

## 超 高 層 大 気 と 太 陽 活 動\*

古 畑 正 秋\*\*

超高層大気と太陽活動という大きな問題の中の一部門ともみられる夜光から見た太陽活動について述べてみたい。しかし、夜光については未解決の問題点が非常に多い。そのため、どのようなことが現在わかっていないかということ披露することになると思われる。夜光の発光層の高さとか、発光の機構などについて現在も問題は残されているけれども、超高層で太陽活動へ敏感にかんじているものの一つとして取扱ってよいと思う。

晴れた夜の空はうすぼんやり光っている。この光の強さの大体  $\frac{1}{3}$  は沢山の恒星の光の集ったもの、あとの  $\frac{2}{3}$  は上層大気の発光によっている。昔はこの光のすべてが恒星の光や太陽系の中の微小天体の反射光が集ったもの、すなわち、地球大気外にその源があると考えられていた。地球大気の発光による夜光が夜空の明るさの大半を占めることが確められたのは1915年頃アメリカの天文台で星雲の分光写真を撮ったことによる。オーロラは、一般に、オーロラ帯を中心にして見られ、中、低緯度地方では見られない。それにもかかわらず分光写真にオーロラと同じ輝線スペクトルが低緯度地方においてすら何時も認められたのである。

夜光のスペクトルの内容を見ると、酸素原子 (OI) の  $5,577\text{Å}$  (green line) および  $6,300\text{Å}$  (red line)、ナトリウムの D 線、青および紫外部に窒素分子の輝線帯、さらに最近になって明らかにされた赤から近赤外部にかけての OH の輝線帯等がある。なかでも OH の輝線帯の光は非常に強く可視部で最強の green line の 100 倍になっている。夜光の輝線のほとんどすべてはオーロラのそれと同一である。強いて違いを指摘すれば、ナトリウムの D 線はオーロラにはないようであり、オーロラが強いときも D 線が増強されるということはない。また、 $3,914\text{Å}$  の光はオーロラにしかないのである。

\* 1958年1月31日に開かれた「太陽活動と気象現象に関するシンポジウム」における特別講演

\*\* 東京天文台

## 夜光の観測およびその目的

夜光観測の初期は分光写真にたよっていた。最近は非常に便利な光電増倍管による掃天方式が採用されている。また、地球観測年に入ってからは明るい分光器を追加して観測するようになった。

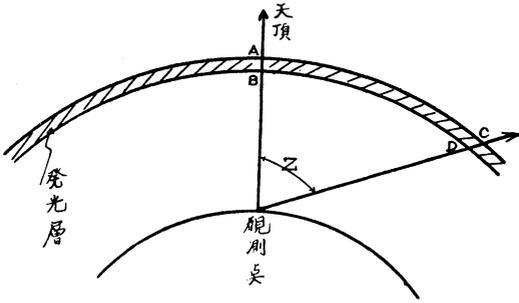
日本では、観測年になってから7カ所で、主として、緑線の観測を行っている。天頂角が  $75^\circ$ ,  $69.4^\circ$ ,  $63.4^\circ$ ,  $53.1^\circ$ ,  $33.7^\circ$  および  $0^\circ$  (天頂) の6高度を16方位(測点の合計は96でこれに約24分を要する)について行い、すべて自動記録する仕組みになっている。

夜空の光の  $\frac{1}{3}$  を占める恒星の影響を除くため、2枚の干渉フィルター(最大透過波長;  $5,300\text{Å}$  および  $5,600\text{Å}$ ) を用いて緑線を取り出す。恒星の光の平均のスペクトル型はほとんど太陽のそれと同じものである。このため、光電増倍管を昼間太陽に向け、2つのフィルターを別々に前側へおいたときメーターが同じ振れを示すように装置を調整しておけばよい。2つのフィルターによって生じたメーターの振れの差が夜光の強度である。

観測の目的は夜光強度の一晚変化あるいは太陽活動との関係、夜光と地磁気との関係およびその時間的変化をしらべることにある。さらに1点の掃天観測で相当広い範囲の夜光層の強度分布が求まるから夜光天気図(詳しくは夜光強度全天分布図)を作ることにある。以下、これらについて述べてみたい。

## 1. 夜光発光層の高さ

発光層の高さを決定するにはいろいろ困難な問題がある。オーロラの場合は明確な形をもっているから2点あるいは3点で同時観測することにより決めることができる。しかし、夜光は発光層が全天をおおっているからつかみどころがなく2点観測ができない。発光層の高さを決める1方法として Van Rhijn が考えたものを多くの研究者が使っている。第1図に示すごとく夜光強度は天



