

夜光 (The Light of the Night Sky) に就いての二三の研究

内 海 誠

I. 可視長波域スペクトルの構造*

I. 序.

最近夜光スペクトルの知識は Rayleigh; Slipher; Cabannes, Dufay; Sommer; Fabry; Bernard, Déjardin; Gauzit; Elvey, Swing, Linke 等の観測に依り著しく發展し, 又 McLennan; Vegard; Kaplan 等の實驗室に於ける極光スペクトルの研究及び Schuman; Runge; Lyman; Birge, Hopfield 或は Condon; Stevenson; Bowen 等諸分光學者の基礎的研究の助力に依り, その同定 (Identification) は次第に解決の傾向にある.

夜光スペクトルの観測は甚だ多くの人々に依り行はれ, 特に短波域スペクトル⁽¹⁾の観測に就いての多數の発表が現れてゐる.

然し乍ら夜光スペクトルの構造以外例へば發輝層の高さ及び絶対強度の決定, 夜光強度變化の説明等に関しては未だ殆んど研究されてゐないと云ふも過言ではない⁽²⁾.

筆者は柿岡地磁氣觀測所在勤中の 昭和 12 年秋より同 17 年春迄に行つた夜光スペクトルの

*. 昭和 18 年 5 月 18 日, 大日本氣象學會にて發表.

(1). M. J. Dufay: C. R., 193, 1931, pp. 1106-1108; J. de Physique et le Radium, 5, 1934, pp. 523-526.

L. A. Sommer: Zeits. f. Physik, 77, 1932, pp. 374-394; 80, 1933, pp. 273-276.

M. J. Ganzit: Le J. de Physique et le Radium, 5, 1934, pp. 527-532; C. R., 199, 1934, pp. 29-31; Annales D'Astrophysique 1^{re} Année No. 3, 1938.

J. Cabannes et J. Dufay; C. R., 193, 1934, pp. 306-309; 200, 1935, pp. 1504-1506.

J. V. Karandikar; Indian J. of Physics, 9, 1934-35, pp. 245-250.

C. Fabry: C. R., 198, 1934, pp. 107-109; 206, 1938, pp. 930-933.

G. Déjardin et René Bernard: C. R. 206, 1938, pp. 1747-1749.

M. M. Albert Arnulf, René Bernard, Démètre Cabassilas et Georges Déjardin: C. R., 208, 1939, pp. 1929-1931.

C. Hoffmeister: Zeits. f. Physik, 19, 1940, pp. 116-131.

C. T. Elvey, P. Swing & W. Linke: Ap. J., 92, 1941, pp. 337-348.

(2). 夜光の綜合報告に就いては B. Haurwitz: Reprint of the J. of the Royal Astronomical Society of Canada, Oct., 1936—Feb., 1937; G. Déjardin: Review of Modern Physics, Vol. 8, No. 1, 1936; 筆者: 天文月報, 33 卷 (昭和 15 年) 及び柿岡地磁氣觀測所要報, 第 1 卷, 第 2, 3 號 (昭和 13 年) がある.

観測から、夫等未解決に属する二三の問題を纏める機会を得たので以下逐次発表の豫定であるが、本稿に於ては主として可視部の長波域スペクトル ($6700\text{\AA} \sim 5000\text{\AA}$) の構造に就いて述べて見たい。

II. 夜光スペクトルの撮影

昭和12年秋夜光スペクトル観測の目的をもつて $F:1.9$, 1-プリズム分光寫眞器⁽¹⁾(寫眞第1, 上参照)を製作し、夜光の一晩變化、天頂及び地平線近くの強度比、絶対強度等の観測に使用したのであるが、此の分光寫眞器は使用目的の關係上分散率が甚だ小さく、スペクトルの構造研究の目的に適せぬものであつた。それで中央氣象臺天測課の2-プリズム分光寫眞器(寫眞第1, 下参照)を借用して長時間撮影を行つた。此の分光寫眞器はコーネーターレンズ及び寫眞鏡玉共に日本光學製のTessar型四枚玉、開口55mm、焦點距離25cm ($F:4.5$)でプリズム二個を使用してあり、波長 $6300\text{\AA}$, $5577\text{\AA}$ 附近に於て各94, $85\text{\AA}/\text{mm}$ の分散を與へる。夜光スペクトル撮影用としては斯くの如き暗い分光寫眞器が使用された例は全くないのであるが、筆者は極度の長時間露出に依り撮影の目的を達することが出来た。撮影した數枚の原板に就いて露出期間等を次に記す。

