

## 紫外線光電測定器の原理及び応用\*

徐 国 鈞\*\*・村 松 久 史\*\*\*

### 要 旨

雷放電, コロナ放電, 太陽等から発射される光に含まれる中間紫外線を測定するための紫外線光電測定器を開発した。これまでに製作した光電測電儀と光電測暈儀は既に中国において人工防雹実験と電気工學部門で応用され成果をあげている。さらに他の領域に応用できる紫外線測定器の開発を計画している。

### 1. はじめに

国際的にみて紫外線測定に関する研究は少ない。我々の測定対象とする紫外線の波長の範囲は 160~320 nm であり, UV-B と UV-C の領域に属しており中間紫外線といわれている。一般的に赤外線, マイクロ波, 無線電波についての応用研究は多いが紫外線に関する研究は少ない。米国とソ連では, 人工衛星やロケットに極紫外線 ( $\lambda < 200$  nm) 測定器を搭載して, 地球大気圏外で太陽の極紫外線放射強度を測定し人工衛星に搭載している太陽電池と温度制御としての表面の塗料などに対する影響の研究を行っている (Comob, 1979)。日本では気象研究所において UV-B 領域 (280~320 nm) の紫外線測定器を開発し, 地上で日射強度の地域分布を測定し人体と動植物に対する影響に関する研究が行われた (気象研究所技術報告, 1982)。

中国の雲南大学では, 1978年から中間紫外線測定器の開発と応用の研究を行い, 光電測電儀と光電測暈儀を製作した。光電測電儀はおもに地上で雷放電の強度と方向の検知, 降雹雲であるかどうかの判断の研究に用いられており, さらにこれらの研究をもとに高射砲を用いた人工防雹の実験に利用された。光電測暈儀は電気工場などで高圧電気の放電により発生するコロナ放電の測定に利用された。この二つの紫外線測定器は各々1988年1月20

日と1988年11月10日付けで中国実用新案特許を取った。第1図はそれら外観の写真である。

### 2. 紫外線測定器の原理と構造

開発された紫外線光電測定器は可視・赤外光を排除し中間紫外線のみを測定している。一般的に自然光の中で 320 nm 以下の波長域は太陽盲域と呼ばれる。25 km 高度付近のオゾン層がその波長域の太陽紫外線をほとんど吸収してしまい, 290 nm より短い波長域の光は地表に到達する量が非常に小さい。しかし測定技術の向上によってその量が測定されるようになった。

地上に到達する太陽光の特性を考慮して, 光量測定には紫外域光電子増倍管と紫外域の干渉フィルターを採用した。入射する紫外線の強度を光電子増倍器の出力電流あるいは電圧の信号に変換し, 増幅された信号波形が自動的に記録・表示される。光電子増倍管 (R 166, 浜松ホトニクス) の光電面の放射感度は 200 nm 付近で最大で, 160~300 nm 以外の波長域では非常に小さい。干渉フィルターの性能は 210~290 nm の波長域の透過率が約 70~80%, 290 nm で 35%, 300~320 nm で 4% 以下である。大気中では 200 nm 以下の波長域に酸素分子の強い吸収があるため本測定器では 300~200 nm の範囲の光が測定できる。この測定器は次のすぐれた特性を持つ。

- a. 可視・赤外線の影響を防ぐことが出来る。
- b. 安定性がよく測定の精度が長期間安定している。
- c. 測定値に関して測定器間の差がない。
- d. 実用的な応用範囲が広い。