第1図 天頂角 (Z) と夜光層の厚さとの関係

頂から地平線に近づくにつれて、発光層の厚さが大きくなる (AB<CD) ため強くなるが、強くなる割合は夜光層の高さによって決まることを利用したものである。天頂距離を Z, その方向の強さを  $I(Z)$ , 天頂の場合を  $I(O)$  とすれば、この比は第1図の層を横切る長さの比に等しくなると考えて、その時の層の高さ  $h$  (地球半径を1とする) との間には簡単な幾何学により次の関係がある。

$$I(Z) = \frac{I(O)}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 Z}{(1+h)^2}}} \dots\dots\dots(1)$$

この式を使って求めた層の高さは、測定者によって大きく違い 100kmから 1,000kmまでの値を出している。いずれが正しいか判定に苦しむのである。われわれの観測では 5,577 Å 線など主要な輝線につき 300kmとした。この違いは次に述べる事項に原因している。

i) この方法は夜光層がかなり広い範囲に一樣な高さと同様な輝度をもつと仮定している。違った方向の強度を測るのだから層が一樣でなければ何にもならな

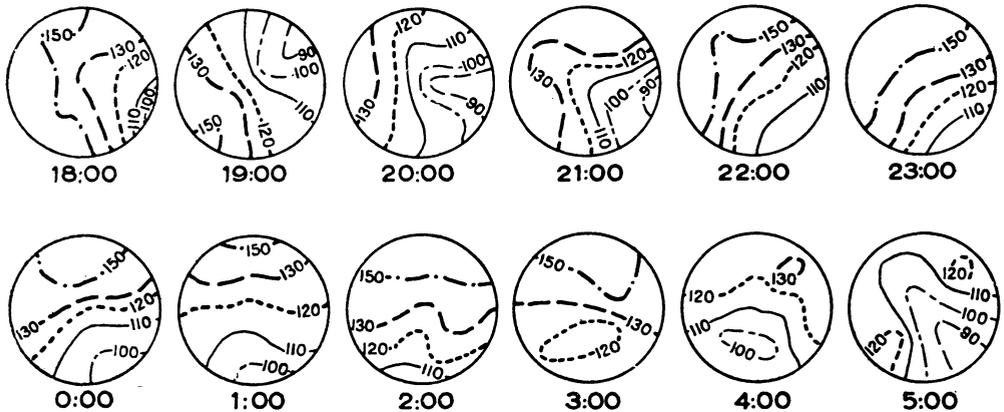
い。ところが最近になってこの夜光層は決して一樣でなく、かなり大きい不均一があり、しかも時間的に大きく変化していることがはっきりしてきた。

ii) 天頂角が増すにつれて大気の減光も増大する。星の場合は点光源だから大気の減光率は簡単に求まる。夜光の場合は前述したごとく拡がりをもっているからむつかしい。更に2次的な光の散乱が影響してくる。これらの補正がうまくいかない。事実、補正値のわずかな違いによって、求めんとする層の高さが大きく変わってくる。

しかしながら、1957年、アメリカでロケットに天頂から 60° 傾いた方向の緑線が測れるように装備し打揚げた。この実験から発光層の高さを 100km とした。電離層でいえば大体E層の高さになる。100km という値が実測から出されたので我々の研究は非常にしやすくなった。

2. 夜光強度の一晚変化ならびに緯度変化

夜光強度は全天一樣でないことはすでに述べた。天候がよければ一晚のうちに10~12時間観測が続行されることもある。このような場合には、高度角別に方位を無視して一晚の観測値を平均すると、その値は全天一樣という仮定に従うものと見てさしかええない。この仮定から大気の減光度が高度角別に求まる。この係数を観測値にかけて補正する。この補正値を使って、30分毎の夜光天気図を作っている。第2図はその一例で、北海道女満別で1954年1月4日夜から5日にかけて得られたものである。図の中の数値は Rayleigh 単位で表わされ、1 Rayleigh は  $10^6 \text{ quanta/cm}^2 \text{ column} \cdot \text{sec}$  である。夜光強



第2図 緑線全天分布の一晚変化 (1954年1月4日~5日、北海道女満別におけるもの)

度は夜半過ぎに極大を示すもの、また夜に入って間もなく極大値をとる場合が多い。しかもこれら二つの変化の型は不規則に起らないで、1週間ぐらい同じ型を持続するように思われる。しかし理由は明らかでない。