原板番號	露 出 期 間	總露出時間
Pl. 1	昭和15年 2月 27日—昭和15年 3月 14日	30時間
Pl. 2	" 9 22 — " 11 5	147
Pl. 3	" 11 26 —昭和16年 2 5	295

Pl. 1 の 30 時間露出にては露出不足のため、夜光主要輝線 $\lambda 5577$ が根跡を認める程度に過ぎず、Pl. 2 に於ける 147 時間露出で $\lambda 5577$, $\lambda 6300$, $\lambda 6364$ 等が相當強く撮影出来た(寫眞第2, 下参照)。

露 出 時 間						露 出 時 間					
昭和15年	11月	26日	17時	10分	昭和15年	11月	27日	3時	15分	昭和16年	1月
"	"	27	17	20	"	"	28	3	10	"	17日
"	"	12	2	18	40	"	"	3	5	"	17時
"	"	"	3	17	30	"	"	4	5	"	30分
"	"	"	5	17	20	"	"	6	4	"	昭和16年
"	"	"	8	20	35	"	"	9	4	"	1月
"	"	"	9	20	06	"	"	10	5	"	5日
"	"	"	24	21	15	"	"	25	5	"	21時
"	"	"	25	18	30	"	"	26	5	"	30分
"	"	"	26	19	40	"	"	27	5	"	"
"	"	"	27	18	10	"	"	28	5	"	"
"	"	"	28	17	20	"	"	28	18	"	"
"	"	"	29	17	25	"	"	30	5	"	"
"	"	"	31	18	00	"	16	1	5	"	"
16	1	1	18	20	"	"	"	2	5	"	"
"	"	"	3	17	40	"	"	4	3	"	"
"	"	"	4	22	00	"	"	5	4	"	"
						總 計: 294 時間 40 分					

(1). 柿岡地磁氣観測所要報, 第1巻, 第1號, (昭和13年), 頁79-84.

本報告に於いて述べる夜光スペクトルは Pl. 3 の結果であつて、295 時間と云ふ最後の長露出を試みた結果である。以上の撮影に使用した乾板は Oriental H. S. Pan. で分光器スリットの幅は何れも 0.2mm であつた。尙参考までに Pl. 3 の露出日時を上に掲げた。

III. 波長の測定

寫眞第 3 上は Pl. 3 の引伸印畫で同じく下はマイクロホートメーターに依る記録である。波長の測定に際しては原板を直接測定する代りに更に精度を高める意味でマイクロホートメーターの記録原板をコンパレーターで測定し⁽¹⁾, Hartmann の式

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{c_0}{n_0 - n}$$

で計算した。但し $\lambda_1 = 6300$, $\lambda_2 = 5893$, $\lambda_3 = 5577$ から求めた係數,

$$\left\{ \begin{array}{l} n_0 = -2.1958 \times 10^5 \\ \lambda_0 = -2.1538 \times 10^3 \\ c_0 = -6.1127 \times 10^9 \end{array} \right.$$

は

$$\left\{ \begin{array}{l} n_0 = \frac{\lambda_3 - \lambda_2}{\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{n_2} - \frac{\lambda_1 - \lambda_3}{n_3}} \\ \lambda_0 = \frac{n_0}{n_2} (\lambda_1 - \lambda_2) + \lambda_2 \\ c_0 = (\lambda_1 - \lambda_0) n_0 \end{array} \right.$$

より求められる。

第 1 表

n	λ	n	λ	n	λ
-3531	6755 (3)	+ 538	6232 (4)	+ 4169	5781 (5)
3205	6712 (2)	843	6194 (5)	4516	5739 (5)
2983	6683 (2)	1228	6145 (7)	5103	5668 (9)
2837	6664 (1)	1382	6126 (1)	5511	5618 (2)
2238	6587 (4)	1683	6088 (7)	5855	5577 (10)
1960	6551 (3)	1854	6067 (7)	6368	5515 (3)
1731	6521 (5)	2503	5986 (2)	7114	5426 (1)
1351	6472 (1)	2828	5946 (3)	7322	5402 (1)
684	6387 (7)	3091	5914 (1)	8055	5315 (1)
503	6364 (7)	3258	5893 (10)	8487	5264 (2)
- 184	6323 (7)	3460	5868 (7)	9629	5131 (3)
0	6300 (10)	3751	5832 (7)	+ 10041	5083 (3)
+ 362	6254 (2)	+ 3937	5810 (1)		

