論 文

積算日照計と積算露出計

正會員 東 堯 正會員 知原 恒 正會員 新倉 勇

(東京芝浦電気株式會社・マツダ研究所)

は し が き

照度計によつて測定される値は光の強さ即ち光エネルギーの流れの割合である。ところが農事、山林水産等における諸問題及び褪色試験、露出量決定等の諸問題には、光量即ち或時間内に積算された光エネルギーを測定することが必要になる。初め水産方面から光量を測定する器械の研究試作を依頼されて一つの試作品を完成し、その結果を“光量計の研究”と題して東芝レビュー⁽¹⁾に発表した。その後、農事方面から雨中でも使える光量計の試作依頼を受けたので、前の物にいろいろ改良を加えて一層高性能の試作器を完成した。他方、印刷方面から寫眞製版における露出光量を決定する装置の研究試作を依頼されたので、この光量計の原理を應用して、便利な試作器を完成した。そこで、ここに改良した光量計——これを積算日照計という——と積算露出計の性能並びに研究経過を報告する。

原 理

光の強さの物理的單位は watt であり、それを時間的に積分した量即ち光量の單位は joule である。光電効果は watt に關聯して起こるものであり、光化學反應は joule に關聯する。今の問題は joule を測定するのであるから、光化學反應を利用すればそのままで目的を達することかでき、光電効果を利用する時には、反應結果を積算する工夫をしなければならない。従つて光量の測定方法を次のように分類することができる。

(a) 光化學反應による方法。紫外線量の測定に從來よく利用されており、メチレン青のアセトン溶液法とか四鹽化炭素法⁽²⁾等が有名である。寫眞測光法も廣くいつてこの中に含めることができる。

(b) 光電流によつて化學反應を起こさせ、得られた反應生成物の量を測定する方法。光電管にボルトメータを組合せた方法が最近⁽³⁾研究された。

(c) 光電流の時間的記録を畫かせその結果を積分する方法。

(b) 光電流をコンデンサーに蓄え、その電壓變化を利用する方法。

An Integrating Light Meter and an Integrating Exposure Meter By T. Azuma, T. Chihara and I. Niihara
(Mazda Research Laboratory, Tokyo Shibaura Electric Co.)

(1) 東, 知原, 新倉: 東芝レビュー 3, 3 (昭23) 81-84.

(2) 照明工學ポケットブック (1947) 3-67.

(3) 篠田, 鈴木: 應物 17 3-4 (昭23) 75-78.

吾々はこの測定を純電氣的に行いたないので、(d)の方法を練つた。その原理を第1圖について説明する。光電管 PT に直列にコンデンサー C が入つており、それと並列にネオン放電管 N と計數器 T が入っている。光電流が C に蓄えられて、一定電壓 (75V) に達すると、N に一回放電が飛ぶ。光電面上の照度が強ければ一定時間内の放電回数は多く、弱ければ少い。T によつて放電回数を計數させておけば、或時間内における計數の進んだ數によつて、その時間内に受けた光量を知ることができる。(4) (5) (6)

第1圖 光量計の原理

積算日照計

第1圖の原理を使つて試作した雨中にも使える積算日照計は第2圖のような外觀をもち、その回路は第3圖の通りである。これは受光部 (A) と電源計數部 (B) との2部分から成立ち、重量は各々 3.0kg と 8.5kg である。2部分の連結は 10m の 5 心コードによる。受光部は特に防水的にできている。光電管切換用のスイッチを格納した凹みには扉をつけ、その上に小扉をつけ、更にそれを屋根の扉でかばう。受光窓の防水防湿についても特別な考慮を拂う。このようにして受光部の形は一見して天窓付の家の模型のようになつた。

第2圖 積算日照計の外觀

この計器の使用場所は野外が多いので、電源として配線電源を使うことは不適當であつて、6V 蓄電池にバイブレータを組合せて使う。

ネオン放電管の放電電流は US-6305 又は UZ-6C6 と 6Z-P1 の二段増幅 (前報りでは US-6305 の一段増幅であつた) を経て計數器に入る。計數器は目覺し時計を改造したものであつて、秒針の送り機構に繼電器を取付けた。増幅された放電電流によつて繼電器が働いて、秒針を1こま進ませる。従つて時計の目盛盤上の時分秒の進みによつて放電回数がわかるわけである。この場合好都合なことに、使用した時計の秒針は1回轉の間に60こま進むのでなくて、100こま進むようになつている。そこで秒針目盛を100等分に書替えた。このために計數の讀取りが非常に楽になつた。

