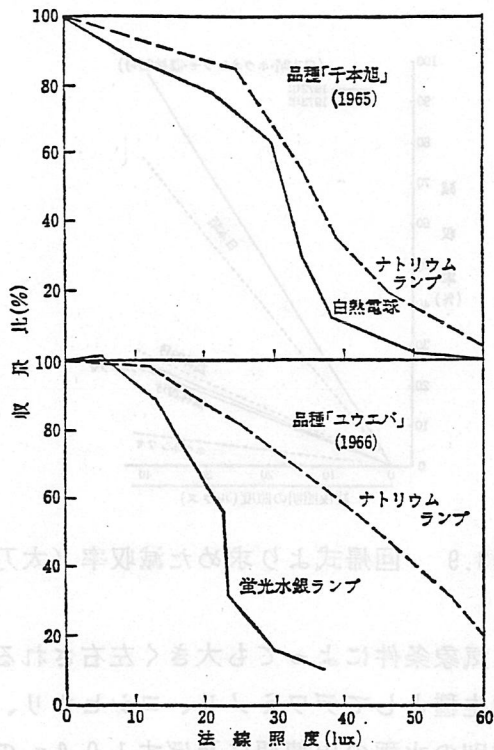


図3.6 終夜照明の光源ならびに照度による  
 水稻収量の変化 (照明学会、1968)

この実験結果については、前記した照明学会の道路照明と稲作被害研究会で次のように考察している。すなわち、登熟歩合の品種傾向が同場で行なわれた別の実験から得られた長日感応性の程度 (全南風  $\leq$  千本旭  $<$  ミホニシキ  $<$  ヤマビコ  $<$  コシヒカリ) と異なっているのは、早生から晩生種への順序が長日感応性と一致しないためであり、照度が高くなると出穂遅延をきたすが、登熟期に温度条件が不足すると、稔実低下や不稔穂数の増加をもたらす収量が低下したとしている。また、図 3.8の ように 1964年は高温、65年は低温に推移し、1966年は9月上旬の温度がやや高く、その後は大体平年なみであり、登熟歩合は品種別、照度別のみならず、その年の気温が相当に影響することがわかっている。

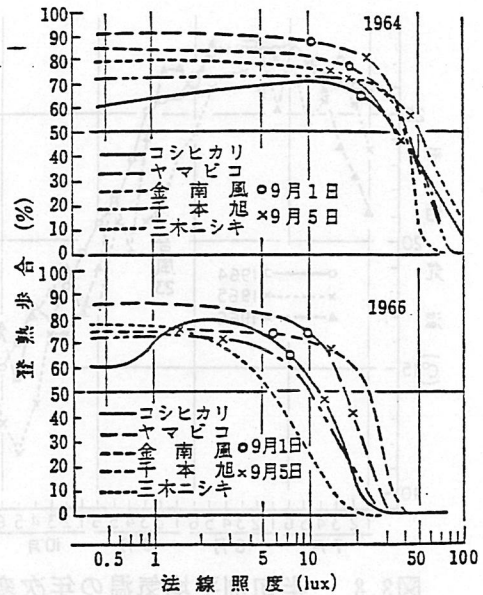


図3.7 終夜照明の照度と水稻の登熟歩合との関係 (山根ら、1967)

なお、前記した太刀川は被害量推定のための照射照度と減収量の関係について、調査点数が少なく収量にふれが大きかったこと、および実験の年毎の気象条件によって減収率は大きく変化するので調査時の平均ではなく、それぞれの年度で求めた回帰式により減収率を推定し、図 3.9 に示している。この図については、1972、73 年ともに秋の天候が著しく良好であったことから、秋の天候が不良の年にはなお減収率は増大するものと考えねばならないであろう。と同じく、天候の影響が大きいことを指摘している。

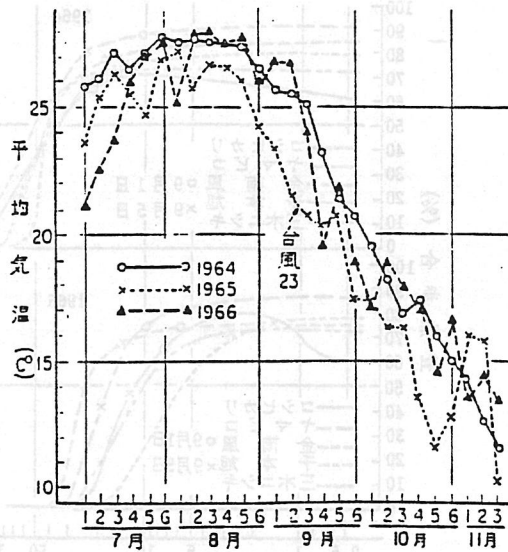


図3.8 半旬別平均気温の年次変動

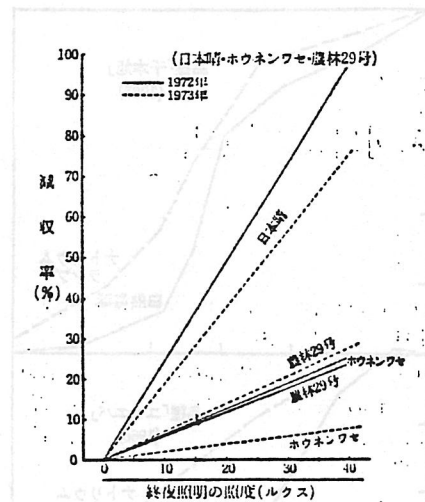


図3.9 回帰式より求めた減収率 (太刀川)

以上に述べたように、夜間照明の影響は、気象条件によっても大きく左右されるが、笹村は早生種としてオイラセ、ヨネシロ、中生種としてデワミノリ、コシヒカリ、晩生種としてケゴン、農林29号を用い、品種別の水稻の出穂期に及ぼす10 lxの終夜照明と、低温の影響に関する研究を行ない、夜間照明による出穂の遅延部分と、低温による出穂の遅延部分を分割算出する方法、および、日長と温度の両条件の間での交互作用によって生ずる品種毎の出穂期間の変化を算出する統計学的解析法を提案している。

### 3.5 光源の種類による影響の相違

1964～66年の3年にわたり、大阪府大および兵庫県農業試験場で農林1号、無芒愛国、瑞豊の3品種を供試、光源として、(1) 蛍光水銀ランプ (HF400)、シルバーホワイト水銀ランプ (HF250SW)、蛍光ランプ (FL40W、FL10W)、白熱電球 (300W、40W) および低圧ナトリウムランプ (NX200) を用いて、水稻の品種別、光源別照度と出穂遅延について行なわれた実験結果は、図 3.10 の通りである。

これを見ると、同一照度で比較した場合、蛍光ランプ、蛍光水銀ランプ、白熱電球の間に大きな差はないが、低圧ナトリウムランプでは前記の光源に比べて出穂遅延はやや小さくなっている。一方、コシヒカリ、ヤマビコ、金南風、千本旭、ミホニシキを用いて行なった水銀ランプと低圧ナトリウムランプの光源別照度と出穂の関係についての実験では、5品種とも同じような傾向で光源別の影響の差異は認められなかった。その一例としてコシヒカリの結果を図 3.11 示にした。

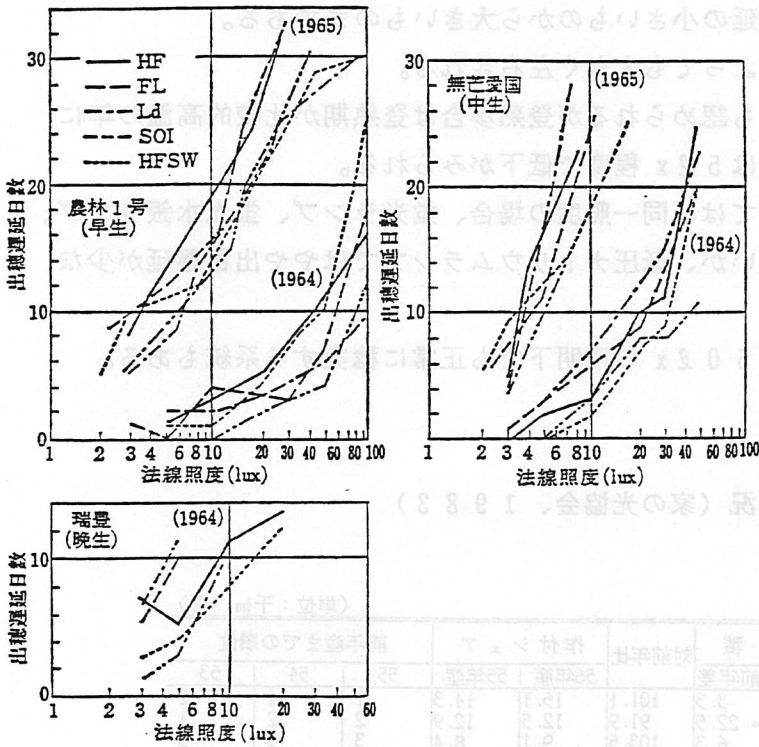


図3.10 終夜照明の光源ならびに照度による  
水稲の出穂遅延程度の変化  
(照明学会、1968)

HF: 蛍光水銀ランプ, FL: 蛍光ランプ(白色),  
Ld: 白熱電球, SOI: 低圧ナトリウムランプ,  
HFSW: シルバーホワイト水銀ランプ

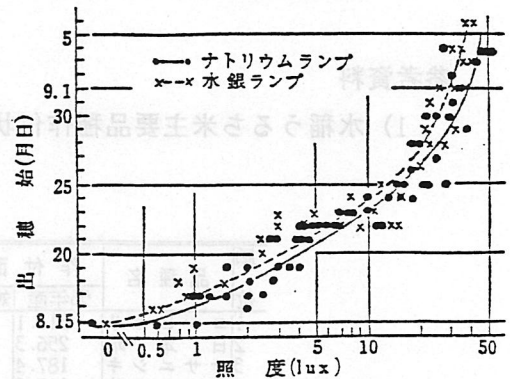


図3.11 水稲品種「コシヒカリ」の出穂  
遅延に及ぼす終夜照明用光源の  
影響 (山根ら、1967)

### 3.6 影響回避対策

水稲は短日植物であり、長日条件下では出穂遅延や不出穂が起ることは前述した。しかし、時政らが水稲の夜間照明の影響に関する実験の過程で  $60 \sim 100 \text{ lx}$  の照明下でも出穂結実した品種 ワカバ の系統を見つけた。そこでその稔実個体の次代を系

統別に同じ線度下で照度を10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 lxと変えて栽培したところ、10 lxでも稔実障害が現れた標準系統に対し、40~50 lxの照明下でも正常操業することによって、長日条件下においても影響の少ない品種の選抜も期待できるのではないと思われる。

また、器具の工夫による照明度の改善、影響が最も強く現われる出穂前、20~40日の期間における一時的な消灯、あるいは減光も一つの回避策となろう。

### 3.7 ま と め

- 1) 水稻は短日植物であり、一般に夜間照明によって出穂遅延が生ずる。
- 2) 一方、品種によっては初期終夜照明によって、却って出穂が早まる例もある。
- 3) 水稻の品種によっては出穂遅延の小さいものから大きいものまである。
- 4) 夜間照明の影響は気象条件によっても大きく左右される。
- 5) 出穂遅延は1~5 lxの間でも認められるが登熟歩合は登熟期が比較的高温の年には10 lx以上、低温の年には5 lx程度で低下がみられる。
- 6) 光源による影響の差異については、同一照度の場合、蛍光ランプ、蛍光水銀ランプ、白熱電球の間に大きな差はないが、低圧ナトリウムランプではやや出穂遅延が少ない傾向にある。
- 7) 水稻の品種によっては40~50 lxの照明下でも正常に稔実する系統もある。

### 参考資料

- 1) 水稻うるち米主要品種作付状況 (家の光協会、1983)

(単位: 千ha, %)

順位	品 種 名	作 付 面 積		対前年比	作 付 シ ョ ア		前年産までの順位		
		56年産	対前年産		56年産	55年産	55	54	53
1	コシヒカリ	311.1	▲ 3.3	101.1	15.1	14.3	1	1	2
2	日 本 晴	256.3	▲ 22.5	91.9	12.5	12.9	2	2	1
3	ササニシキ	187.4	▲ 6.3	103.5	9.1	8.4	3	3	3
4	アキヒカリ	115.3	▲ 1.7	98.5	5.6	5.4	4	5	5
5	キヨニシキ	84.2	▲ 16.3	83.8	4.1	4.7	5	6	6
6	トヨニシキ	83.9	▲ 14.6	85.2	4.1	4.6	6	4	4
7	トドロキワセ	47.6	▲ 4.8	90.9	2.3	2.4	9	9	8
8	ニシホマレ	45.8	▲ 3.2	107.8	2.2	2.0	10	18	91
9	イシカリ	44.1	▲ 13.1	77.1	2.1	2.7	7	7	9
10	越 路 早 生	41.4	▲ 13.7	75.2	2.0	2.6	8	8	7
上位10品種計		1,217.1	▲ 73.9	94.3	59.2	(59.9)	—	—	—
合 計		2,054.4	▲ 99.3	95.4	100.0	100.0	—	—	—

〔備考〕 1) 食糧庁「米穀の品種別作付状況」による。  
 2) 作付シェア55年産欄の〔 〕は、55年産基準による上位10品種の計である。

2) 都道府県別奨励品種のうち昭和57年度の作付面積上位4品種

都道府県名	1	2	3	4
北海道	キタヒカリ	ともゆたか	イシカリ	はやこがね
岩手	ササニシキ	トヨニシキ	キヨニシキ	ハヤニシキ
宮城	ササニシキ	ササミノリ	サトホナミ	トヨニシキ
秋田	キヨニシキ	アキヒカリ	ササニシキ	トヨニシキ
山形	ササニシキ	キヨニシキ	アキユタカ	はなひかり
福島	トヨニシキ	ササニシキ	コシヒカリ	アキヒカリ
茨城	コシヒカリ	大空	日本晴	トドロキワセ
栃木	コシヒカリ	アキニシキ	初屋	日本晴
群馬	アオニシキ	コシヒカリ	ニホンマサリ	初屋
埼玉	日本晴	ムサシコガネ	コシヒカリ	ニホンマサリ
千代田	コシヒカリ	ハヤヒカリ	ホンネンワセ	トドロキワセ
東京都	日本晴	アキニシキ	コシヒカリ	東山38号
神奈川県	アキニシキ	コシヒカリ	セチワタリ	
山梨	日本晴	農林22号	トヨニシキ	フクヒカリ
長野	トドロキワセ	しなのこがね	コシヒカリ	ホウネンワセ
静岡	晴々	ニホンマサリ	シズヒカリ	シズタマ
新潟	コシヒカリ	新潟早生	トドロキワセ	越後早生
富山	コシヒカリ	越後早生	日本晴	五百万石
石川	コシヒカリ	加賀ひかり	越後早生	ホウネンワセ
福井	コシヒカリ	日本晴	こしにしき	フクヒカリ
岐阜	ハツシモ	日本晴	ヤマヒカリ	ヤマホウシ
愛知	日本晴	幸風	秋晴	黄金晴
三重	コシヒカリ	大空	うこん錦	秋晴
京都	日本晴	キンバ	コシヒカリ	びわひかり
大阪	日本晴	コシヒカリ	ミネニシキ	中生新千本
兵庫県	晴々	太刀風	トヨサト	東山38号
奈良	日本晴	中生新千本	金南風	ヤマビコ
和歌山	フヨウ	アキツホ	峰光	ほまれ錦
鳥取	日本晴	ニホンマサリ	秋晴	サチミノリ
岡山	日本晴	ヤマホウシ	ヤマビコ	ヤマヒカリ
広島	アケボノ	コシヒカリ	チドリ	ヤマビコ
山口	中生新千本	日本晴	ヤマビコ	中生新千本
徳島	ヤマホウシ	アキツホ	アキヒカリ	峰光
香川	日本晴	日本晴	アキツホ	ヤマヒカリ
高松	コガネマサリ	ミネニシキ	コシヒカリ	ミネユタカ
佐賀	黄金錦	セトホマレ	コトミノリ	オオセト
長崎	レイホウ	コシヒカリ	アキツホ	ナツヒカリ
熊本	日本晴	日本晴	黄金晴	コシヒカリ
大分	ミナミニシキ	シンレイ	コシヒカリ	黄金錦
宮崎	クジュウ	日本晴	ニシホマレ	コガネマサリ
鹿児島	クジュウ	ミネユタカ	ニシホマレ	日本晴
沖縄	コシヒカリ	ミナミニシキ	コガネマサリ	ミズホ
	コガネマサリ	ニシホマレ	コシヒカリ	ミズホ
	トヨニシキ	台中65号	ナゴユタカ	—