(1). 原板にはネオンを比較スペクトルとして挿入したが、此の理由で確實に同定し得る夜光自身の輝線を標準とした。之等輝線の存在は寫眞第 2, 上を見ても明である。

此の結果を示すと第 1 表の如くで、波長の後に記した数字はスペクトル線又は帯の比較強度或は實在性を示す重價である。(2) 以下は或は原板の粒子等の誤認の恐れなしとしない。何れにせよ 30 本以上の輝線或は輝帯の存在を認めて良いと信ずる。

波長決定の精度に就いては、使用した分光寫眞器の分散は 1 章で述べた如くであり、従つてスリットの幅 0.2 mm に對する分解能は $\lambda\lambda$ 6500, 5800, 5500 及び 5000 に對して夫々 30, 20, 16 及び 7 Å 程度となる (コリメーターレンズ及び寫眞レンズの焦點距離は等しい)。

尙, Hartmann の式から計算した波長は補正をせねばならない。此の補正は第 1 表には施してはないが、 λ 6700- λ 5300 に於ては ± 3 Å 以内である。

IV. 夜光スペクトルの同定

前節で述べた輝線或は輝帯が如何なる元素の如何なる状態に依り發輝されたものなるかは速断を許さないが、現在までに得られた諸研究者の夜光、極光及び實驗室に於ける研究結果を考慮して以下同定を試たい。

中性酸素原子 (OI).

夜光スペクトル中最も顯著なる輝線 λ 5577 は勿論極光中に於ても顯著であり、Babcock⁽¹⁾ は夜光に於て Fabry-Perot の干涉計に依り其の波長を $5577.350 \pm 0.005 \text{ Å}$ と決定し、又 McLennan, McLeod⁽²⁾ 等は實驗室で發生せしめて $5577.341 \pm 0.004 \text{ Å}$ と求めた。

此の輝線は Condon, Stevenson 等の發展せしめた電氣的四重極線 (所謂禁制線) に屬し、OI の $2p^1S_0 \rightarrow 2p^1D_2$ 遷移に依るものなることに疑問はない。

λ 6300, λ 6364 も同じく OI の禁制線で各 $2p^3P_2 \rightarrow 2p^1D_2$, $2p^3P_1 \rightarrow 2p^1D_2$ なる遷移に依ることも周知の所である。普通の夜光スペクトルには之等兩線は分光寫眞器の分散が小なるために分離し難いが、今回の如き分散の大なる分光器では明かに分離してゐる (寫眞第 2, 下参照)。

λ 6300 は Vegard 等⁽³⁾ の實測に依ると 6300.322 Å であり、Paschen が實驗室で觀測した 6300.27 Å と一致してゐる⁽⁴⁾。 λ 6364 は Freichs, Hopfield の計算に依ると 6363.73 Å であり、Paschen の實驗室で觀測した波長と一致してゐる。OI に屬するもう一本の禁制線 λ 6392 ($2p^3P_0 \leftarrow 2p^1D_2$) は極光中に認めたと稱する人もあるが夜光には觀測されてゐない⁽⁵⁾

(1). Ap. J., 57, 1923, p. 209.

(2). Proc. Ray. Soc., A. 120, 1928, p. 303.

(3). Nature, 135, No. 3414, 1935.

(4). Hopfield (Phys. Rev., 37, 1931, p. 16.) は 6300.328 Å と求めてゐる。

(5). 此の線は遷移確率が λ 5577 の夫れに比して 10^{-6} 程度の小さなものであるから、現はれる可能性は極めて小なることは明である。

ナトリウム原子 (NaI).

ナトリウムの D -線が夜光スペクトルに存在することは Cabannes, Dufay, Gauzit⁽¹⁾; Bernard⁽²⁾ 等の分光写真及び干渉計の観測に依り確定的となり、此の線 ($\lambda 5893$) は $D_1[5895.93(3^2P_{1/2} \rightarrow 3^2S_{1/2})]$, $D_2[5889.96(3^2P_{3/2} \rightarrow 3^2S_{1/2})]$ の平均位置に相當してゐる。今回の筆者の夜光スペクトル中に存在する $\lambda 5893$ は此の D -線なることは明であり、尙 F/1.9 分光写真器で撮影した夜光スペクトルにも明瞭に之等 OI, NaI の輝線を認めることが出来る (写真第 2, 上参照)。

窒素原子 (NII).