受光器にはセシウム (Cs) 光電管とアンチモン・セシウム (Sb-Cs) 光電管とを使い、目的に応じてどちらにでも切換えられる。受光窓にはすきがけガラス (S-M2) をつけ、その上に必要な色フィルタをさしこむ。色フィルタの種類は V-A1, S-N₂, IR-D1, UV-D1 の4種類である。これらの光電管と色フィルタの組合せによつて日照、赤外線、可視線、紫外線等の光量を測定することができる。

(4) M. Luckiesh, A. H. Taylor, G. P. Kerr : J. Frank. Inst., 223 (1937) 699.

(5) A. H. Taylor : J. O. S. A., 29 (1939) 218.

(6) M. Luckiesh, A. H. Taylor : G. E. Rev., 44 (1941) 217.

光量の積算と同時に計数結果を記録させることが将来要望されるであろうが、その時には記録計をレコーダプラグ（計数器の直下の受口につけてある）に絡げばよい。

積算日照計の性能

(A) 感度の直線性

計数器に積算される値は光量に比例しなければならない。そこで受光面上の照度と1分間内の秒針の進み数との関係を調べると次のようになる。

(a) 1分間に0.4こまから2800こまの間±2%以内の確度で直線的である。前報⁽¹⁾では直線範囲が1こまから500こままでであったけれども、一段増幅を二段に變えることによつて大きく進歩した。

(b) 1分間に2800こまをこえると、計数器のスリップが現れるので、使用を避けるべきである。

結局高照度の時、毎分2800こまの速度になるようにすれば、最高値の1/7000の照度までを正しく積算することになる。

(B) 受光面の擴散性

受光面は完全擴散即ち餘弦則に従うことが望ましい。そこで點光源を用いて受光方向に對する感度分布を調べると第4圖のようになる。若しも完全擴散ならば圓分布になるはずである。受光面として片面の磨りガラスを使うと、圓から遙かに遠い結果になる。オパールガラス(S-M2)では相當よい分布になりこれに磨りガラスの半球を被せれば更に改善される。これらの關係は赤外線や紫外線に對しても同様である。

前報においては磨りガラスの半球まで使う最良方式を採用したけれども、今回は雨中その他屋外で相當手荒く使用されることを考え

第3圖 積算日照計の回路

第4圖 受光面の擴散性

て、S-M2 だけを使う方式によつた。

(C) 電圧変化の影響

この計器の重要特長の一つは、電源電圧の変化が計数結果に影響を及ぼさないことである。その理由を探れば次のようになる。(1)

(a) 一つの照度に反応する光電流が、B電圧 180—260V の間で一定なること。

(b) 今の目的は放電回数を数えることである。従つて真空管増幅の役目は、計数器の繼電器を働かせればよいのであつて、増幅電流が多少變動してもかまわないこと。

第 5 圖 電圧変化の影響

結局一定照度を与えた場合に、電源電圧の變化による計数への影響は第 5 圖のようになり、5.3—6.8V の間どのように變動しても正しい計数結果を得る。この性質は極めて重要であつて、普通の光電測光器では 0.1V 以内の變化によつても結果が大いに變動するため、その電圧を正しく調整保持しなければならないのに較べて、この計器は殆

ど放置のままでよいことになる。唯一の行ふべきことは、電源計数部についている電圧計によつて、電源電圧が 5.3V を下らないように監視することである。因みに計器が働いている間の消費電力は、一次側電流で 1.9A である。

(D) 分光特性

Cs 光電管、Sb-Cs 光電管の分光感度分布は第 6 圖の通りであるから、圖示のような分光透過率分布をもつ色フィルタと組合せることによつていろいろの分光範囲に関する光量を測定する。即ち

(a) Cs 光電管に IR-D1 をかけて赤外線、

(b) Cs 光電管の裸又は S-N2 をかけて日照(赤外、可視、紫外を含む)