参考文献

- (1) 伊藤 隆二 (1967)  
 水稻の栽培 p. 141 養賢堂
- (2) 山根 国男, 水谷 倫三, 野村 正 (1967)  
 夜間照明による水稻成育の被害  
 農業技術 Vol. 22 p.p. 451~455
- (3) 朝隈 純隆, 金田 忠吉 (1967)  
 水稻の出穂に関する生態的研究(第4報)  
 日本作物学会紀事 Vol. 36 p.p. 286~290
- (4) 照明学会, 道路照明委員会 (1968)  
 道路照明と稲作被害研究会報告 p. 21
- (5) 笹村, 皿嶋, 仲林, 菅原, 岩沢 (1969)  
 道路灯による低照度夜間照明と水稻の成育  
 農業技術 Vol. 24 p.p. 526~527
- (6) 時政 文雄, 末富 正啓 (1971)  
 水稻の成育および収量に及ぼす夜間照明の影響  
 日本作物学会紀事 Vol. 40 p.p. 241~247
- (7) 近藤 晃, 太刀川洋一 (1973)  
 水稻に対する終夜照明の影響  
 群馬県農業試験場報告 No.13 p.p. 75~85
- (8) 近藤 晃, 太刀川洋一 (1974)  
 水稻に対する夜間照明の影響(続報)  
 群馬県農業試験場報告 No.14 p.p. 57~62
- (9) 近藤 晃, 太刀川洋一 (1974)  
 水稻の終夜照明による出穂促進  
 農業技術 Vol. 29 p.p. 529~541
- (10) 太刀川洋一 (1975)  
 終夜照明による水稻の被害防止試験  
 農林水産研究情報 No.51 p.p. 21~22
- (11) 笹村 静夫 (1981)  
 水稻品種の出穂期におよぼす低照度夜間照明および低温の影響とその統計学的解析  
 法について  
 京大農学部学術報告 Vol. 32 No.2 p.p. 53~62
- (12) 稲田 勝美 編著 (1984)  
 光と植物成育 p.p. 298~300 (養賢堂)

#### 4. 野菜への影響

##### 4.1 ホウレンソウ (1)~(3), (5)

ホウレンソウは、広く栽培されている葉菜である。ホウレンソウが成長から成熟に移り、抽だいをみると商品価値を失うので、植物体として十分に成長が必要であるが、成熟は進まないことが望ましい。

ホウレン草は長日性植物であり、一日の日長時間が一定時間（12.6時間）より長くなると成熟成長に移り、植物体の成長は停止し、抽だいをみる。一方ホウレンソウは温度に対しても感応性をもち、低温条件下では中日性、高温条件下では長日性の性質が一層増加される。

したがって、ホウレンソウは栽培時間（播種期）により、日長感度が異なり、同じ照度の夜間照明によっても、抽だいに対する影響は異なる。ここでは1例として東京都農業試験場、江戸川分場における試験結果を中心に、夜間人工照明の照度と抽だいの関係について述べる。

##### (1) 東京都農業試験場・江戸川分場の試験結果

(a) 試験品種；豊葉（武蔵野）、交配ニューアジア（協和）、黒葉ミンスター（タキイ）、深緑（協和）、平安日吉丸（タキイ）、タイタン（坂田）、シンフォニー（みかど）、大緑（丸種）、ハワイ（丸種）、ヒブラン（みかど）、ファンファーレ（みかど）、晩抽パイオニア（坂田）の12品種

(b) 播種期； ① 1979年 9月17日、 ② 1980年 3月12日

③ 1980年 8月 9日

(c) 光源；水銀ランプ

(d) 試験照度；0.1 lx ~ 39 lx（地上17.5cmの位置における法線照度）

##### (e) 観察実験結果

##### ① 照度に対する影響（9月播種）

- ・ 0~1 lx；影響なし（播種期に関係なし）
- ・ 2~4 lx；抽だいなし。生成長促進作用がみられる。
- ・ 4 lx以上；生成長促進作用あり、抽だい以前に収穫すれば商品価値あり。生成長栽培限界照度
- ・ 10 lx以上；抽だいあり。成長も活発
- ・ 25~30 lx；抽だい著し。成長も低下の傾向

##### ② 播種期と照度に対する反応

- ・ 9月採種のものには抽だいがみられる照度が最も大きく照明の影響が小さい。
- ・ 3月採種のものには日長感度の高い品種ほど小さい照度で抽だいです。
- ・ 8月採種のものには高温感度の高いものが小さい照度で抽だいです。

### ③ 品種と抽だいをもたらず照度の関係

- ・ 抽だいをもたらず照度の小さいものから大きいものへの順位  
照度 小；豊葉<深緑<平安日吉丸<黒葉ミンスター<シンフォニー；照度 大
- ・ 日本種の品種は、西洋種又は日本種と西洋種の間種種の品種より日長感  
度が高く、照明の影響をうけやすい。

### ④ 光源の種類と抽だいとの関係

- ・ 特に明確な関係はみられない。

## (2) 静岡県農業試験場の試験結果<sup>(4)</sup>

### (a) 播種期および品種

- ・ 昭和44年8月26日播種；牛若丸
- ・ 昭和44年8月26日播種；豊葉；ミスターランド

### (b) 光源；蛍光水銀ランプ

### (c) 観察実験結果

- ① 8月26日播種の“牛若丸”は50 lxのもとでは播種後22日で抽だいたした。0.7 lxのもとでは37日で抽だい、0.5 lxでは抽だいなし。
- ② 10月27日播種の“豊葉”は15 lx、“ミスターランド”は25 lx以上の照度で抽だいがみられた。
- ③ ホウレンソウ抽だいの限界照度は栽培条件；8月26日播種の牛若丸0.7 lxで花成と抽だいがみられることから、実用的にはほぼこの値が限界度とみられる。

## (3) ホウレンソウの品種と播種期と抽だいとの関係

同一の品種でも播種期によって抽だい開始日が異なる。文献<sup>(5)</sup>によれば、極早生種の平安日吉丸では、6月播種では播種後22日、9月播種では32日、3月播種では39日、1月播種では63日、11月播種では80日目に抽だいみられている。これは6月、9月播種では栽培期の高温と日長時間の長さが、強く影響しており、11月、1月播種はそれと反対に良い方向に自然の栽培条件が関与しているものと考えられる。

一般に夏期のホウレンソウの栽培は、冬期の栽培にくらべ、栽培上の注意事項や栽培の必要条件も多いが、一つは夏期の強い日照を低減させること、澆水や肥料の選択によりかなり改善できるといわれている。図4.2、図4.3にその代表的な品種についての播種期と抽だい日の例を示す。



## 4.2 その他の野菜<sup>(3)</sup>

### (1) キウリ

(a) 播種；昭和44年8月11日

(b) 定植；昭和44年9月10日

(c) 光源；蛍光水銀ランプ

(d) 観測実験結果；“近成四葉”の8月11日播種では、30lxの照度で、低節位の貧弱な雌花が付着し、落蕾がみられたが、照度のちがいにより、生育に差異はみとめられなかった。

### (2) レタス

レタス（GL-366）ワイヤベットでは個体差が多きく、照度の影響はみられなかった。

### (3) セルリー、イチゴ、

セルリー、イチゴでは20lx以下の照度では抽だい、出曹、開花の反応はみられない。

### ・参考文献

- (1) 小菅 悦男；“ホウレンソウの生育と抽苔” 野菜園芸技術 7巻  
12号（1980-12）P6
- (2) 昭和55年度、東京都試験試験場江戸川分場  
野菜試験成績書 P25
- (3) 村松 安男他；夜間照明の照度が蔬菜の光周反応に及ぼす影響”  
昭和45年度、静岡県農業試験場報告
- (4) 稲田 勝美；光と植物生育” P306 昭59
- (5) 小菅 悦男；“夏どりホウレン草の良品生産技術” 農耕と園芸  
vol39、No5、P80（1984）

## 5. 昆虫誘引による影響

### 5.1 夜間照明と昆虫

夜間照明に誘引され、飛来する昆虫により、照明設備の周辺の植物が影響をうけたり、人間の居住空間に昆虫が侵入し、生活活動が影響をうけたりすることがある。これは昆虫の生活圏と、人間の生活圏が交絡するために発生する現象である。昆虫の特性を理解し、使用する照明設備の特性を調節することにより、昆虫の生活圏と人間の生活圏の交絡を少なくすることができる。ここでは、昆虫の光に対する特性を中心に述べる。

## 5.2 夜間照明に飛来する昆虫 (1), (2)

昆虫のなかには、チョウのように昼間の明るい時に主として活動するもの、カ（蚊）やハエ（蠅）のように朝夕の薄暮時に主として活動するもの、また夜ガ（蛾）と呼ばれるもののように、夜間の暗い時に主として活動するものがある。

夜間活動性の昆虫の多くが、夜間照明に誘引され、光源の周辺に飛来する。飛来する昆虫の種類は、その照明設備の周辺的环境によって異なる。田園地帯、湖沼、河川、山林、などにより生息する昆虫の種類が異なる。また飛来する時期も昆虫の発生時期により、夏期に1期間のものと2期間のものがある。

昆虫の活動は、温度と風速によって影響をうけるので、昆虫の習性を理解すれば、昆虫の飛来をコントロールすることができる可能性がある。

## 5.3 昆虫視力の波長特性 (1), (3), (4)

多くの種類の昆虫は、紫外放射（UV-A）の領域に最大の視力を持ち、可視放射のうち青から緑の波長に視力をもつものが多い。図 5-1、図 5-2 にその一例を示す。

しかし、他の文献によれば、カ（蚊）の一種では可視域に視力の中心があるものもいる。

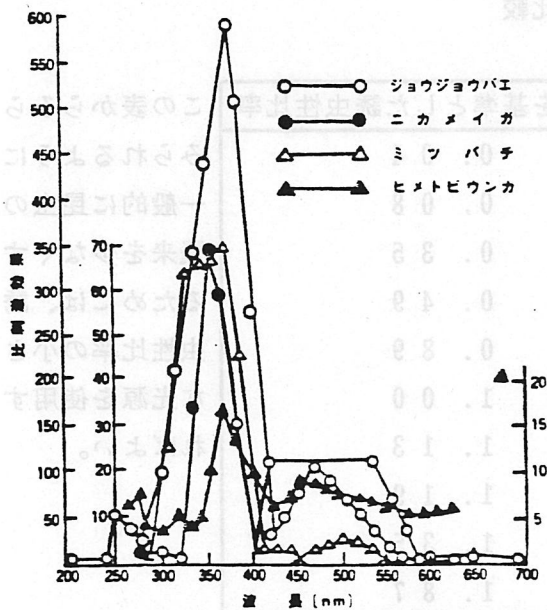


図5.1 ニカメイガなどの走光特性 (八木、1952)

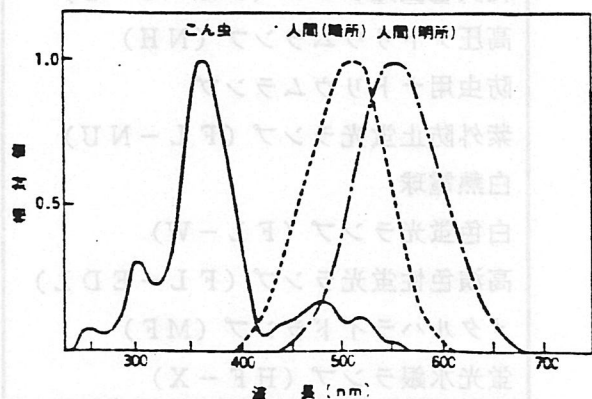


図5.2 昆虫走光性の波長特性 (Bickfordによる、1964)

#### 5.4 昆虫の走光性と照度および光源の輝度

先に述べたように、夜間活動する昆虫は、昼間のような明るさの下では暗い場所に潜んでおり、周囲がある照度になれば活動を開始し、光源の方へ飛来する。二化メイガでは $0.01 \text{ lx}$ の照度のときにもっとも活動が活発になるといわれている。また、カ(蚊)は $0.1 \text{ lx} \sim 10 \text{ lx}$ 程度が活動の範囲で、 $1 \text{ lx}$ 程度のときに最も活発に活動するといわれている。

このように昆虫が光源の方へ飛来する現象を昆虫の走光性と呼ぶ。反対に光をさけて遠ざかる現象を負の走光性と呼ぶ。走光性をもつ昆虫は、光源の近くに飛来し、昆虫の最適照度域の範囲で飛翔する。

光源の輝度は $1000 \text{ cd/m}^2$ 程度のものが最も走光性が誘発される。輝度が $150$ 万 $\text{cd/m}^2$ の場合には光源から一定距離はなれた空間を飛び回り、光源に近づかない。

#### 5.5 光源の誘虫性

光源は照明を目的として開発されたものであり、ヒトの資格を基準に評価されている(図 5.2)。したがって各光源の誘虫性を評価するためには、同じ光束を与えたときに、昆虫の視力がどのようになるかを考える。さらに最も普及している電球の特性を基準として相対値で示したものが光源の誘虫性である。この評価方法で評価すると、一般の捕虫用蛍光ランプの誘虫性比率は、 $130$ になる。

表 5.1 各種光源の誘虫性比較

光 源	電球を基準とした誘虫性比率
低圧ナトリウムランプ (NX)	0.04
純黄色蛍光ランプ (FL-Y-S)	0.08
高圧ナトリウムランプ (NH)	0.35
防虫用ナトリウムランプ	0.49
紫外防止蛍光ランプ (FL-NU)	0.89
白熱電球	1.00
白色蛍光ランプ (FL-W)	1.13
高演色性蛍光ランプ (FL-EDL)	1.19
メタルハライドランプ (MF)	1.35
蛍光水銀ランプ (HF-X)	1.87

この表からみられるように、一般的に昆虫の飛来を少なくするためには、誘虫性比率の小さな光源を使用すればよい。

#### 5.6 光による昆虫の制御

光により、昆虫を集める目的には、捕虫用蛍光ランプを使用するとよい。飛来した昆虫を捕獲することができれば捕虫器として使用できる。現在用いられている捕獲装

置（電撃殺虫器・捕虫用扇、捕虫用水盤など）では完全に捕獲できない。したがって飛来した昆虫が捕虫器の周囲に生息することになり、影響を与えることになる。

昆虫の飛来による影響を少なくするためには、飛来する昆虫を少なくすることが前提になる。そのためには、表 5-1 に示す誘虫比率の小さい光源を使用し、周辺部の昆虫との交絡を少なくする。次に飛来した昆虫を、捕虫器を使用して捕獲し、人間との関連を少なくする。