夜光スペクトルに窒素原子 (NI) の $\lambda 5208(^2D \rightarrow ^4S)$ が存在してゐるとの疑ひを持つ人⁽³⁾もあるが未だ確定的でない。NII に就いては Vegard⁽⁴⁾ は極光中に $\lambda 6543(^1D_2 - ^3P_2)$, $\lambda 6526(^1D_2 - ^3P_1)$, $\lambda 5751(^1S_0 - ^1D_2)$ を認めて居り、又惑星状星雲のスペクトル中にも NII の禁制線として $\lambda 6584$, $\lambda 6348$ 及び $\lambda 5755$ が相當強く發揮されてゐるので⁽⁵⁾, 今回の夜光スペクトル中の $\lambda 6587$, $\lambda 6551$, $\lambda 6521$, $\lambda 5893$ 及び $\lambda 5739$ 等は或は NII に歸し得るとも考へる。

酸素分子 (O_2).

酸素分子に就いては Babcock⁽⁶⁾, Elvey 等⁽⁷⁾は $\lambda 6300$, $\lambda 5577$ 附近の輝帯を地球大氣の吸収による Fraunhofer 線の α, α' 帯に歸してゐるが、尙此の外にも Fraunhofer 吸収帯と一致してゐる輝帯が存在すると考へられるので詳細は次節で述べることにする。

窒素分子 (N_2).

窒素分子に屬する輝帯は極光にも夜光にも甚だ多く現はれ、特に極光には First N. G. が極めて顯著で、Second P. G., First P. G., Vegard-Kaplan G. に屬する輝帯は弱いのに對し、夜光に於ては Second P. G., V.-K. G. が比較的強く、First P. G., First N. G. の順に強度の弱いことが知られてゐる。然し First P. G. 以外は大部分短波長域に存在するために、今回の夜光スペクトルで問題になるのは主として First P. G. である。

First P. G. [$(^2D + ^2D)B^3\Pi_g \rightarrow (^2D + ^4S)A^3\Sigma_g^+$].

此の輝帯に同定し得るものは極光には甚だ多いので、夜光にも相當存在することは推定し得るし、又實際同定も行はれてゐる。次に今回の夜光スペクトルに存在すると考へられる輝帯に就いて

(1). Ap. J., 83, 1938, p. 164.

(2). 同上., 89, 1939, p. 133; Nature 141, No. 3574; 1938, No. 3586, 1938.

(3). Slipher は此の線を夜光スペクトルに認めたと稱してゐる。

(4). Nature, 142, No. 3597, 1938.

(5). Rosseland: Theoretical Astrophysics, 1935, p. 311.

(6). Pub. A. S. P., 51, 1939, p. 47.

(7). Ap. J., 92, 1940, p. 337.

量子別に拾つて見る。

$$\begin{array}{l}
 \Delta v=2 \left\{ \begin{array}{l} \lambda 6755, v'=11 (6764)^{(*)} \\ \lambda 6683, v'=12 (6671)^{(*)} \\ \lambda 6587, v'=13 (6582)^{(*)} \\ \lambda 6521, v'=14 (6495)^{(*)} \end{array} \right. \quad \Delta v=3 \left\{ \begin{array}{l} \lambda 6712, v'=5 (6704)^{(*)} \\ \lambda 6551, v'=7 (6545)^{(*)} \\ \lambda 6492, v'=8 (6469)^{(*)} \\ \lambda 6387, v'=9 (6394)^{(*)} \\ \lambda 6323, v'=10 (6323)^{(*)} \\ \lambda 6254, v'=11 (6252) \\ \lambda 6193, v'=12 (6185)^{(*)} \end{array} \right. \\
 \\
 \Delta v=4 \left\{ \begin{array}{l} \lambda 6126, v'=5 (6127)^{(*)} \\ \lambda 6088, v'=6 (6076)^{(*)} \\ \lambda 6067, v'=6 (6076)^{(*)} \\ \lambda 5946, v'=8 (6469)^{(*)} \\ \lambda 5914, v'=9 (5906)^{(*)} \\ \lambda 5868, v'=10 (5855)^{(*)} \\ \lambda 5832, v'=10 (5855)^{(*)} \\ \lambda 5810, v'=11 (5804) \\ \lambda 5739, v'=12 (5755)^{(*)} \end{array} \right. \quad \Delta v=5 \left\{ \begin{array}{l} \lambda 5515, v'=8 (5516) \\ \lambda 5130, v'=19 (5145) \end{array} \right.
 \end{array}$$

* : 今迄に夜光スペクトルに存在を確認されてゐるもの⁽¹⁾。

(*) : 極光スペクトルに存在を確認されてゐるもの⁽²⁾。

First N. G. $[(N^4S+N^3P)A' \rightarrow (N^2D+N^3P)X']$.