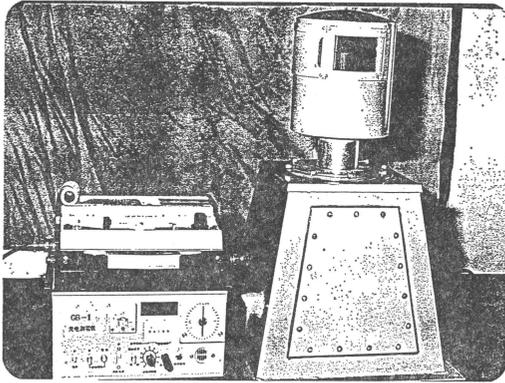
#### 2.1 光電測電儀の原理と構造

光電測電儀は, Cb 雲中の雷放電で発射される光のう

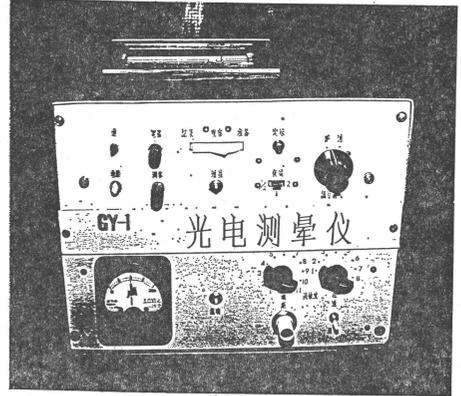
\* Principle and Application of Ultraviolet Photoelectric Detector.

\*\* Xu Guojun, 中国雲南大学から京都大学防災研究所に出向。

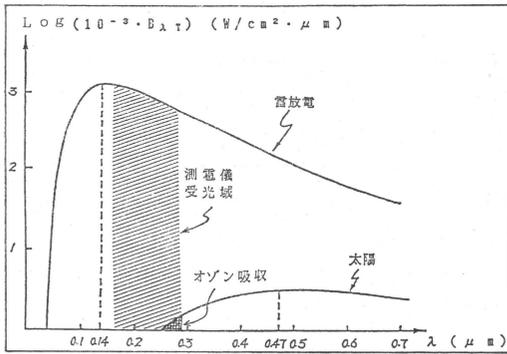
\*\*\* Hisafumi Muramatsu, 京都大学防災研究所。  
—1989年3月30日受領—  
—1990年1月9日受理—



第1図 (a) GB-2 型光電測電儀の外観



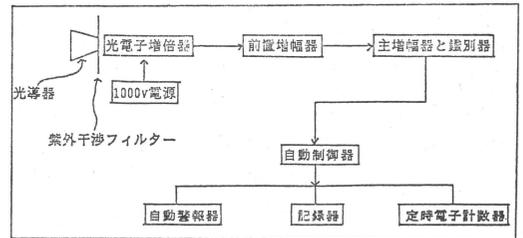
第1図 (b) GY-1 型光電測量儀の外観



第2図 雷放電と太陽放射のスペクトル分布

ちの中間紫外線を受光する測器である。Cb 雲中の雷放電の際の気体温度は2万度以上 (Mason, 1971) であり発射されるプラズマ放射は黒体放射理論にしたがう。第2図に2万度に相当する雷放電および太陽からの放射強度の波長分布を示す。この図から290 nm より短い波長域では太陽放射強度は極めて小さく、一方雷放電の放射強度は極めて大きいことが分かる。また光電測電儀の受光域の紫外線に対して下層大気による吸収は小さいが、散乱による減衰作用は大きい。このことを考慮して測定器の感度は非常に高くしてある。第3図に光電測電儀のブロックダイアグラムを示す。

この測定器は半径30~60 kmの範囲内(昼は30 km, 夜は60 km ぐらい)に発生するCb 雲中の雷放電の特性と方向を一観測点で測定できる(以前は電波を用いたため雷放電の正確な方向の決定が困難であった)。本装置は自動的に高速で雷放電による紫外放射の波形特



第3図 光電測電儀のブロックダイアグラム

性を記録し、同時に雷放電の頻度が測器のパネルに表示され、さらに降電雲が出現した場合には自動的に警報を出すようになっている。この装置は電害の人工防御の実験と研究に利用されている。

### 2.2 光電測量儀の原理と構造

光電測量儀は受光素子として光電子増倍管を採用し高圧発電機等の心臓部即ちコイルの表面からコロナ放電により発生する紫外光を測定する装置である。このコロナ放電はコイルの絶縁体を腐食し、また発火等で発電機を損壊する。これらの損害を防ぐためにコロナ放電による紫外光および“起暈電圧”(コロナ放電が始まる電圧)をモニターする必要がある。