照明の目的は人間の生活々動に必要な視覚条件を整備することであり、その照明設備の目的に応じた照明条件を満足する必要がある。照度、輝度の分布、光源の遍光性、など照明に必要な要件を満たすことが第一である。次に昆虫とのかかわりを少なくする配慮を行なう。そのためには、不必要な光を屋外に広く放射しないように配光の制御が必要である。また、昆虫の視力に関する紫外放射をすくなくするよう配慮することも大切である。適切な紫外放射吸収性能をもつ照明器具材料を組み合わせ、光源からの紫外放射を低減させる機能をもつ照明器具を使用することも有効である。

## 5.7 まとめ

夜間照明による昆虫の飛来を防ぐには、その照明施設の目的を満足する光源のうち、最も誘虫比率の小さい光源を使用し、かつ、不必要な光を屋外へ放射しないような配光の照明器具を用いる。屋外照明施設などを消灯した場合、近隣の人家へ昆虫が飛来するのを減らすため、屋外照明施設と人家の間に捕虫器などを設置すると人家へ飛来する昆虫を途中で捕獲することができ、防虫効果がある。

## 6. 対策方法

### 6.1 序論

以上のところまでの各章において、光放射と植物の関係、農作物、特に水稲、ホウレンソウに対する夜間照明の影響などについて、述べてきたが、本章では、これらの影響を防止あるいは低減するための考え方、および具体的な対策について述べる。基本的には、次の各点の検討が必要である。

- |                       |    |                         |
|-----------------------|----|-------------------------|
| ① 照明が影響しそうな場所の周囲状況の調査 | …… | 照明の影響が顕著な対象物の種類、数量、分布など |
| ② その対象となる農作物の属性の調査    | …… | 植物の場合、短日植物か、長日植物かなど     |
| ③ 光源の種類を検討            | …… | 光源の形状、大きさ、全光束、分光分布など    |
| ④ 照明器具の種類、形状などの検討     | …… | 配光特性など                  |
| ⑤ その他の検討              | …… | 点灯時間、スケジュールなど           |

以下、これらについて、項目ごとに詳述する。

### 6.2 対策の要点

近年、市民の健康保持、体力増強を目的とするスポーツ施設の充実のためのスポーツグラウンドの照明、交通安全、防犯を目的とする道路、街路の照明などが急増し、その漏光が近隣の農地、住宅などに影響を及ぼす事例が問題となっている。

照明の漏光問題は、結果として現れると、解決には多くの労力と経済負担を伴う場合が多く、また照明設備の側から見ても、漏光の抑制のために照明の機能を大きく損なうおそれもある。例えば、野球などを対象とするグラウンド照明では、フライボールが見えるように、ある程度上空空間にも光を与える必要があり、漏光を防ぐために、この上空光をカットしてしまうと、ボールの見にくい不十分な照明設備となる可能性が強い。

したがって、問題の発生が予測される立地条件にある場合は、出来得る限り、設計段階における対応の検討が望ましい。

設計段階においては、照明器具の選定、位置等に選択の余地があり、最も影響の少ない選定が可能であり、場合によっては、グラウンドの競技方向を変えることまでも考えられ、照明の機能をそれ程損わずに実施できる可能性が高い。又、場合によっては、農作物の種類の変更などを検討する必要がある。

いずれにせよ、この時点では、地主や住民に対する十分な説明や意見交換により、問題の発生を未然に防ぐことができる場合が多い。

最近、グラウンド照明のように規模の大きな照明設備の施工にあたっては、その工事についての住民説明が行われているようであるが、道路、街路の照明は意外と無造作に実施される例が多く、問題の発生を見ているようである。事前の調査と近隣住民の理解が問題の発生を防ぐ第一歩である。

このように、設計時点での対応を事前対策と称することにし、設備が完成して後に、季節や環境の変化、天候状態などにより予想外の影響が及んだ場合の対応を事後対策と称することとする。

### 6.3 事前対策

照明設備の設計にあたっては、ほとんどの場合電源供給の状態を調査することになるので、同時に周辺の住宅、農地等にも調査の目を向ける必要がある。道路照明の場合には数10メートル、グラウンド照明の場合には数百メートルの範囲が対象となる。特に住宅では高層住宅、グラウンドが住宅に南面している場合に注意を要する。

農地では、稲田、大根、ホウレンソウ畑、草花栽培地など、その他、家畜、魚類なども影響を受ける場合があるので注意する必要がある。

このような設計段階での対策の順序と概要を流れ図として示すと、ほぼ図 6.1 のように表わすことができる。

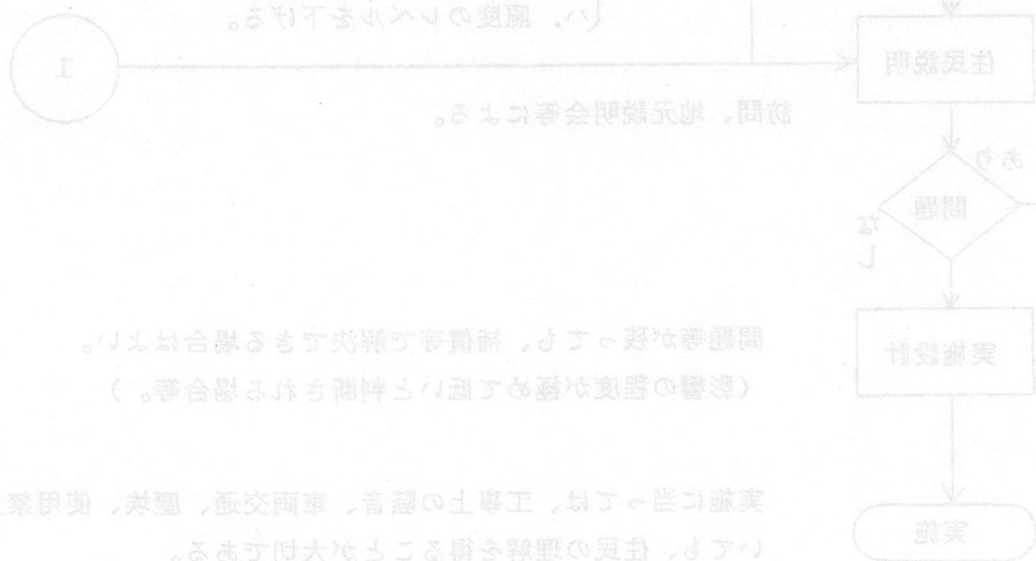


図 6.1 事前対策の順序と概要

この図は、照明設備の設計にあたっては、ほとんどの場合電源供給の状態を調査することになるので、同時に周辺の住宅、農地等にも調査の目を向ける必要がある。道路照明の場合には数10メートル、グラウンド照明の場合には数百メートルの範囲が対象となる。特に住宅では高層住宅、グラウンドが住宅に南面している場合に注意を要する。農地では、稲田、大根、ホウレンソウ畑、草花栽培地など、その他、家畜、魚類なども影響を受ける場合があるので注意する必要がある。このような設計段階での対策の順序と概要を流れ図として示すと、ほぼ図 6.1 のように表わすことができる。

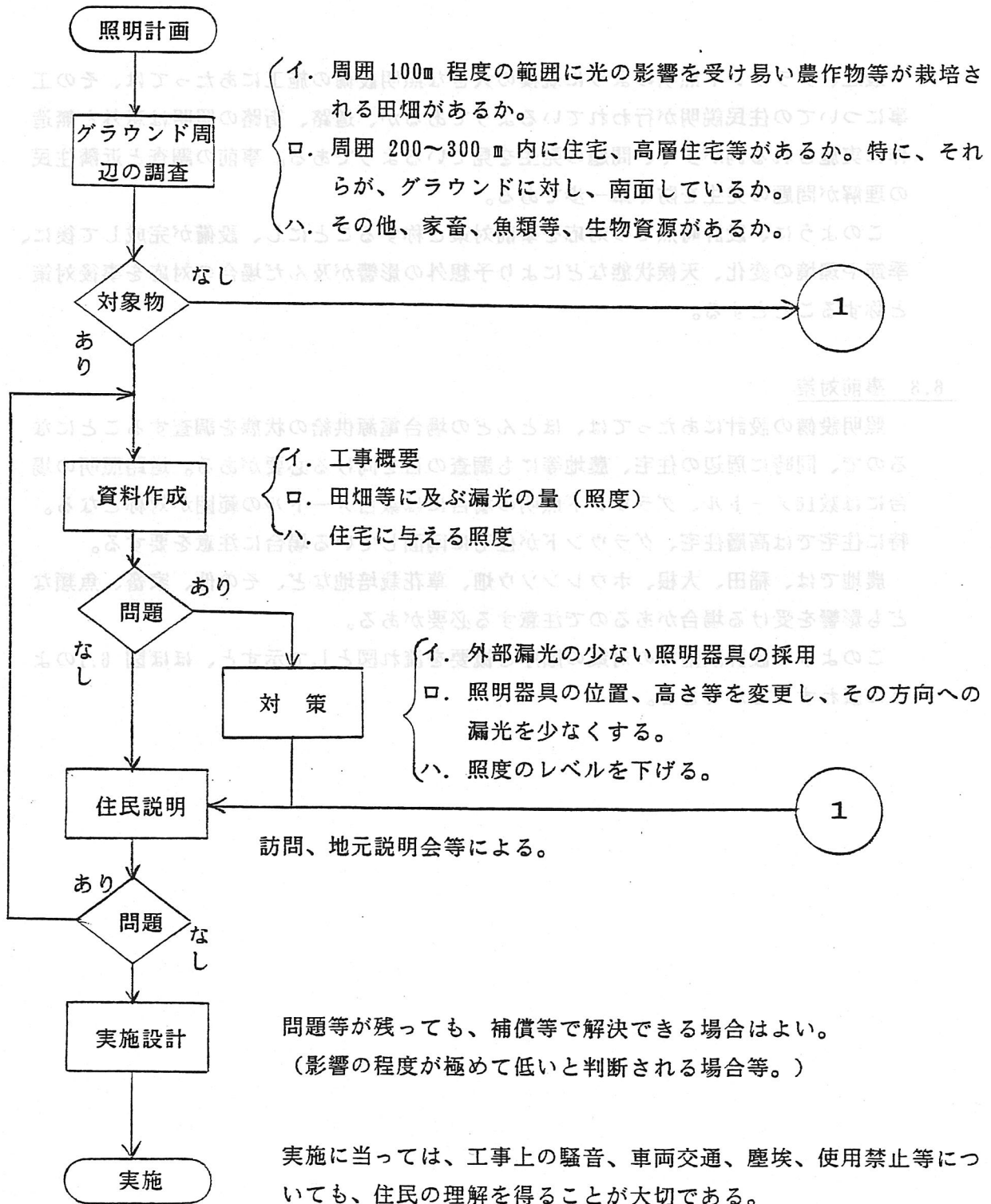


図6.1 設計段階での対策のフローチャート

事前対策の資料としては、場外への漏光の程度を表現するために照度分布を示すのが一般的である。照度分布は、水平面照度と鉛直面照度とで表現できる。

水平面照度は、照射設備の周辺に及ぼす漏光の程度をおおよそ把握するのに便利で、

影響の範囲を簡単に示すことができる。鉛直面照度は、光の影響の程度をより近似して表現できるが、分布状態を単純に表現できないので、局部的な数値となる。特に高層住宅等の影響を調べる空間的な値として示される。

図 6.2は、学校グラウンドの照明の影響が及ぶ範囲を地図上に示したもので、周辺住宅の影響範囲が把握できる。

図 6-3は、周辺高層住宅への影響の程度を立体的に求めた鉛直面照度の部分的な分布を示している。この例では、住宅の側面及び北面に光が当り、その照度値も $10 \text{ lx}$ 以下なので、問題なしと判断された。

図 6.4は、照明設備からの離隔距離と鉛直面照度の関係を示すもので、その方向の影響範囲を空間を含めて評価できる。

図 6.5は、アユの取れる河川に対する影響評価を水平面照度で行った例れであるが、満月の明るさが影響するという説もあり、 $0.5 \text{ lx}$ 程度を目やすとしたものであった。しかし水面では、入射角が大きいと表面反射があり、満月のように上空からの入射に比べると条件は良くなると考えられる。

以上のように、水平面照度と鉛直面照度での検討を行い、環境の実情を把握すれば、十分な対応が可能で、照明器具の配光、配置、指向などの検討により、照明効果の犠牲を最小限にして、外部への影響を抑止できる。

#### 6.4 事後対策

設計段階で十分な調査、検討がなされなかったり、遮へい物がなくなったり、季節により栽培種が異なる等、照明設備実施後に実際の影響が現われ、問題が発生する場合がある。被害が生じれば当然補償問題等に発展するおそれがあるが、当座の解決だけで終らず、年々その可能性を持つことが問題となる。

したがって、最初の時点で早期に対応し、影響を無くする対策が必要である。ところが、設備が完成してからでは、照明器具の位置や高さ、更には照明器具の基本的構造まで変えることは不可能に近く、照明器具などのマイナーチェンジで対処せざるを得ない。

農作物の種類によっては、一時期点灯を中止すれば問題ないものもあるが、その休止時期が、スポーツ照明などでは、最適期にあたることもあり、実現性が乏しい。

改善策としては、照明器具に遮光材を取付けたり、指向方向を変えること等が主となり、多くの場合、照度低下や照度分布の悪化、スポーツ照明では空間照度の低下など、照明の質、量ともに低下することになる。

以下実例にて示す。

図 6.6は、学校グラウンドで市民の為の野球用照明を設備した例であり、グラウンドは、良好な照度値と分布を得られていた。ところが、周囲に隣接した畑で、大根と草花の栽培が行われ、成熟期になると、大根はスが入り採取不能。又、草花は色が悪