此の輝帯の大部分は短波長域に存在するために、今回の夜光スペクトルに於て同定可能のものは次の二本に過ぎぬ。

$$\Delta v=-4, \lambda 5668, v'=2 (5653)$$

$$\Delta v=-3, \lambda 5083, v'=2 (5077)$$

但し、之等は夜光にも極光にも未だ確認されてゐないので、波長が近いと云ふ以外に意味はない。

V.-K. G. (ξ -System), $[(^4S+^2D)A^3 \sum_o^+ \rightarrow (^4S+^4S)X' \sum_o]$.

Vegard-Kaplan 群の夜光スペクトルに発見されたのは最近⁽³⁾のことである。此の輝帯も大部分は短波域に存在してゐるので、

(1). M. N. Saha: Proc. of the National Institute of Science of India, Vol. 1, No. 3, 1935.

(2). J. A. Fleming: Terrestrial Magnetism & Electricity, 1939, p. 622; L. Harang: Das Polarlicht, 1940, p. 31.

(3). Cabannes, Dufay: C.R., 200, 1935, p. 1504.

第 2 表

Sommer ⁽¹⁾ 波 長	Dufay ⁽²⁾ ; Dufay & Cabannes ⁽³⁾ 波 長	Cabannes ⁽⁴⁾ 波 長	筆 者 波長 (強度)	同 定
7290 (1)				
6937 (1)		6966 6907		
6863 (6)		6877 6802		
6752 (1)		6773	6755 (3)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=11, v''=9$)*; ($v'=4, v''=1$)*
6721 (1)		6739		
		6703	6713 (2)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=5, v''=2$)*
6673 (1)		6684 (2)	6683 (2)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=12, v''=10$)*
		6663	6664 (1)	
6583 (2)		6583	6587 (4)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=13, v''=11$)*; NII, ($^1D_2 \rightarrow ^3P_2$)
			6551 (3)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=7, v''=4$)*; NII, ($^3D_2 \rightarrow ^3P_1$)*
6530 (7)		6536 (5)		
			5521 (5)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=14, v''=12$)*; NII ($^1D_2 \rightarrow ^3P_0$)
6479 (4)		6468	6472 (1)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=8, v''=5$)*
6418 (1)		6425 (3)		
6409 (1)		6407		
			6387 (7)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=9, v''=6$)*
6361 (2)		6362	6364 (7)	OI, ($2p^3P_1 \leftarrow 2p^1D_2$)*
	6315	6318	6323 (7)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=10, v''=7$)*
6296 (7)		6301	6300 (10)	OI, ($2p^3P_2 \leftarrow 2p^1D_2$)*; O ₂ , ($^6\Sigma_g^- \rightarrow ^1\Sigma_g^+, v'=2, v''=0$)
		6269	6254 (2)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=11, v''=8$)
6233 (3)		6230 (3)	6232 (4)	N ₂ , 1 P. B., (Blend)
6209 (3)		6200	6193 (5)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=12, v''=9$)*
		6166	6145 (1)	
6120 (1)		6124 (2)	6126 (7)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=5, v''=1$)*
6090 (1)		6091	6088 (7)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=6, v''=2$)*
		6073 6041	6067 (7)	
5993 (3)		6001 (2)	5986 (2)	
		5958	5946 (3)	N ₂ , 1 P. B., ($v'=8, v''=4$)*
5931 (1)				