夜光天気図を見ると、あたかも地上天気図に高、低気圧があると同じように、夜光の強いところ、弱いところがある。これらが割合明瞭に移動する方向がわかる場合とそうでない場合とある。第2図では強い部分が南西から西を通して北方に移動したことが認められる。一般に、日本では強いところが南北方向に移動する場合が多い。われわれの予備的な観測ではこの速さが毎時300kmとなったが、この移動が問題である。電離層の観測からもわれわれのと大体同じ値を出している。夜光層に風が吹いていて、発光物質が風によって移動したと考えることもできる。しかし風のためだとすると流れの方向は南北よりもむしろ東西方向の成分が強く出てよきそうに思われる。また、オーロラと同じ理由で光るとすると、オーロラに似た帯電粒子がやってきて時間的場所的に通り雨のごとく大気を刺戟していくと考えられないこともない。また、もう一つ他の理由として目下われわれ夜光グループで検討中であるが、夜光層の大気の鉛直運動が強さを変えているかも知れない。上昇すれば弱くなり、下降すれば反対に強くなる。どの考え方が正しいのか現在のところわかっていない。夜光発光の源は太陽にあることは疑う余地もない。今まで常識になっていた夜光の太陽紫外線説\*が正しいのか、あるいは、オーロラにおけるごとく帯電微粒子もこれに加わっているかを詳しく知るための予備知識として夜光とオーロラとの関係を検討しておく必要がある。

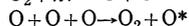
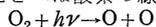
現在、夜光を観測している国はアメリカ、日本、フランスそして最近になってやりはじめたソヴィエトである。いづれも北半球の割合高緯度地方に属するところである。しかしオーロラ帯での夜光観測の結果はなく、その強度はわかっていない。オーロラ帯では何時でも夜光の下地はあると考えられるが、オーロラが出現したとき夜光はどのように変化するか、またかかる時に日本くらいの緯度で得た値と比較するとどんな関係にあるかという問題がある。また、赤道地方での夜光強度は中、高緯度地方のそれと比べいかなる関係にあるか。これもわか

っていない。宗谷での南極予備観測の際、船上で天頂だけの夜光強度(緑線)を求めることができた。これにより夜光強度の緯度変化がわかった。すなわち赤道地帯で弱く緯度と共に増強している。本観測でもこれと大体同じ結果になっている。この観測事実はわれわれの常識に反する。太陽紫外線説からすれば当然赤道地帯が強いはずである。前述したごとく夜光の強いところの移動、また宗谷での観測から、紫外線のほかに微粒子も発光の源になっていると考えられる。