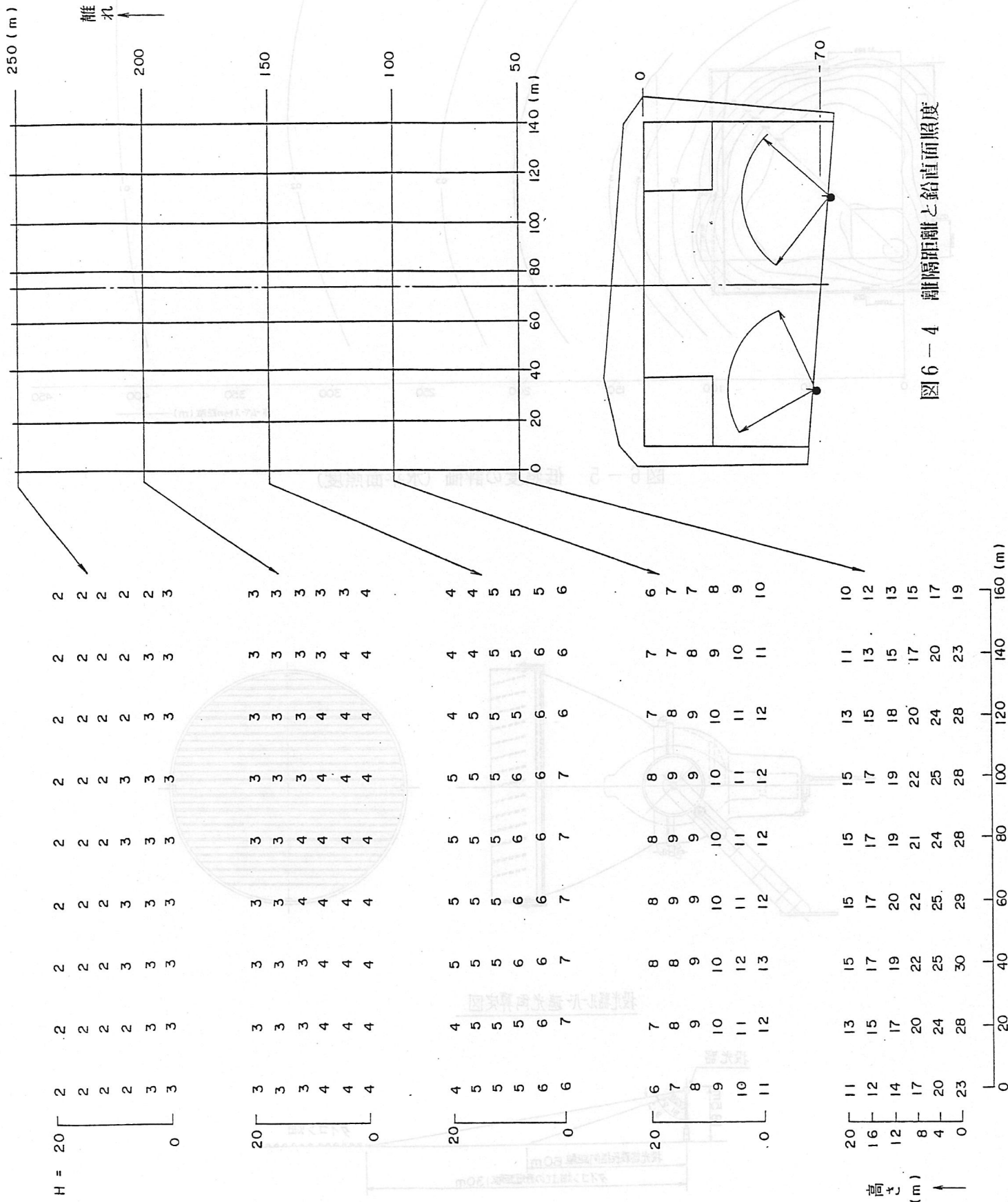


圖 6-4 距離距離と鉛直面照度

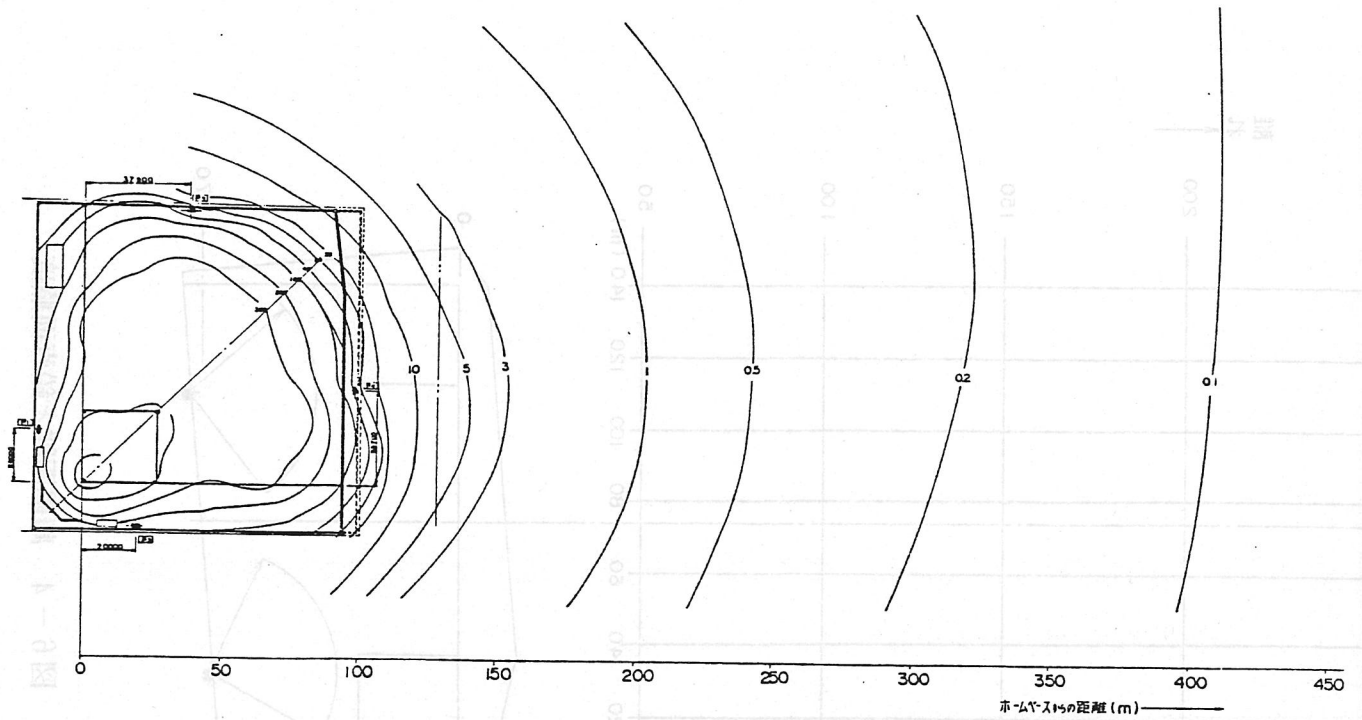
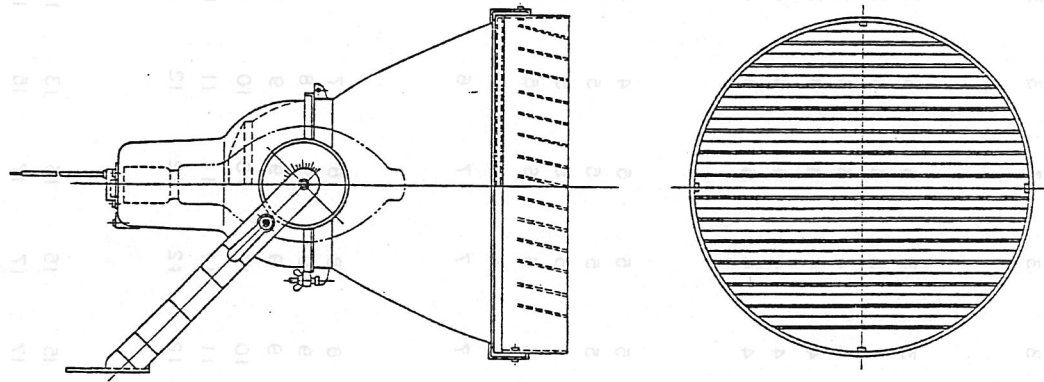


図6-5 低照度の評価 (水平面照度)



投光器ルバー遮光角算定図

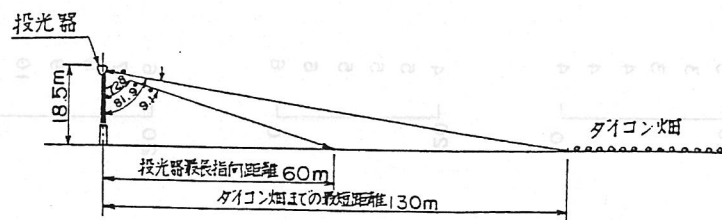


図6-7 投光器カッターバー取付図



くなるなどの苦情があり、予想以上の被害となった。

農家の立場としては、従来暗闇であった所に夜間照明による光で影響が生じたのであるから、元の暗闇に戻すべきであるという厳しい要求があり、それなりの対応が必要となった。

対策としては、被害地域に強いビーム光を与えている投光器には、カットルーバーを取付け、影響の少ない投光器は、振向調整により光を抑制することとした。

図 6-7は、最も影響の大きな照明塔の標準指向角と大根畑との角度差により遮光角を求め、特注されたカットルーバーの取付参考図で、この場合遮光角は $9^{\circ}$ となり、図のような全面ルーバーが必要とされた。

このルーバーの取付け及び振向調整を施した器具配置の状況を図 6.8に示す。全数 96 台に対し、ルーバーを取付けたもの 35 台、振向調整を行ったもの 61 台となった。

対策後の照度測定結果を図 6.9に示す。畑地に対する漏光の抑制効果は非常に良く、 $10 \text{ lx}$  以上が測定された地域が全て  $1 \text{ lx}$  以下の鉛直面照度となった。その反面、グラウンドは、対策前に内野  $600 \text{ lx}$ 、外野  $300 \text{ lx}$  を超えた照度が、 $400 \text{ lx}$  以下、 $200 \text{ lx}$  以下となり、約 65% の値に低下してしまった。

このように漏光の抑止対策は、本来の照明設備の機能を著しく低下させることが多く、特に野球用照明として必要な空間照度の低下が大きいと考えられる。

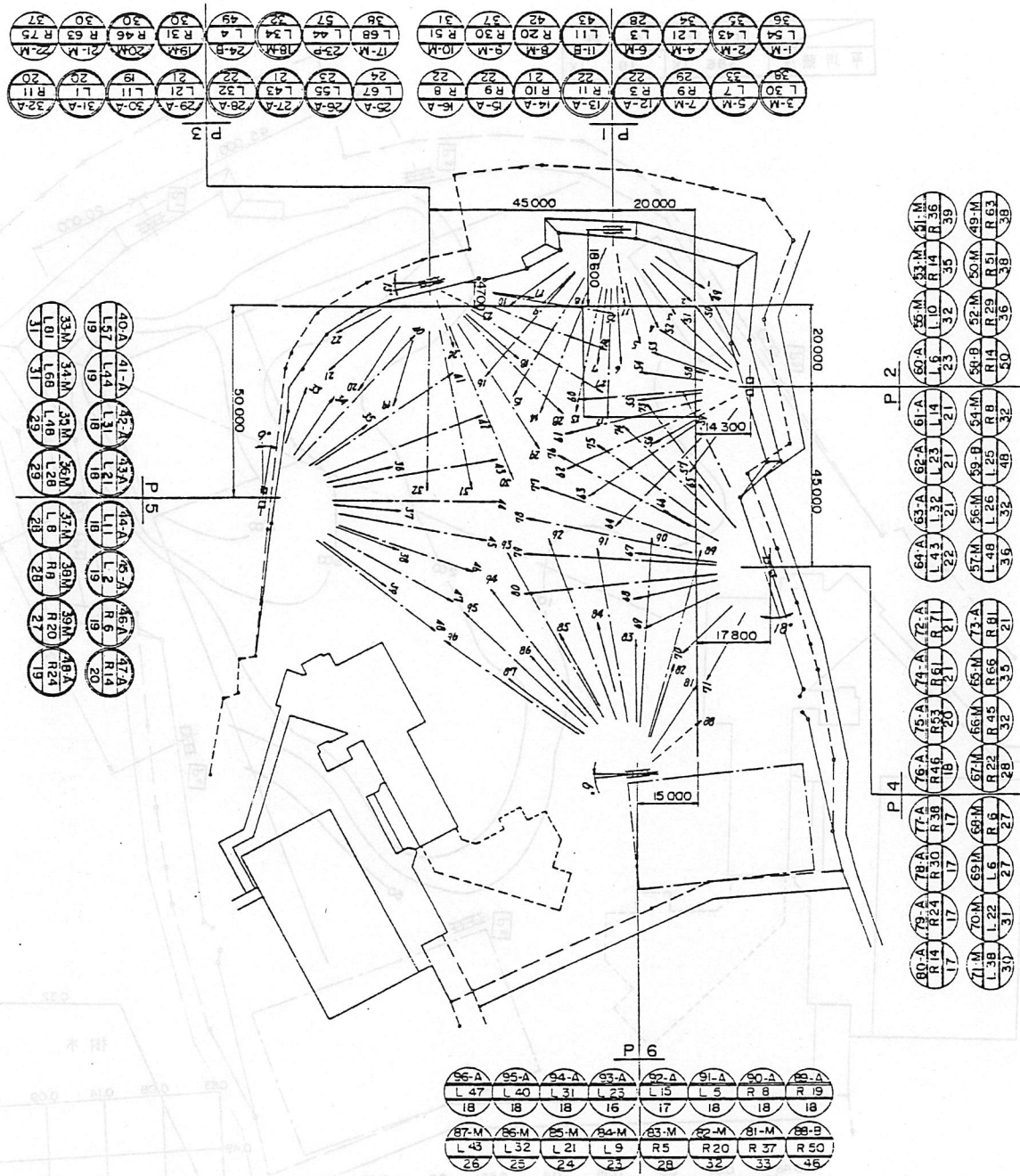
この後農地における被害の報告は全く無いので、対策は完全であったが、本来の照明効果の犠牲が大きく、事後対策の最大の欠点を明瞭に示した例である。

## 6.5 対策用照明器具の実際

光源から放射される光束を、必要な場所に必要なだけ供給することが、照明器具の役割の 1 つである。市販されているさまざまな配光特性を有する照明器具の中から、目的に合った配光特性を選択して使用することが、不必要な場所への漏光を防止する上で最も有効な手段であり、かつエネルギーの有効活用にも繋がることになる。

しかしながら、立地条件によっては一般的には「適当」と認められる配光特性をもつ照明器具を使用しても、なおかつ周辺への漏光が問題となる場合がある。こうした際には、一般的な照明器具に比べて厳しく配光を制御し、漏光について特別な配慮がなされた照明器具を使用する必要性が生じてくる。照明器具に施される一般的な漏光対策には、大別して次の 3 つの方法がある。

- (a) 照明器具に内蔵された反射鏡やプリズムグローブの適切な形状設計によって配光を制御する方法
- (b) 照明器具に内蔵された遮光板により、不必要な方向へ放射される光を遮光する方法



装柱表

種類	SFM-50A	SFM-50B	SFM 50MA	計
P1	5	1	10	16
P2	5	2	9	16
P3	8	2	6	16
P4	9	0	7	16
P5	9	0	7	16
P6	8	1	7	16
計	44	6	46	96

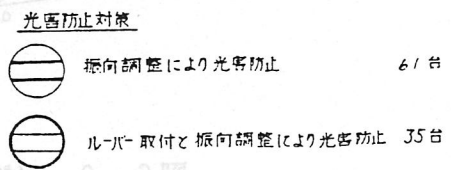
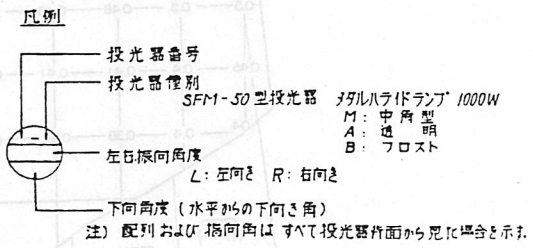