この光電測量儀の測定原理と電気回路は光電測電儀に似ている。この測器はコイル表面でコロナ放電が発生する場合には警報信号を連続的に発するように設計してある。本光電測量儀は遠隔測定法を採用しているのので、“局部放電測量儀”や IEC (国際電気標準会議) 標準測器等より測定値の一致性、外界からの擾乱を防ぐ性能、測定値の精度等がよい。

3. 光電測電儀による測定結果

3.1 Cb 雲中の雷放電の測定結果

光電測電儀を用いて1979年から現在まで中国の雲南省、四川省、貴州省、内蒙古自治区と天津市などの地域で雷放電と降電雲の観測を行い多くの資料を得た。これらの資料から雷放電の特徴は次の三つに分類される。

a. 非降電雲即ち雷雲中の雷放電の特徴

この種類では電光（いなずま）の電撃（肉眼で一本のように見える電光は数回の放電から成りこの数回の放電は電撃といわれる）の波形を記録したものは全て尖端状の脈動波形であった。しかも電光の頻度は低く、12回/分以下であり、電撃の頻度は55回/分以下であった。この種類に属するCb雲の雷放電過程は現在までに100個以上が観測された。その特徴を示す代表例を第4図(a)に示す。

b. 軽電害即ち弱電雲中の雷放電の特徴

この種類では電光の頻度は比較的高く、電撃の波形はほとんど尖端状の脈動波形であった。電光の頻度は12回/分以上、電撃の頻度は55回/分以上であった。この種類に属する弱電雲の雷放電過程は現在までに50個以上が観測された。その代表例を第4図(b)に示す。

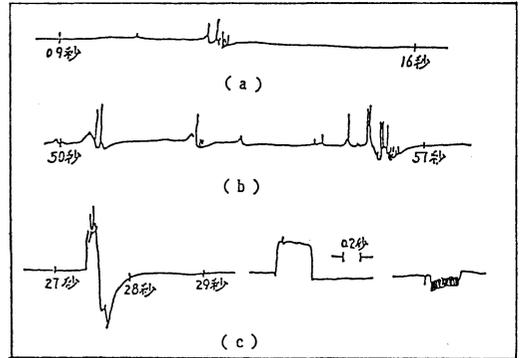
c. 重電害即ち強降電雲中の雷放電の特徴

この種類では降電の前に電光の長方形（個々の電撃は

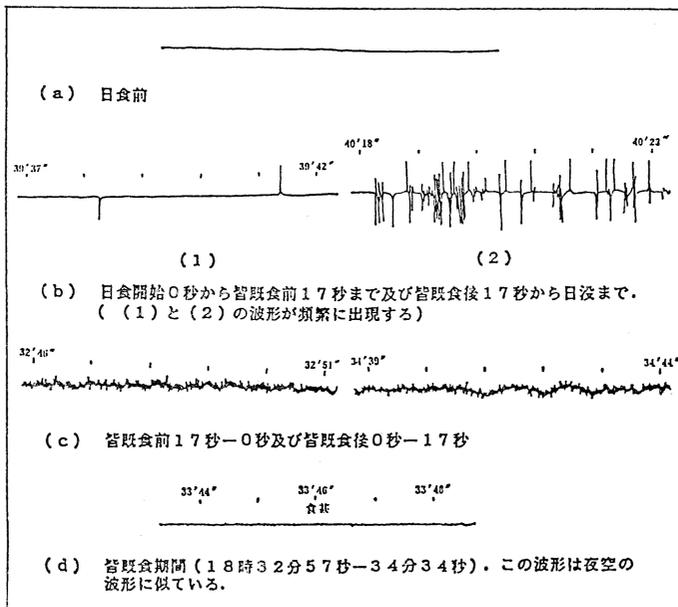
分解されない）の脈動波形が記録された。電光の頻度は高いとは限らないが一回の電光中のエネルギーは大きい。この種類に属するCb雲中の強降電雲の雷放電過程は現在までに8個観測された。その特徴を示す代表例を第4図(c)に示す。