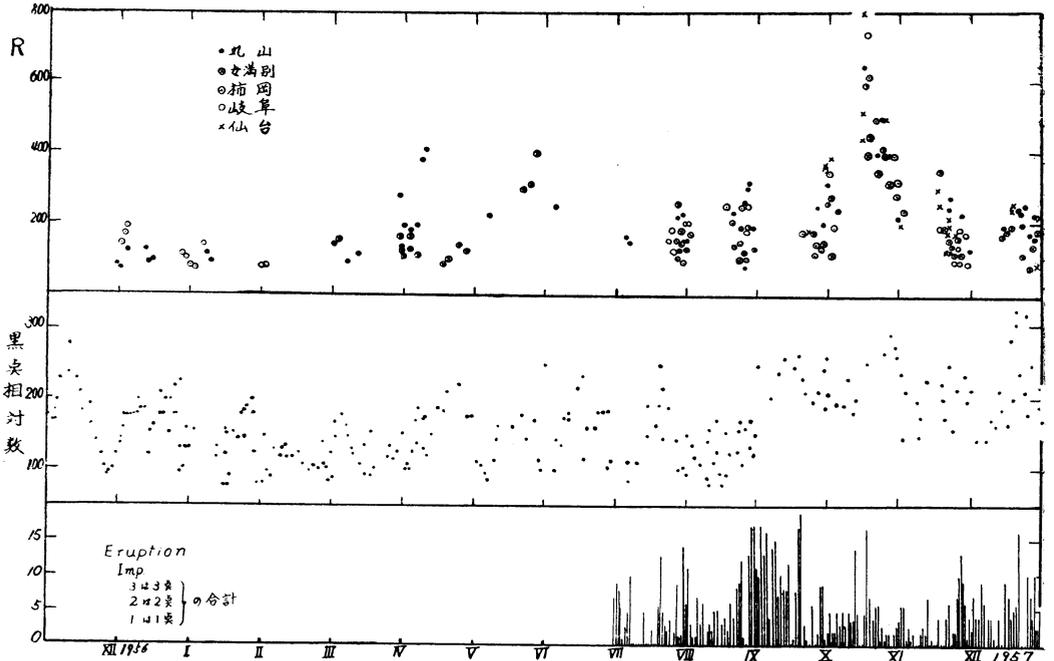
### 3. 太陽活動との関係

高緯度地方でオーロラが出現すると夜光強度も断然強くなることから、夜光は太陽活動に密接な関係があることが予想される。ことに太陽活動の激しいときには夜光強度は3~4時間ぐらいの大きい波をうって変化していることがわれわれの観測でも確かめられた。第3図は1956年12月より1957年12月までの約1年間日本の各地で観測した緑線の1晩の平均強度と、黒点相対数および太陽爆発との関係を示す。図中にのせてある最上部の縦座標は夜光強度を Rayleigh 単位で表わしてある。横軸は月を月盛である。1957年の初め頃は 100~200 Rayleigh の間にあり非常に弱かった。同年日本にきたアメリカの専門家がこの結果をみて、日本の値は小さ過ぎることを指摘したところである。その後同年後半から断然強くなり7~8月頃 200 Rayleigh, 10月中旬には 800 Rayleigh にまで達した。それが11~12月には 200ぐらいいままでに落ちていて、1957年のアメリカにおける平均の緑線強度と大体同じ値になった。わづかの間に 100 Rayleigh から 800 Rayleigh まで変化しているのが太陽活動との関係をしらべてみた。黒点相対数は1957年前半、大体 100をわづかに越した程度であった。ところが同年9月頃からは 200から 300に急増し12月末までその値を持続していることがわかる。これから夜光強度と太陽活動との間に関係のあることは疑いない。しかし最も夜光の強い10月中旬頃、黒点相対数は大きいけれども、他の期間に比較して顕著でない。もし微粒子によると考えるならば、黒点相対数よりも太陽爆発をとった方がよりよい関連を示すかも知れない。この観点から第3図の最下部にその結果をのせた。地球観測年がはじまって以来世界各地から沢山のデータが集まっているのでこれを使用した。太陽爆発の際バルマー H $\alpha$ が平素より増大する。その程度に応じて大きい方から重要度が3, 2, 1という数値で区別されている。この3が3点, 2が2点, 1が1点である

\* たとへば酸素の緑線の場合



O\* が励起された状態にあるのでこれが発光する。



第3図 夜光強度と太陽活動との関係

とし、1日におこった太陽爆発の数に上述の係数をそれぞれかけて加えあわせた値が縦座標に示される。この値は9月初旬より顕著に増大している。9月13日および21日には北海道でオーロラが見られたほどである。10月中旬夜光が非常に強いときに大規模な太陽爆発が起っている。また9月初旬から中旬にかけて太陽に大爆発がほとんど連続して起っている。ちょうどこの時期に、月光の

存在のため、夜光のデータは取れなかったが、上と同じ関係があるような傾向を暗示していると思われにくい。同じく11月、12月の爆発と夜光強度との間にも同様な関係があり、夜光強度は黒点相対数よりも太陽爆発により密接な関連をもっているようである。すなわち、オーロラと同じ傾向を示している。(筆者; 気象研究所 川村 清)

〔口絵写真説明〕

じん旋風の写真

立川第3中学校 鮎沢昭二氏 撮影  
気象庁天気相談所 平塚和夫氏 説明

朝日新聞地方版にこの写真が紹介されたので、撮影者におねがいして写真を提供していただいた。鮎沢氏のよせられた当時の状況をしると、

1. 日時 1958年6月3日 12時40分頃
2. 場所 立川3中校庭 (35° 41'N, 139° 25'E)
3. 天候 高曇り
4. 砂柱の高さ 50m~60m  
///太さ 2.5m~3m
5. 砂柱の動いた方向 ESE から WNW へ
6. 砂柱の存在時間 2分~3分
7. 形状の変化 初期の状態については不明。写真①②③④の順に変化。終期には本校校舎にぶつかつ

て消滅したもよう。しかし校舎には大きな異常も見られなかつたことや運動場の土が非常に軽いものであることから考えて、小型のものであつたことは確かだと思う。

じん旋風は地上気象観測法によれば『大気の下層が不安定な時に、強い日射によつて発生し、下から昇る比較的弱い小規模の回転性の風で、右廻りと左廻りのものがあり、一般に被害を伴わない』となつている。

なお、多少余段めくけれども同じく地上気象観測法には『海上や陸上に起る強い回転風で、上から降りた漏斗状の雲を伴うものがある。これをたつ巻という。かかる雲を伴わないものを旋風という。(245頁につづく)』