図6-8 対策投光器の配置, 指向

	内野	外野
平均照度	386 lx	197 lx

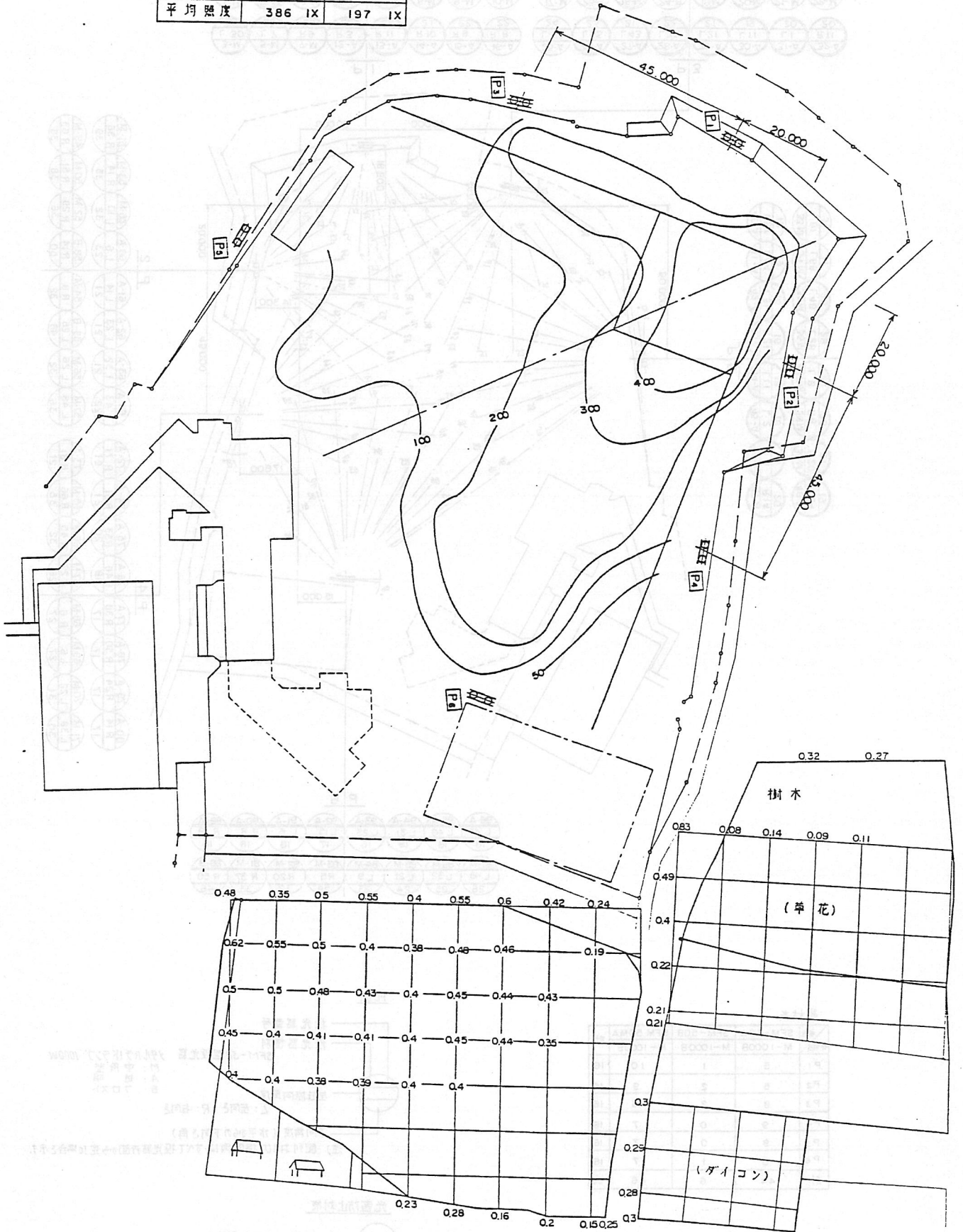


図6-9 対策後の照度測定結果 (1年間使用后)

(c) 照明器具の外部にルーバーやフードを付加することにより、不必要な方向へ放射される光を遮光する方法

これらの方法によって、漏光対策を施した照明器具の例を以下に紹介するが、照明器具のみによる完璧な漏光防止はなかなか難しいというのが現実で、照明の普及に対する周辺住民の理解と協力が欠かせないものとなっている。

### (1) 自動車道路用照明器具

照明器具に内蔵された反射鏡の形状とグローブに刻まれたプリズム形状との適切な組み合わせにより、照明器具の後方に漏れる光を制限したもので、付近に田畑や民家などがある自動車道路の照明に用いられている。この種の照明器具には、HIDランプの200~400[W]用と200~1000[W]用の2種類あるが、いずれの照明器具も外観上は一般的な道路照明器具との区別はつけ難い。図6.10および図6.11に、後方への漏光を制限した照明器具と一般の道路照明器具（いずれも200~400[W]）の形状、光学特性を示す。

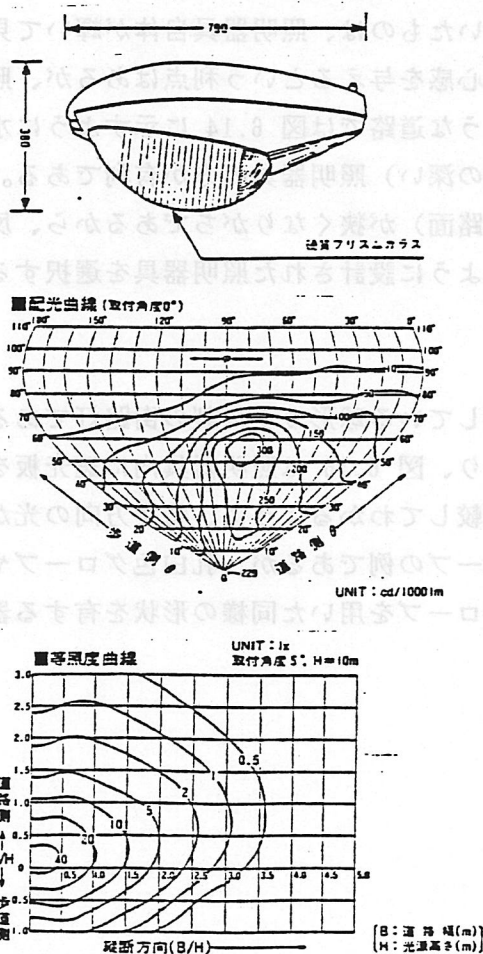


図6.10 後方への光を制限した道路照明器具

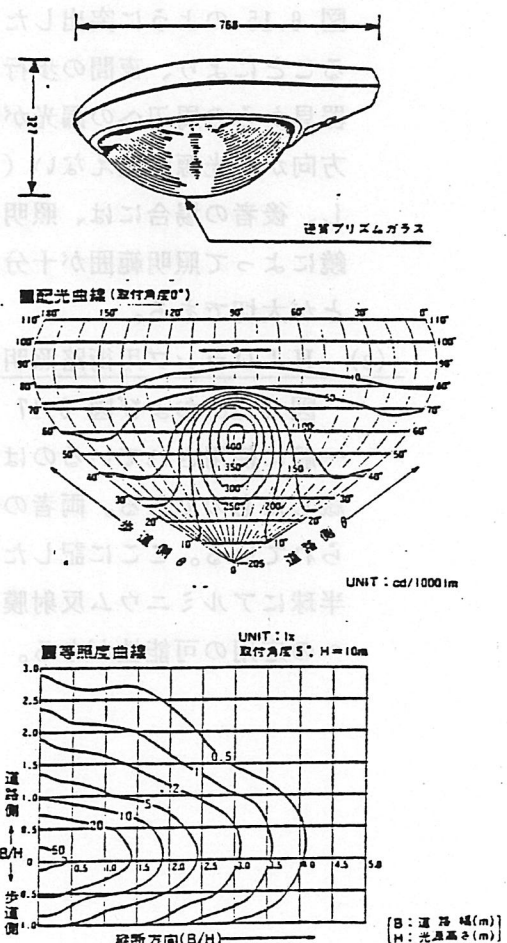


図6.11 一般の道路照明器具

## (2) 住宅街路用照明器具

住宅街の道路の照明に使用される照明器具（防犯灯）には、蛍光ランプを使用するものとH I Dランプ使用するものがある。照明器具からの光が深夜の就寝時においても雨戸の無い窓を通して室内に差し込むなどして、安眠を妨げる場合がある。このようなケースでは、照明器具の上方へ出る光を制限したものや、水平方向から光源が見えないもの（カットオフ角の深いもの）などが有効である。

### (a) 蛍光ランプ用照明器具（15W×3灯用）

照明器具に内蔵した遮光板によって、住宅側への漏光を制限した例である。

図 6.12 と図 6.13 は、同一本体に遮光板を内蔵した場合と内蔵しない場合の配光特性を比較して、示したものである。

このような遮光板による漏光の防止は、同様の形状をしたH I Dランプ用の照明器具についても応用できる。

### (b) H I Dランプ用防犯灯

図 6.14 および図 6.15 は、H I Dランプ用の防犯灯の例である。

図 6.15 のように突出したグローブを用いたものは、照明器具自体が輝いて見えることにより、夜間の歩行者に対して安心感を与えるという利点はあるが、照明器具からの周辺への漏光が問題となるような道路では図 6.14 に示すように水平方向から光源が見えない（カットオフ角の深い）照明器具の方が有利である。但し、後者の場合には、照明される範囲（路面）が狭くなりがちであるから、反射鏡によって照明範囲が十分大きくとれるように設計された照明器具を選択することが大切である。

### (c) H I Dランプ用街路照明器具

図 6.16 および図 6.17 は、広く普及している球形ガラス製の街路灯である。一般に使用されているのは図 6.17 であり、図 6.16 は照明器具内に遮光板を内蔵したものである。両者の配光曲線を比較してわかるように、特定方向の光が遮られている。ここに記した例は透明グローブの例であるが、乳白色グローブや上半球にアルミニウム反射膜を蒸着したグローブを用いた同様の形状を有する器具への応用の可能性がある。

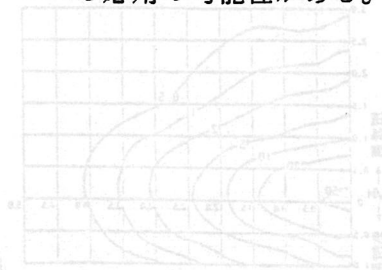


図 6.16 球形ガラス製街路灯の配光特性 (H I Dランプ用)

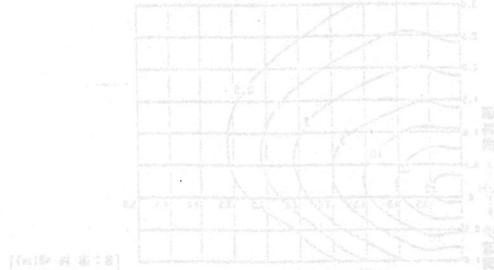


図 6.17 球形ガラス製街路灯の配光特性 (H I Dランプ用)

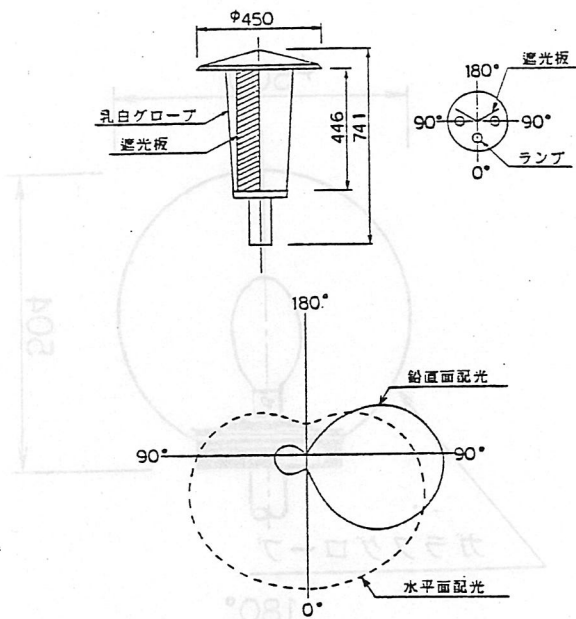


図6.12 遮光板を内蔵した蛍光ランプ  
用防犯灯 (15W×3灯)

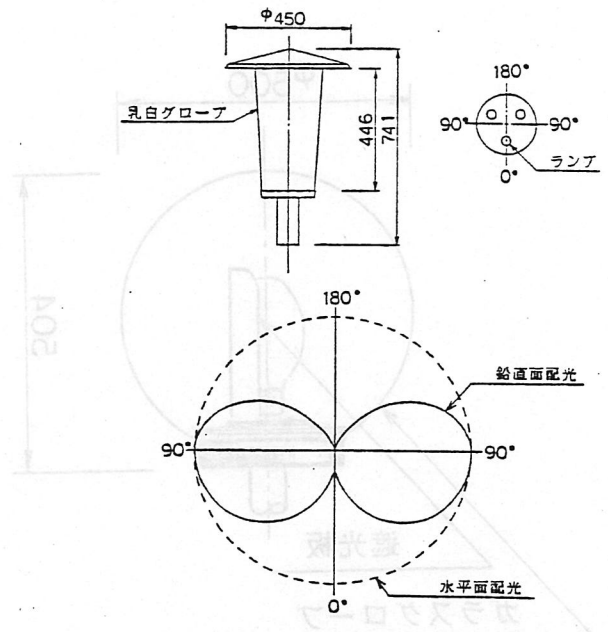


図6.13 遮光板を内蔵していない蛍光  
ランプ用防犯灯 (15W×3灯)

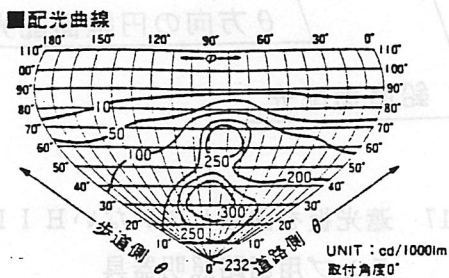
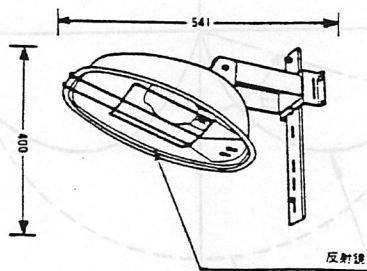


図6.14 カットオフ角の深いH I D  
ランプ用防犯灯

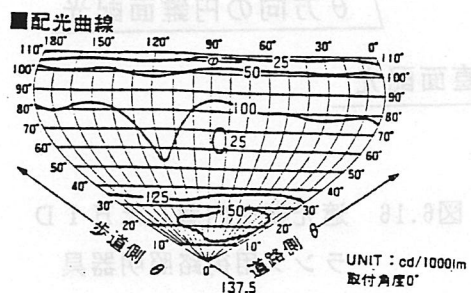
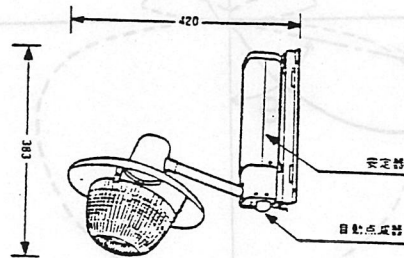


図6.15 カットオフ角の浅いH I D  
ランプ用防犯灯

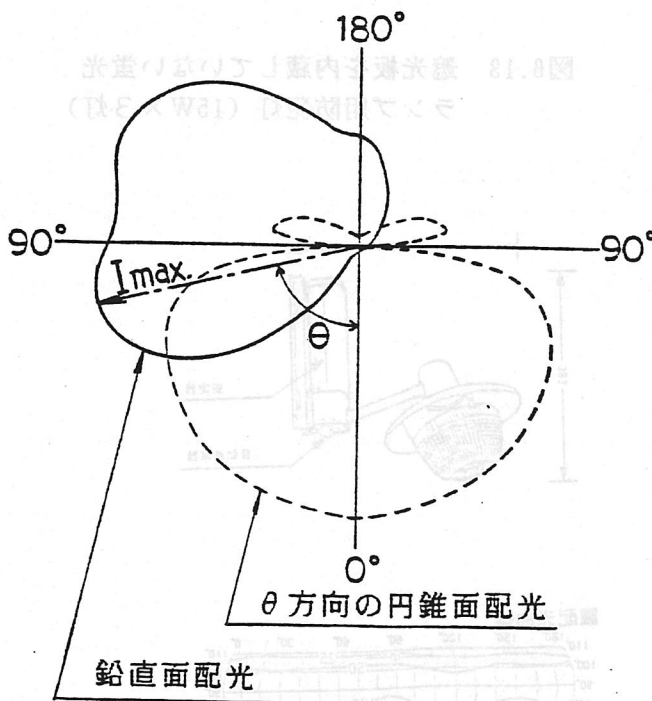
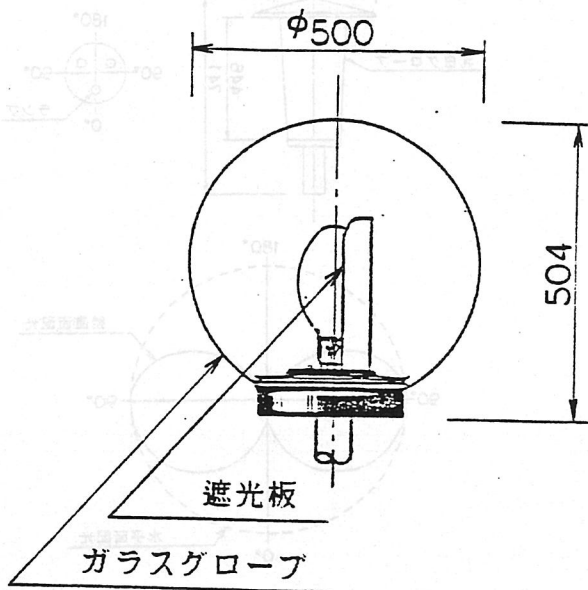