(c) Sb-Cs 光電管に UV-D1 をかけて紫外線、

(d) Sb-Cs 光電管に V-A1 をかけて可視線

第 6 圖 分光透過率および感度分布

等である。UV-D1 はスペクトルの赤色部に僅かな透過をもっている。これを Cs 光電管に組合せて晝光を測定すると、赤色部による反應が全體の 20% 程度含まれていた。従つてこの組合せは紫外線測定に使用できない。

(E) 單位と較正

光量の單位として照明工學で規定されているものは光エネルギーに対する joule と、可視線に対する

$lx-h$ と、健康線に對する $FU-sec$ とである。これ等の量に對しては、受光器のもつべき分光感度分布が一定に決められているために、どのような光に對しても規定に従つた測定結果が得られる。即ち、joule においては全波長範圍に亘つて平滑な感度分布、 $lx-h$ においては視感度曲線、 $FU-sec$ においては紅斑感度分布が決められている。然るに赤外線や近紫外線に對しては未だ一定の分光感度分布が規定されていない。しかし光量計で得られた測定結果を統一するためには、單位を何か決めなければならない。そこで臨時に次のような單位を定める。

色温度 $2848^{\circ}K$ の標準電球が作る照度を總ての場合の基準とする。それが $a\ lx$ ならば、各受光器が受けとる各種の照度を次のように命名する。

- (a) Cs 光電管に IR-D1 をかけた受光器に對して a 赤外 lx ,
- (b) Cs 光電管の裸又は S-N2 をかけた受光器に對して a 日照 lx ,
- (c) Sb-Cs 光電管に UV-D1 をかけた受光器に對して a 紫外 lx ,
- (d) Sb-Cs 光電管に V-A1 をかけた受光器に對して $a\ lx$.

この中 (d) は當然のことであつて、假定ではない。

この假單位によつて測定結果は次のように整理される。光量計に標準電球の $a\ lx$ をあてた時の6分間における放電回数を

- (a) が A, (b) が B, (c) が C, (d) が D

であつたとする。次にこの光量計で或測定を行つて得られた計數器上の放電回数が

- (a) で A', (d) で B', (c) で C', (d) で D'

であつたとする。しからは

- (a) は $A'a/(10A)$ 赤外 $lx-h$,
- (b) は $B'a/(10B)$ 日照 $lx-h$,
- (c) は $C'a/(10C)$ 紫外 $lx-h$,
- (d) は $D'a/(10D)$ $lx-h$

というように整理される。

標準光源として $2848^{\circ}K$ 標準電球を選んで、敢えて晝光をとらなかつた理由は次の通りである。

- (1) 晝光の照度と分光エネルギー分布は日時によつて定まらないこと,
- (2) $2848^{\circ}K$ の光は A 光源といつて測光測色に常用されていること,
- (3) Davis-Gibson 濾光器のようなフィルタは可視部についてだけ検討されていて、赤外紫外については未検討であること,
- (4) 赤外、紫外は感度のスペクトル範圍がせまいので、標準光源の分光エネルギー分布が餘り影響しないと思われること。

この中、日照 lx については、その感度とエネルギーの分光分布の關係が餘り適當でないと思われるけれども、他の3單位との釣合上、このようにした。

上述の處置によつて今回の試作器を校正した結果を第1表に示す。

第 1 表 積 算 日 照 計 の 較 正

光 電 管	色 フィルタ	^a (與えられた照度)	^A (6分間の放電回数)	^a /(10A)	測定結果の單位
Cs	IR-D1	1000 赤外 lx	132	0.76	赤外 lx-h
	なし	1000 日照 lx	1080	0.092	日照 lx-h
	S-N2	1000 日照 lx	108	0.92	日照 lx-h
Sb-Cs	UV-D1	1000 紫外 lx	— *	—	紫外 lx-h
	V-A1	1000 lx	15.6	6.4	lx-h