3.2 皆既日食時の太陽中間紫外線の観測結果

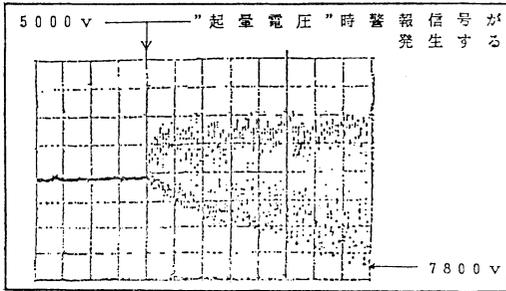
1980年2月16日17時31分09秒から中国の昆明で皆既日食が観測された。その際に光電測電儀を利用して、太陽中間紫外線放射の高速変化状況を連続的に観測した。観測された太陽中間紫外線放射の波形を第5図(a)~(d)



第4図 Cb 雲中の雷放電の波形特徴



第5図 中国昆明における皆既日食時の太陽中間紫外線放射の変動波形



第6図 コロナ放電が発生する前後の紫外線の変動波形

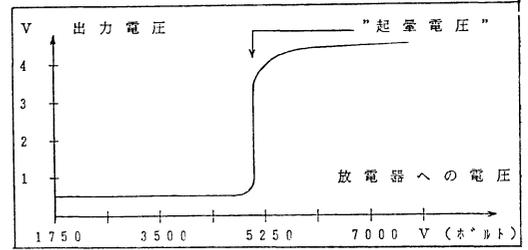
に示す。

第5図の観測結果を見ると、(a)の場合(日食前)には太陽中間紫外線の変化はなく、(b)の場合(太陽の光球層の白斑が月に覆われる時)にはその変化は非常に大きい。ここで使用した測器は紫外線強度の変化がパルスとして観測される。したがって太陽面に中間紫外線の放射源(白斑)が点在しており放射源が月により覆われる際の紫外線の変化がパルスとして観測され((b)の場合)、太陽面が月に覆われないとき((a)の場合)は紫外線の変化がなくパルスは観測されないと解釈される。なお(b)の場合日没時までパルスが頻繁に観測されているのはまだ日食中であったからである。(c)は皆既食の前後17秒間(光球層の表面付近が見える時)の状況を示しておりその変化は小さく、皆既食期間(d)の場合(太陽のコロナ層と彩層の一部分だけが見える時)には夜空の波形に似ており太陽中間紫外線源のないことを示している。

以上の観測結果から分かることは太陽光球層の白斑は太陽中間紫外線の強い放射源であること、光球層の表面付近はその弱い放射源であること、コロナ層と彩層にはその放射源が無いことである。

#### 4. 光電測量儀の試験結果

中国の昆明電機工場(職員2千人以上)などでGY-1型光電測量儀を用いて、いろいろな電気機器(例えば水力発電機など)に使用されているコイルの“起暈電圧”(コロナ放電が始まる時の電圧)を測定している。第6図はコイルにコロナ放電が発生する前後でこの測定器に記録された波形の変化状況を示す。横軸はコイルへの直流印加電圧、縦軸は紫外線強度の変化に対応するパルスの発生を示すもので、印加電圧が5,000V以上になる



第7図 コロナ放電が発生する前後の出力電圧の変化

とコロナ放電が発生することが分かる。第7図は標準放電器を利用してコロナ放電を発生させた時の測定器の出力電圧の変化を示す。印加電圧が5,000V付近でコロナ放電が発生し同時に測定器の出力電圧が急激に上昇することを示している。

#### 5. 紫外線測定器の今後の応用

##### 5.1 太陽の中間紫外線の地上観測及び太陽物理の研究

上記2と3.2で述べたように紫外域光電子増倍管と適当な種類の干渉フィルターを組み合わせた測定器により太陽の中間紫外線放射の測定ができる。太陽中間紫外線変動の状況を監視することによって黒点磁場の変動と彩層に発生するフレアの子測ができると考えている(Co mob, 1979, 徐国鈞, 1985)。

##### 5.2 下層大気中の中間紫外線強度変動の地上観測及び研究

地上に到達する太陽紫外線の直達成分及び下層大気中の天空散乱成分を測定し、大気の散乱作用及び減衰作用の大きさについての地域差(緯度, 経度, 海拔高度等による差)が研究できると考えている。これにより紫外線の動植物・農業生産・人間(例えば紫外線と皮膚の紅斑・ガンの発生率との関係)に対しての種々の影響を研究することができる。