図6.16 遮光板を内蔵したH I D  
ランプ用街路照明器具

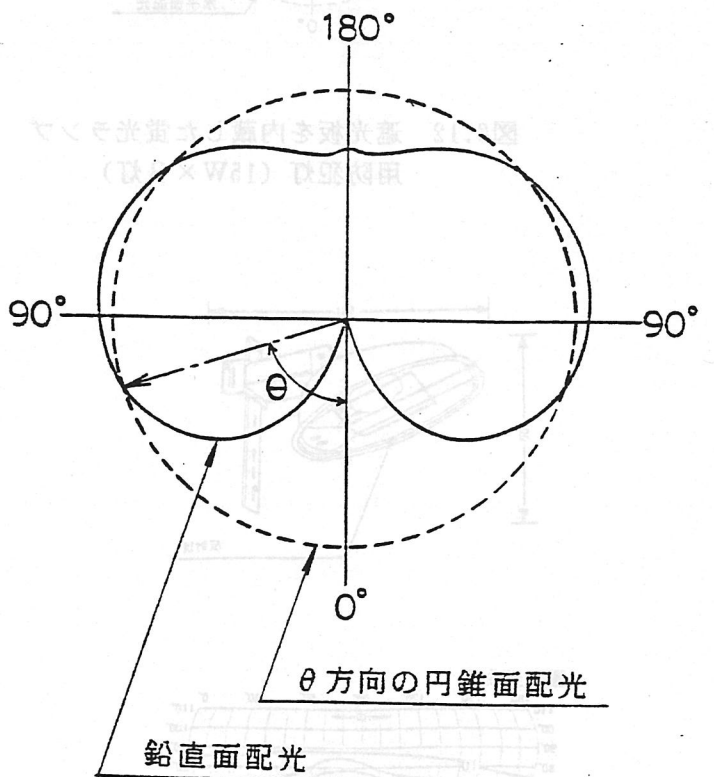
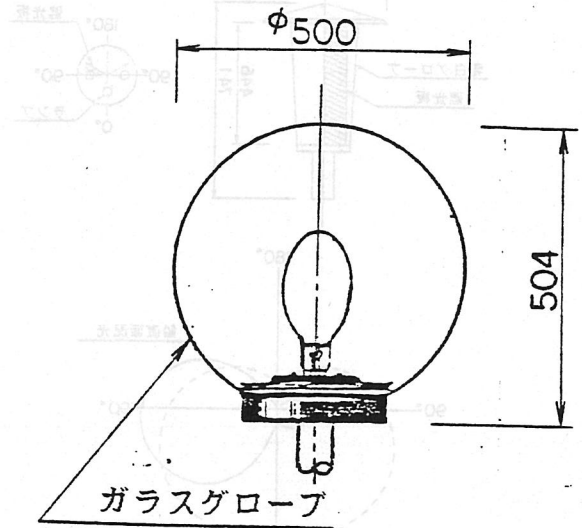


図6.17 遮光板を内蔵していないH I D  
ランプ用街路照明器具

### (3) スポーツ施設用照明器具

屋外スポーツ施設の照明に使用される照明器具の中には、

- ・ 反射鏡形状の工夫により周辺への漏光を防止するもの
- ・ 照明器具にルーバーやフードを付加することにより漏光を低減するもの

などがある。スポーツ施設においては、照明器具（照明柱）の配置や照射角度の適切な設計がなされてはじめて、この種の照明器具を使用する効果が最大限に発揮されるということに十分注意しなければならない。

#### (a) テニスコート照明器具

テニスコート施設の都市部における普及によって周辺の民家への漏光が問題となる場合があり、これに対処する照明器具として、上空への漏光を防止した照明器具がある。その配光特性上、遠距離への投光が難しいために大規模なテニスコートでは、照明柱が林立することになるという美観上の欠点はあるが、中～小規模（4～1面）のテニスコートにおいては、従来の投光照明方式にくらべ、周辺民家への漏光防止には非常に有効な照明器具である（図6.18参照）。

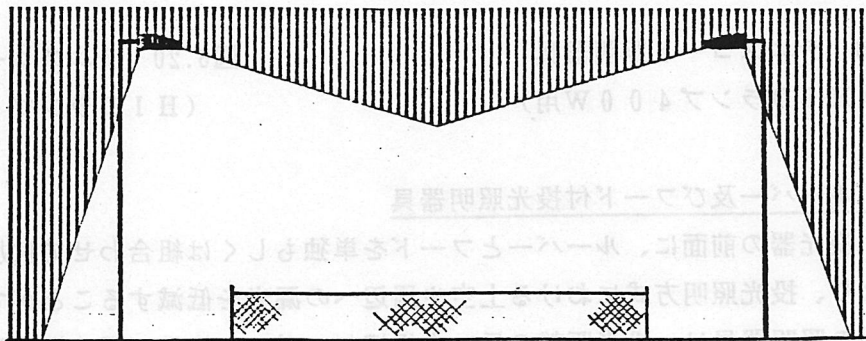


図6.18 テニスコート用照明器具照射パターン

上方及び後方への光が制限されている  
ので、コート周辺への漏光が少ない

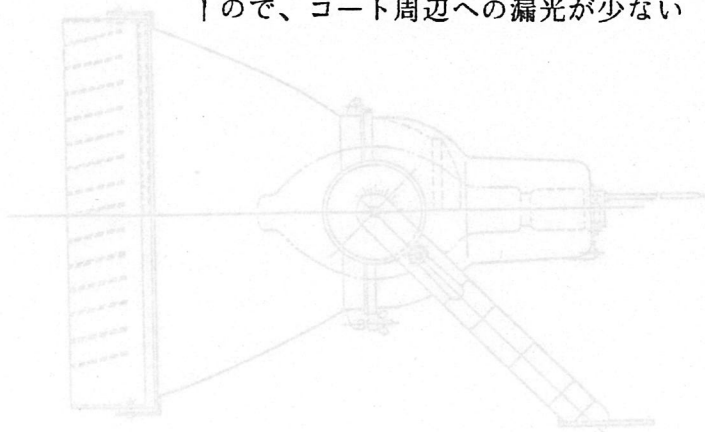


図6.18 テニスコート用照明器具照射パターン

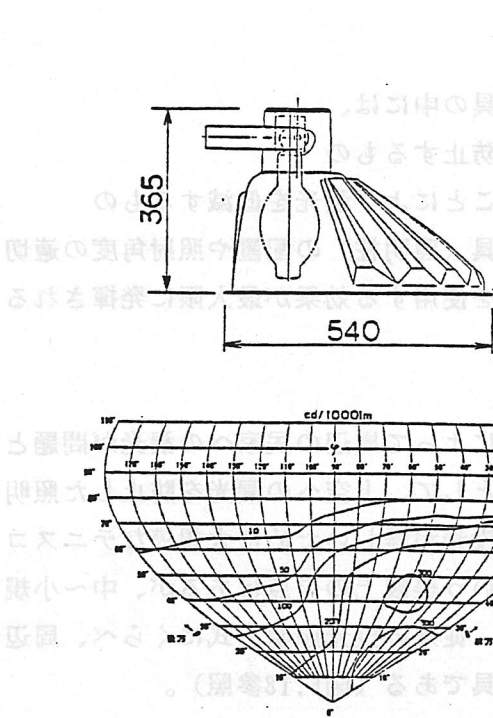


図6.19 テニスコート照明器具  
(H I Dランプ400W用)

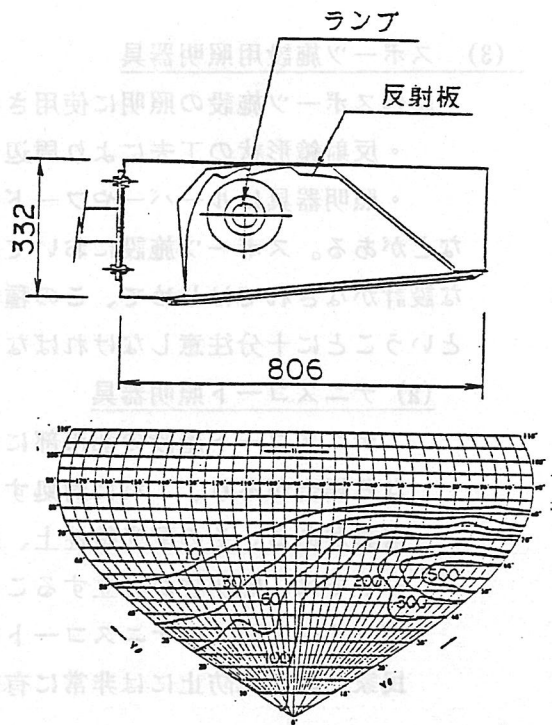


図6.20 テニスコート照明器具  
(H I Dランプ1000W用)

(b) ルーバー及びフード付投光照明器具

投光器の前面に、ルーバーとフードを単独もしくは組合わせて付加することにより、投光照明方式における上空や周辺への漏光を低減することができる。この種の照明器具は、投光距離の長い大規模なスポーツ施設（野球場・陸上競技場など）や港湾のヤードなどで、不必要な方向への光を低減したい場合に使用されることが多い。

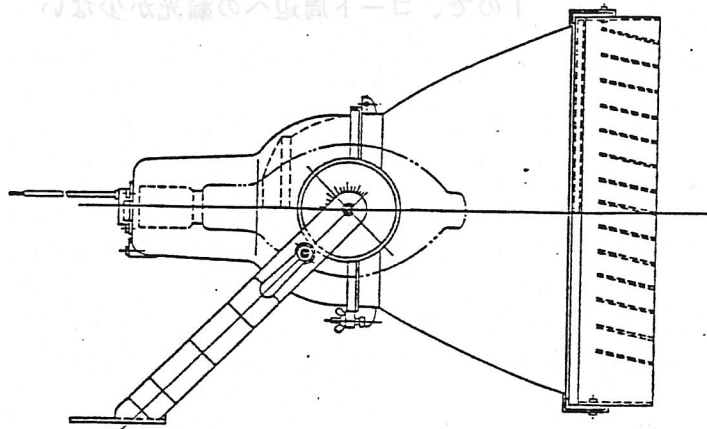


図6.21 ルーバー・フード付投光照明器具

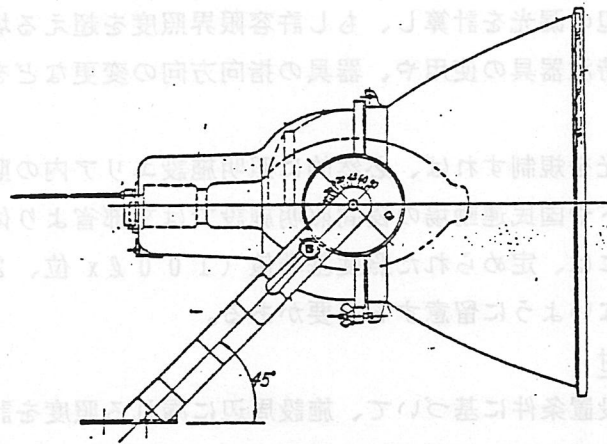


図6.22 一般の投光照明器具

## 6.6 照明設計上の留意点

最近、屋外照明施設の増加に伴い、周辺の民家や農作物に対する照明影響の問題などが懸念される地域では、照明計画時に十分な事前調査、検討を行ない、最大限の対応策を施しておく必要がある。

以下に照明設計上の一般的な留意点を述べる。

### (1) 現場状況の調査、確認

照明施設が計画される周辺の状況を事前に調査、確認する必要がある。すなわち、道路照明では数10メートル、グラウンド照明では数100メートルの範囲を対象とし、まず計画場所周辺での民家や農作物の有無を確認する。次いで、照明影響の問題が懸念される場合は、農作物の種類と品種、栽培期間と範囲、照明施設エリアや照明ポールに設置予定場所からの離隔距離や高低差、さらには柵、塀などの遮蔽物の有無など、照明設計条件をできるだけ詳しく調査し、もし該当する事項があれば図面上に明確に記入する。なお、調査に当たっては、あらかじめ調査シートなど準備し、調査もれなどないように十分注意すると共に現場写真を撮って記録するようにする。

### (2) 照明要件の検討

照明施設の基本的機能は、道路・街路照明における交通安全や防犯であり、また屋外スポーツ照明での健康増進や体力向上への役立ちなどである。これらの機能に支障を及ぼさない限りにおいて、すなわち、道路交通やスポーツに必要な明るさを確保すると同時に、民家や農作物への漏光を規制するものでなければならない。照明施設周辺への漏光を防ぐ方法としては、一般的には照明ポールの位置や器具高さ、器具の指向方向、器具配光などの検討が考えられる。これらの照明要件のうち、照明ポールの位置や器具高さは、各照明施設ごとに推奨された基準があり、原則として守るべきものである。従って照明の質の低下が比較的少ない器具配光の検討による方法が最も一

一般的であると考えられる。よって進め方として基本的には6.5 項の対策用照明器具を使用して、周辺の漏光を計算し、もし許容限界照度を超える場合には、もっと厳しく配光規制した特注器具の使用や、器具の指向方向の変更などを検討するものとする。

周辺への漏光を規制すれば、必然的に照明施設エリア内の照明の量、質も低下する。学校グラウンドや国民運動場の夜間照明施設では文部省より体育施設整備補助金交付を受ける場合には、定められた照度基準値（100 lx 位、200 lx 以上など）を下廻ることのないように留意する必要がある。

### (3) 照度値の検討

照明施設の設置条件に基づいて、施設周辺に漏れる照度を計算し、民家や農作物の成育に対して許容される値がどうか確認する。この場合の照度値は初期値で計算する。農作物に対して成育障害を及ぼす光の量は、農作物の葉の先端とか、穂の生成される位置すなわち光で照らされている方向の最大照度であり、一般の水平面照度とは異なるので注意が必要である。