* UV-D1 が濃過ぎるために、普通のままでは較正が出来なかつた。較正の際には UV-D2 を使うとよいかと考えるけれども、試作器納入までに間に合わなかつた。

積 算 露 出 計

寫真製版ではカーボン・アークによつて數分ないし數十分間の露出をかけるのであるが、アークの光度はアーク・ギャップの開き加減とか、アーク條の動き等によつて大きく變化し、加うるに電源電壓が變動して、光度の變化に更に多様性を添えるので、熟練工が取扱つても露出の度合を時々失敗する。そこでアークによる照射の光量を測定することによつて、いつでも規定の露出が與えられるようにしたいという要求が生れる。

この問題を解決するために第 1 圖の原理を使つて試作した積算露出計⁽⁷⁾は第 7 圖のような外觀をもち、その回路は第 8 圖の通りである。これは受光部 (A) と電源計數部 (B) との 2 部分から成立ち、重量は各々 1.1kg と 6.4kg である。2 部分の連結は 25m の 6 心コードによる。

この計器は上記の積算日照計に比較すると若干の點を除いて類似の構造をもっている。この計器の使用場所は、工場又は實驗室内に限られるであろうから、配線電源を使つてエリミネータ方式を採用する。今の場合における放電電流の増幅は TY-66G 1 段だけで充分である。

計數器としては 300 こまの目盛をもつた特殊計器を使用する。使用に當つて、豫め計數部の中央つま

みを廻すことによつて所望の目盛に合せておく。寫眞のシャッターを開くと同時に計器を働かせれば、針は 1 こまずつ進んで 0 目盛に達すると、電源計數部内に收めてあるブザーが鳴り出す。そこでシャッターを閉じる。この計數器はゼンマイ時計の機構をもつていて、つまみを廻して所望の目盛に合せる時に必要なだけゼンマイが捲かれるようになってゐる。

電源計數部の中央下に明けてある受口は將來繼電器に絡ぐものである。それはブザーが

第 7 圖 積算露出計の外觀

(7) J. L. Michaelson : G. E. Rev. 42 (1939) 92. を参照した。米國では製品として G. E. 會社製 Totalux と、Electric Eye Equipment 會社製の ATF-Hurletron Exposure Control とが市場に出ている。

鳴り出すと同時にアーク電流を遮断する働きをさせるものであつて、継電器としては AC 6V 700mA 以下で動作するものが好適である。

受光部の光電管としては Sb-Cs 型を使用し、場合に應じて諸種のフィルタをかけられるようにする。

積算露出計の性能

感度の直線性を調べた處、計数速度が毎分 2 こまから 162 こままでの間、 $\pm 1\%$ 以内の確度で直線的である。この數字は積算日照計の性能に較べて劣つている。その理由として高速度において不足しているのはこの計器に使つた計数器の動きが目覚し時計よりも重いためであり、低速度において劣るのは、リークが多少大きかつたためと思う。

しかしこの性能でも、照度範囲が 30:1 の間で $\pm 3\%$ 以内の確度で直線的であるという Michaelson 氏⁽⁷⁾ のデータより勝つていて、

充分に實用的である。即ち目盛 100 で 40 秒の露出から、目盛 300 で 150 分の露出までを 2% を超えない確度をもつて、自由な露出で使うことができる。最も好ましい露出範囲としては、目盛 300 の時 2.5~30 分間及び目盛 100 の時 50 秒~10 分間である。

電源電圧が 85~105V の間どのように變動しても、計数結果は影響を蒙らない。85V を下ると計数器がスリップを始め、75V まで下るとネオン管の放電はあるけれども、計数器は働かなくなる。

この計器の感度は、色温度 2700°K の光について受光面照度 1200 lx において毎分 157 こまでである。更に高い照度に對しては、感度を落して使えばよく、そのために光透過率 8.0% の S-N2 フィルタと光透過率 1.0% の S-N1 フィルタとが附屬してある。

三色版用の撮影に使うときには、受光面に適宜なフィルタをかければよい。

最後に計器の試作に當つて駒居秀男君の熱心な御協力を得た。厚くお禮を申し上げる。(24-4-2受付)

第 8 圖 積算露出計の回路

會 告

會員倍加運動について

1. 期 間 6 月 1 日 ~ 8 月 31 日
2. 會員が 1 名以上の會員 (賛助會員, 正會員, 准員, 特別會員) を紹介すること。
3. この期間中は入會金 (正會員 50 圓, 准員 30 圓) を免除する。