##### 5.3 流体中の浮遊砂の計測

現在光を使って浮遊砂の濃度を測定する測器は可視域の光を利用している。その測器の問題点は測定の精度が粒径により大きく変化し、また測定される濃度の範囲も小さいことである。中間紫外線を採用することにより上記の問題点を改良できると思われる。というのは野外の現場計測の場合紫外線測定器では光源からの紫外線に対する浮遊砂によるミー散乱だけを考慮すればよいが、可視光に対しては自然光による擾乱が存在するからであ

る。したがって河川（例えば中国の黄河）中の流砂濃度の現場計測に対しては紫外線測定器を開発することにより上記の問題点を改良できるものと考えられる。

#### 5.4 地震に伴う発光の観測及び地震予知の研究

強い地震 ( $M_s \geq 6$ ) に伴う発光現象が中国において数多く観測されている。この地震に伴う発光現象は中国では“地光”と呼ばれている。1971年モスクワで開催された国際大地測量と地球物理学連合会議の地震予知部会で多数の地震学者が地震発光の研究を強く主張した。しかし製作技術上の問題が解決されず現在まだその地光観測器は開発されていない。

中国における230個の地震についての発光現象の調査(馬宗晉他, 1982)によると、地震前6時間内にすべての地震で発光現象(地光)が観測されているが、時間別でみると地震前6時間~1時間に19%、地震前1時間~10分に23%、地震前10分以内に58%が発光している。

中国では多くの地震学者は発光現象の原因と短期地震予知の研究に地光の観測器の製作が必要であると考えている。地震学者黄録基等は250nm付近の紫外線強度は

500nm付近の可視光強度の五分の一ぐらいであると考えている。現在開発されている中間紫外線測定器により地光観測はできると思われる。紫外線測定器により半径100kmぐらいの地域内の地光で、主に地震前に出現する片状地光(継続時間が長く、地域が広くかつ安定している)を観測、記録することができるものと期待される。

#### 文 献

- 馬宗晉他, 1982: 1966~1976年中国九大地震, 地震出版社, 121-122.
- Сомов. Б.В, 1979: О Пририсле рентгеновского и ультрафиолетового излучения солнечных вспышек, Известия А. Н. СССР Серия физическая, No. 4, 707-709.
- 気象研究所, 1982: 紫外日射の測定, 気象研究所技術報告第6号, 229-232.
- Mason B. J, 1971: The physics of clouds, Clarendon Press, Oxford, 516.
- 徐国鈞, 1985: 紫外光電探測器在太陽物理研究中的應用, 天文学報, No. 4, 374.

## トヨタ財団1990(平成2)年度研究助成の公募のお知らせ

トヨタ財団では、「新しい人間社会の探求」を基本テーマに研究助成を行います。本年は次の課題に重点を置いて助成いたします。

- ① 高度技術社会への対応
- ② 多文化社会への対応

斬新な発想による研究計画の応募をお待ちしております。

#### 助成の概要

##### 1. 助成の対象

・上記の基本テーマに関する研究で第Ⅰ種研究(個人奨励研究), 第Ⅱ種研究(試行・予備研究), 第Ⅲ種研究(総合研究)の三つの研究種別があります。詳しくは応募要項をご参照ください。

##### 2. 助成金額・期間

- ・助成金額は合計2億円程度です。
- ・助成期間は本年11月1日より1~2年間とします。

##### 3. 助成の決定

- ・研究助成選考委員会(委員長 飯島宗一)にて慎重厳正に選考の上, 9月末の理事会にて決定いたします。

#### 申請手続

##### 1. 応募期間

- ・応募期間は本年4月1日から5月31日(木), (当日消印有効)までとします。

##### 2. 申請用紙の申込み

- ・送料分の切手(後記)を同封し, 5月18日(金)までに研究助成係宛てお申込み下さい。(1部: 250円, 2~3部: 360円, 4~8部: 670円)

##### 3. 申請用紙の申込み先

〒163 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号  
 新宿三井ビル37階私書箱236号  
 TEL. 03-344-1701  
 財団法人 トヨタ財団研究助成係