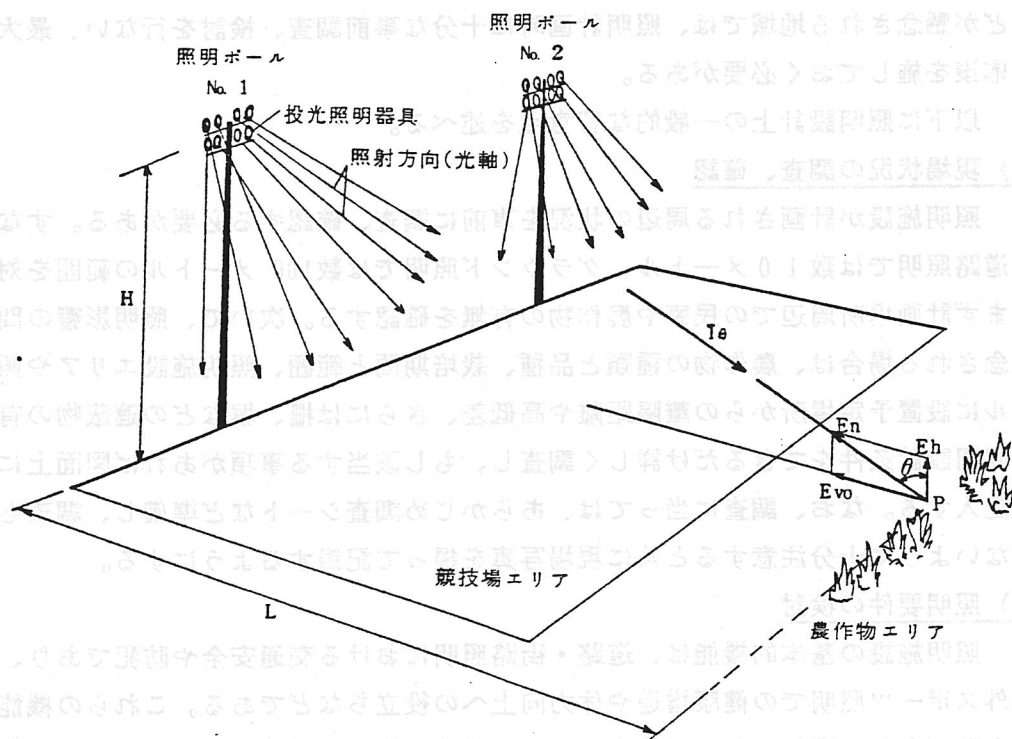


図6.23 最大照度についての説明図

図6.23で照明ポールより  $L$  m 離れた農作物エリア P 点の最大照度  $E_n$ （法線照度に相当）は各投光器の P 点方向の光度値  $I_{Q1} \dots I_{Qn}$  を各投光器から P 点までのそれぞれの距離  $l_1 \dots l_n$  の二乗で割った値の合計値である。この  $E_n$  の値とその方向はコンピュータによる技術計算によらないと求めることは難しい。従って一般的に

は、水平面照度  $E_h$  で計算している。水平面照度は照明施設の周辺に及ぼす漏光の程度をおおよそ把握するのに便利であり、影響の範囲を簡単に表わすことができる。

一般に点光源による直射照度の計算式から、水平面照度 ( $E_h$ ) と法線照度 ( $E_n$ ) の関係は、図6.24より  $E_h = E_n \times \cos Q$  となる。

1つの点光源  $L$  による、ある面上の点  $P$  における直射水平面照度  $E_h$  は、

$$E_h = \frac{I_\theta}{\ell^2} \cos \theta$$

$I_\theta = \theta$  方向の光度 (cd)

$\ell =$  光源からその点までの距離 (m)

$\theta =$  入射角

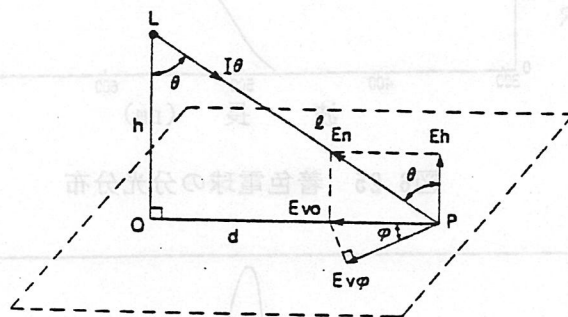


図6.24 照度計算の説明図

よって、法線照度  $E_n$  (通常は最大照度を示す) は  $E_h / \cos Q$  で示される。従って入射角  $Q$  が大となれば法線照度  $E_n$  も大きくなる。例えば  $Q = 45^\circ$  では  $E_n = 1.4 \times E_h$ ,  $Q = 60^\circ$  では  $E_n = 2 \times E_h$ ,  $Q = 80^\circ$  では  $E_n = 5.8 \times E_h$  となる。このことは、光源よりの水平距離  $d$  が大きくなれば、すなわち、 $P$  点が遠くなるに従って、法線照度  $E_n$  は、水平照度  $E_h$  の数倍の値となることを示している。

#### (4) 光源の光質の選択

第2章で述べたように、光の農作物への影響 (作用効果) については波長依存性があるため、光源の分光分布を検討することにより、照明の機能を失わないで光の影響の軽減を図ることができる。

例えば、開花などの光周性については、光周性を制御する色素フィトクロームの光に対する吸収は  $600 \text{ nm}$  以上の波長域で大きくなる特性を有しているので、道路照明などによる光の影響を少なくするには、波長  $600 \text{ nm}$  以上の光の少ない光源 (例えば高圧水銀ランプ) を使用することは有効である。

又、夜間照明に飛来する昆虫を少なくするためには、第5章で述べた昆虫の視感度領域 (波長  $300 \text{ nm} \sim 500 \text{ nm}$ ) に発光の少ない光源 (例えば純黄色蛍光ランプや高圧ナトリウムランプなど) を使用することは有効である。場合によっては、光源の発光波長を制御するために、フィルターガラスやフィルタープラスチックなどを照明器具と組合せて使用することも効果がある。図6.25～図6.34に現在市販されている各種光源の中から、比較的発光波長域に特色のあるものの分光分布を示す。

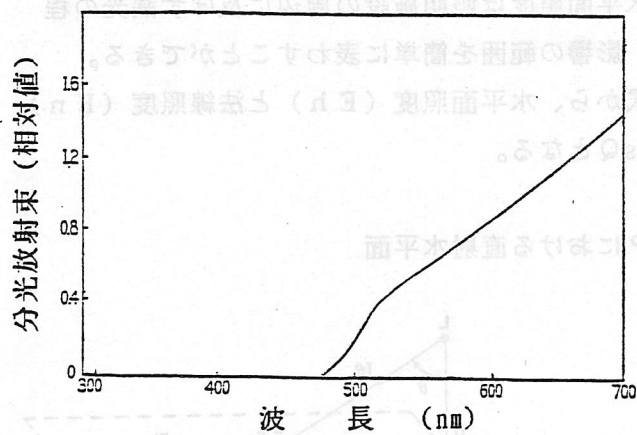


図6.25 着色電球の分光分布

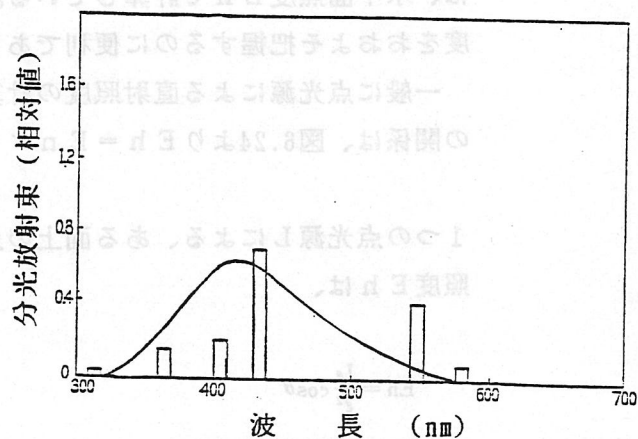


図6.26 青色蛍光ランプの分光分布

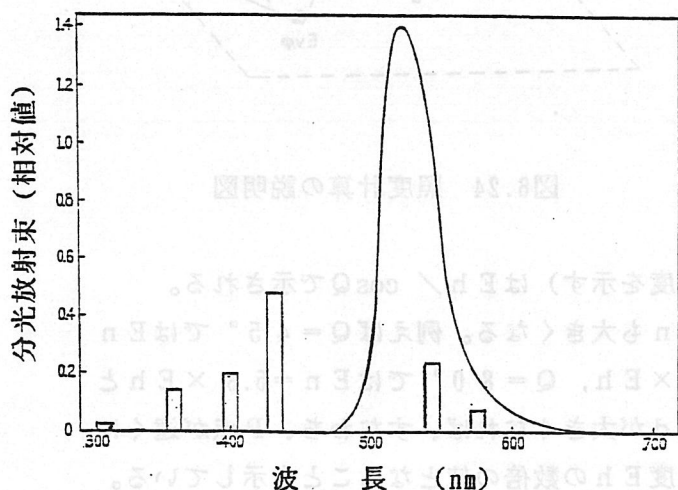


図6.27 緑色蛍光ランプの分光分布

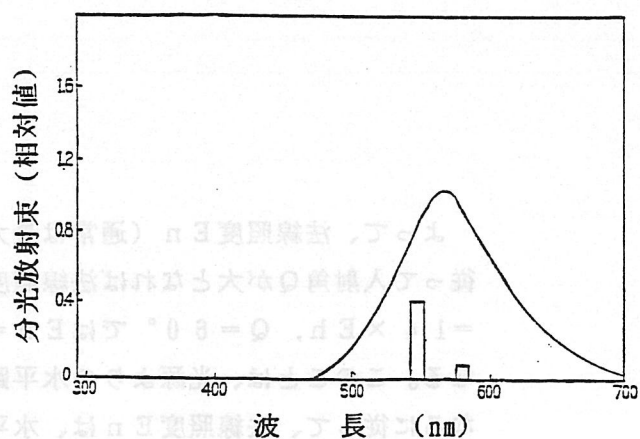


図6.28 純黄色蛍光ランプの分光分布

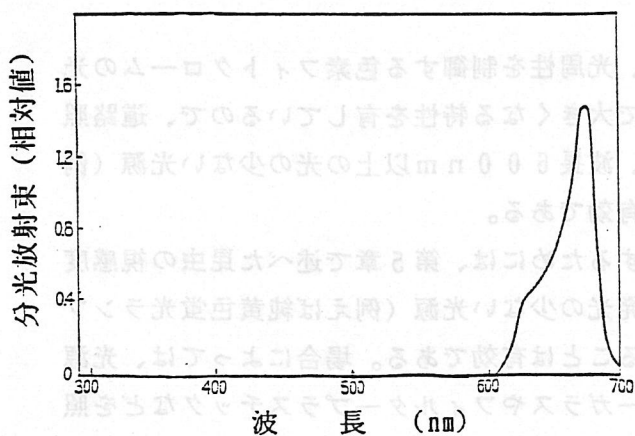


図6.29 純赤色蛍光ランプの分光分布

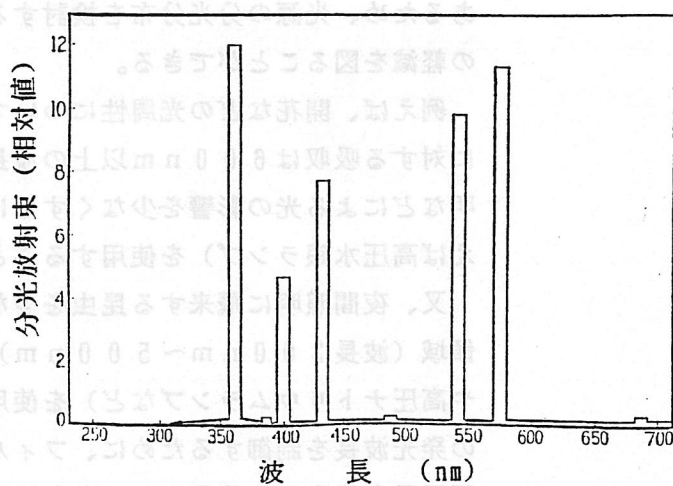


図6.30 高圧水銀ランプの分光分布

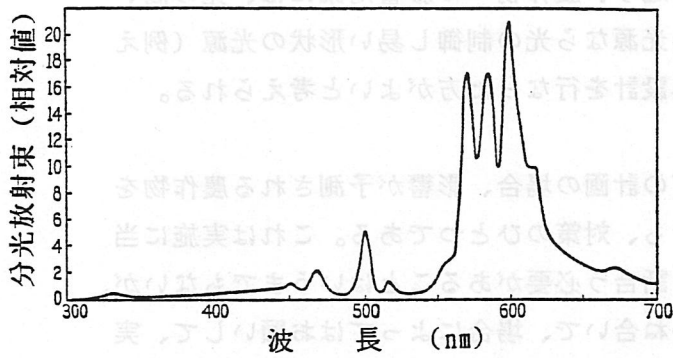


図6.31 高圧ナトリウムランプの分光分布

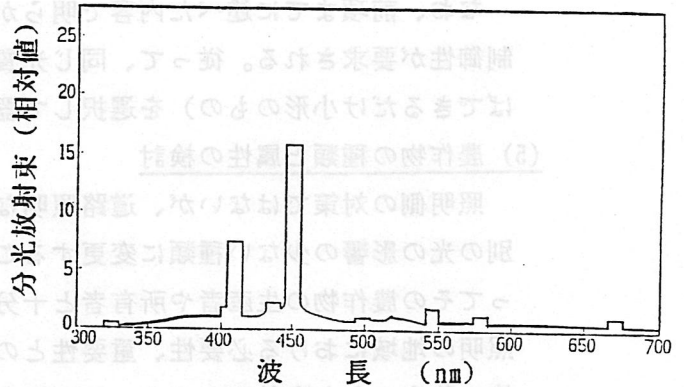


図6.32 青色メタルハライドランプの分光分布

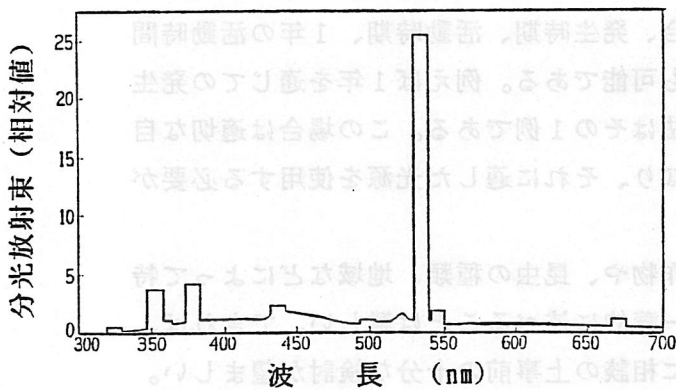


図6.33 緑色メタルハライドランプの分光分布

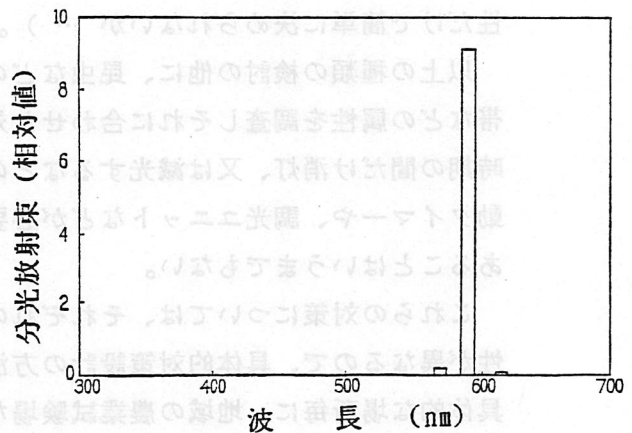


図6.34 低圧ナトリウムランプの分光分布

ただし、光の農作物や昆虫の作用の波長特性は、第2章や第5章で述べたように、作用の有無が、ある波長を境にして明確に区分される訳ではないことと、図6.25～図6.34に示したように、光源の方もある波長域に対して波長純度100%ではないので、光源の種類の選択だけで影響を0にすることはできない。できるのは、あくまで影響を軽減することであるから、前項までに述べた照明器具や照明設計面での対策と合わせ推進する必要があることはいうまでもない。

又、光源の発光波長の内、可視域の一部分を特定して少なくすることは、照明の立場からいうと色の見え方を悪くし、照明の質を低下させることにつながる。従って、

これらの光源を使用する場合でも設置灯数は、必要最小限にすべきであることはいうまでもない。

なお、前項までに述べた内容で明らかな通り、農作物への影響対策には、光の高い制御性が要求される。従って、同じ光質の光源なら光の制御し易い形状の光源（例えばできるだけ小形のもの）を選択して器具設計を行なった方がよいと考えられる。

#### (5) 農作物の種類と属性の検討

照明側の対策ではないが、道路照明などの計画の場合、影響が予測される農作物を別の光の影響の少ない種類に変更することも、対策のひとつである。これは実施に当たってその農作物の生産者や所有者と十分に話合う必要があることはいうまでもないが、照明の地域における必要性、重要性とのかね合いで、場合によってはお願いして、実施に移すことも有効であろう。この場合、農作物の種類については、第2章の表2が参考になる。

又、第3章で述べたように、水稻でも、その中の種類によって光周性の現われ方の様態が異なり、光周性の程度の小さいものもあるので、水田などでは、稲の種類を検討も有効な一方法である（水稻には、光の他に成育温度（気温）の問題もあり、光周性だけで簡単に決められないが…）。

以上の種類の検討の他に、昆虫などの場合、発生時期、活動時期、1年の活動時間帯などの属性を調査しそれに合わせた対策も可能である。例えば1年を通じての発生時期の間だけ消灯、又は減光するなどの方法はその1例である。この場合は適切な自動タイマーや、調光ユニットなどが必要となり、それに適した光源を使用する必要があることはいうまでもない。

これらの対策については、それぞれの農作物や、昆虫の種類、地域などによって特性が異なるので、具体的対策設計の方法を一義的に述べることは難しい。できれば、具体的な場所毎に、地域の農業試験場などに相談の上事前の十分な検討が望ましい。できれば、大々的实施の前に、小規模な試験を行って確認してから実施した方がよい。

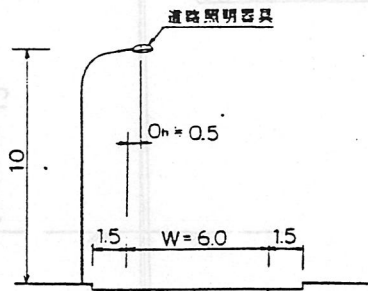
#### (6) 照度計算の例

6.5項で述べられた対策用照明器具を実際に、道路・グラウンド及びテニスコート照明に使用した場合、その施設周辺への漏光の量（照度）は以下に示す計算例のような値になる。いずれも対策用照明器具を使用した方が、一般の照明器具に比べ、周辺への漏光は $1/3 \sim 1/10$ の値となり効果のあることがわかる。ただしこの場合の計算は初期水平面照度値であり、最大照度ではこの値の数倍にもなると考えられることと、周辺への漏光を規制すれば照明施設エリア内の平均照度が減少することに注意が必要である。

##### (a) 道路照明での計算例

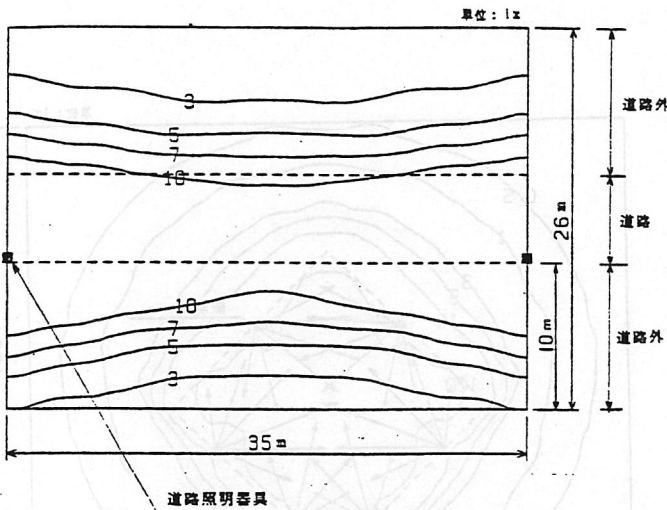
（道路及びその周辺 26m × 35mの水平面照度を計算）

○ 計算条件



道路断面図

- 道路分類 … 補助幹線道路 (基準輝度 0.7 cd/m<sup>2</sup>)
- 光源 … 蛍光水銀ランプ 250W
- 配列 … 片側配列
- 取付高さ … 10m
- 取付間隔 … 35m

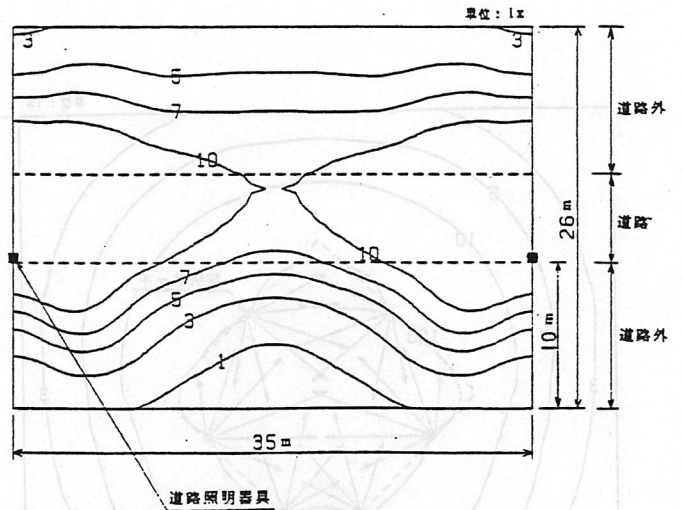


道路面平均照度…16.7 lx

図6.35 水平面照度分布図 (初期値)

(A) 一般の照明器具を使用

(p. 41, 図6.11相当)



道路面平均照度…15.5 lx

図6.36 水平面照度分布図 (初期値)

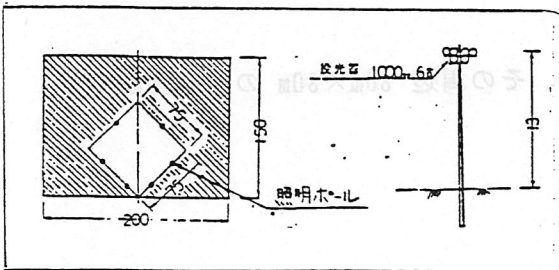
(B) 対策用照明器具を使用

(p. 41, 図6.10相当)

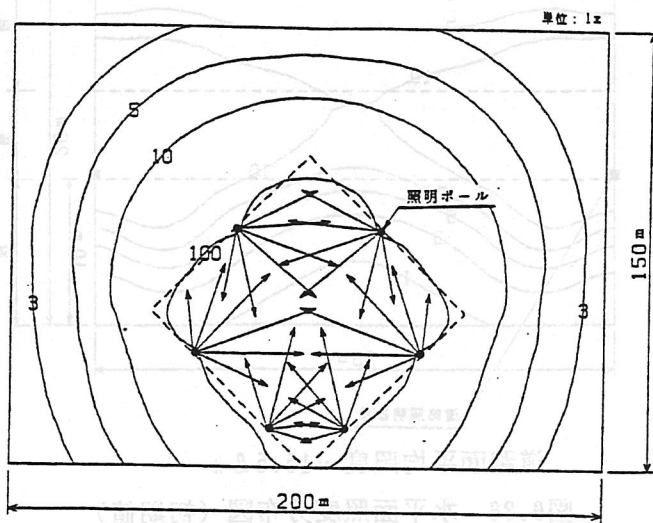
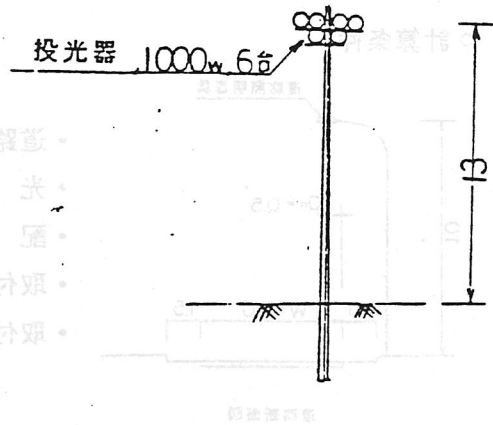
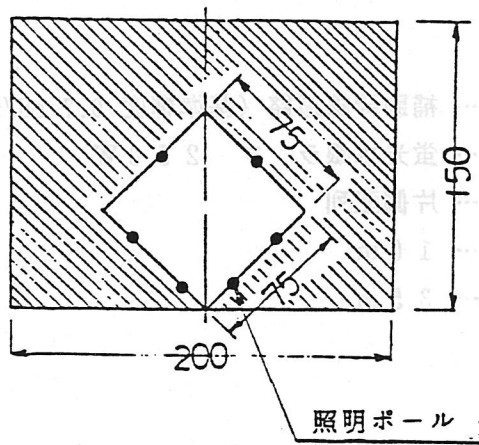
(b) グラウンド照明での計算例

(グラウンド及びその周辺150m×200mの水平面照度を計算)

○ 計算条件



- 競技エリア: 75m×75m
- 器具台数: 36台
- 光源: メタルハライドランプ1000W
- 取付高さ: 1.3m

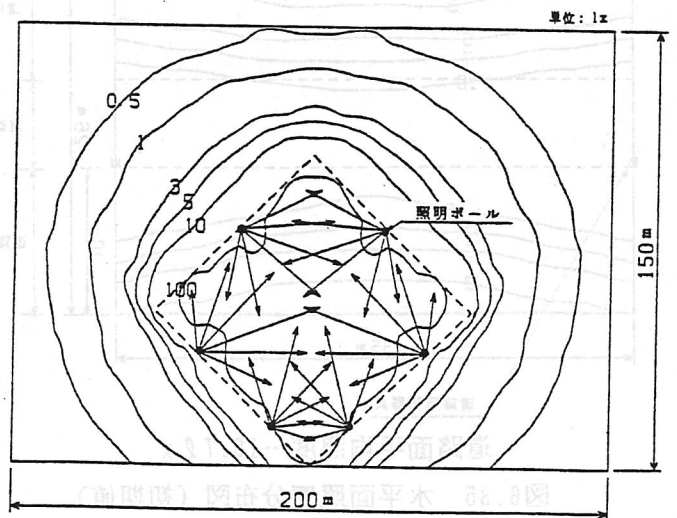


グラウンド内平均照度... 244 lx

図6.37 水平面照度分布図 (初期値)

(A) 一般の投光照明器具を使用

(p.46 , 図6.22相当)



グラウンド内平均照度... 174 lx

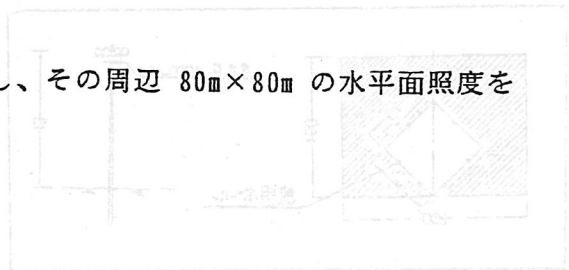
図6.38 水平面照度分布図 (初期値)

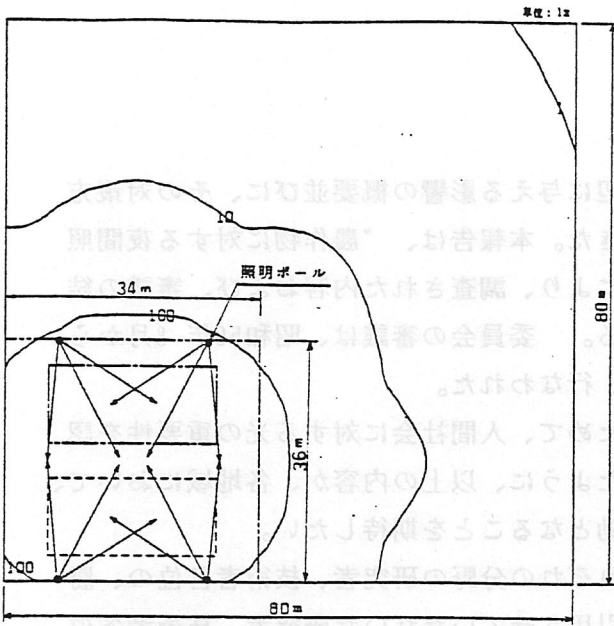
(B) 対策用照明器具を使用

(p.46 , 図6.22相当)

(C) テニスコート照明での計算例

(競技エリアを 36m×34m の2面コートとし、その周辺 80m×80m の水平面照度を計算)

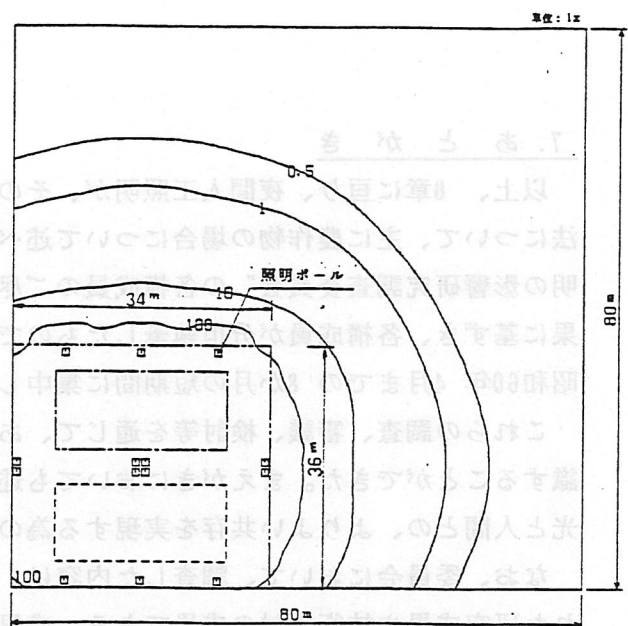




- 器具台数：12台
- 光源：メタルハイドランプ1000W
- 取付高さ：12m
- コート内平均照度：680 lx

図6.39 水平面照度分布図（初期値）

(A) 一般の投光照明器具を使用  
(p.47, 図6.22相当)



- 器具台数：14台
- 光源：メタルハイドランプ1000W
- 取付高さ：6m
- コート内平均照度：700 lx

図6.40 水平面照度分布図（初期値）

(B) 対策用照明器具を使用  
(p.46, 図6.20相当)

## 7. あ と が き

以上、6章に亘り、夜間人工照明が、その周辺に与える影響の概要並びに、その対策方法について、主に農作物の場合について述べてきた。本報告は、“農作物に対する夜間照明の影響研究調査委員会”の各構成員のご尽力により、調査された内容および、審議の結果に基づき、各構成員が分担執筆したものである。委員会の審議は、昭和59年8月から、昭和60年4月までの8か月の短期間に集中して、行なわれた。

これらの調査、審議、検討等を通じて、あらためて、人間社会に対する光の重要性を認識することができた。まえがきにおいても述べたように、以上の内容が、各地域において、光と人間との、よりよい共存を実現する為の一助となることを期待したい。

なお、委員会において、調査した内容は、それぞれの分野の研究者、技術者各位の、勝れた研究成果や技術検討の成果である。成果を引用させていただいた研究者、技術者各位にあらためて、深甚なる謝意を表するとともに、夜間照明の影響の実態の調査に、種々ご協力を頂いた9電力株式会社の関係者各位にも、この場を、お借りして厚くお礼を申し上げます。

## 農作物に対する夜間照明の影響研究調査委員会構成

委員長	佐土根 範 次	大同工業大学 工学部
幹 事	森 田 政 明	松下電器産業株式会社 照明技術開発センター
”	河 本 康太郎	株式会社東芝 総合研究所
委 員	飯 塚 矩 規	岩崎電気株式会社 技術部
”	飯 塚 哲 英	松下電工株式会社 中央 LAB
”	石 根 完 一	東京電力株式会社 営業開発部
”	河 合 悟	中京大学 文学部
”	太刀川 三 郎	社団法人日本電気協会 普及部
”	網 島 功太郎	小糸工業株式会社 電機技術部
”	袁 原 善 和	財団法人電力中央研究所 生物研究所