第2表の續き

		5919	5914 (1)	N_2 , 1 P. B., ($v'=9$, $v''=5$)*
5887 (9)	5892	5888 (10)	5893 (10)	NaI , ($3^2P_{1/2,3/2} \rightarrow 3^2S_{1/2}$); NII , (5892.5)*
5857 (1)		5861	5868 (7)	N_2 , 1 P. B., ($v'=10$, $v''=6$)*
		5821	5832 (7)	
5818 (1)			5810 (1)	N_2 , 1 P. B., ($v=11$, $v''=7$)
5780 (1)		5775	5781 (5)	O_2 , ($1^1\Sigma \rightarrow X^3\Sigma$, $v'=3$, $v''=0$)
		5735 (0)	5739 (5)	N_2 , 1 P. B., ($v'=12$, $v''=8$); NII , ($1^1S_0 \rightarrow 1^1D_2$)*
5715 (3)		5698		
	5662	5680 (1)	5668 (9)	N_2^+ , 1 N. B., ($v'=2$, $v''=6$)
5620 (1)		5610 (1)	5618 (2)	
5577 (10)	5577	5577 (10)	5577 (10)	OI , ($2p^1D_2 \rightarrow 2p^1S_0$)*
5539 (7)		5532		
5511 (1)		5505	5515 (3)	N_2 , 1 P. B., ($v'=8$, $v''=3$).
5480 (2)		5475		
5446 (2)				
		5437	5426 (1)	
		5410 5382	5402 (1)	
5356 (1)		5343		
5312 (1)	5316	5324 5290	5315 (1)	
5266 (1)		5253 5217	5264 (2)	
	5162	5185 5153		
	5131	5124	5130 (3)	N_2 , 1 P. B., ($v'=19$, $v''=14$)*; N_2^+ , 1 N. B., ($v'=14$, $v''=4$)
	5092	5083 5062	5083 (3)	N_2^+ , 1 N. B., ($v'=2$, $v''=5$); N_2 , V.-K. B., ($v'=4$, $v''=17$)
	5030	5039		
	5003	5016		

*. 極光中に認められる. L. Harang: Das Polarlicht, 1940, p. 31; J. A. Fleming: Terr. Mag. & Electricity, p. 622.

(1). Zeits. f. Physik, 77, 1932, pp. 374-394; 80, 1933, pp. 273-276.

(2). Le J. de Physique et le Radium, 4, 1933, II, pp. 221-235.

(3). Indian J. of Physics, 9, 1934-35, p. 247.

(4). O. R., 198, 1934, pp. 2132-2135; 同, 200, 1935, pp. 1905-1908.

$$\Delta\nu=13, (5083), \nu'=4 (5083)$$

以外には此の群に波長の一致するものは認められない。

以上の結果を綜合して第 2 表に掲げて置く。尙此の表には比較のために現在までに發表された可視長波長域に於ける夜光スペクトルの諸観測結果のうち主なものを載せて置いた。

V. Fraunhofer 吸収帯との比較.

次に問題となるのは寫眞第 3 に明かに現はれてゐる、

$\lambda\lambda 6580-6490, \lambda\lambda 5940-5810$

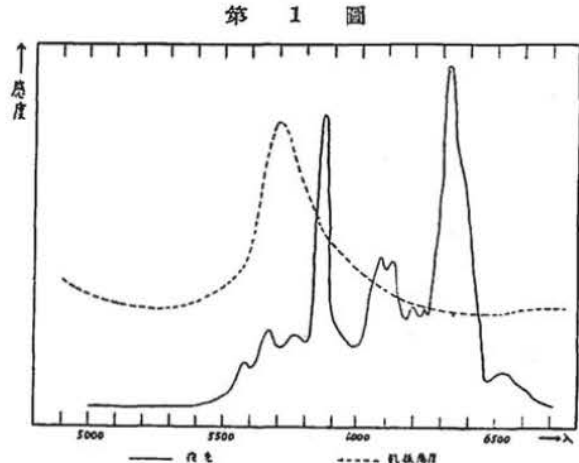
$\lambda\lambda 6440-6260, \lambda\lambda 5780-5710$

$\lambda\lambda 6170-5980, \lambda\lambda 5710-5600$

の相當幅廣い輝帶狀の部分である。一見之等の部分は乾板の増感部に起るハレーションではないかと疑はれ、特にネオンスペクトルを強く押入

し過ぎた爲に、其のハレーションではないかと考へたが詳細に調査した結果夜光自體の發輝帶と斷定した次第である。尙此の観測に使用した乾板 Oriental H. S. Pan. の感度及び夜光の強度分布の様子を第 1 圖に示した。

惜、之等輝帶が夜光の輻射としたならば如何なる分子に起因するものなるかを一考したい。



太陽スペクトルの所謂 Fraunhofer 線の中、

地球大氣に起因する吸収帯の主なるものを今回の夜光に現はれた發輝帶と比較して示すと次の如くである。

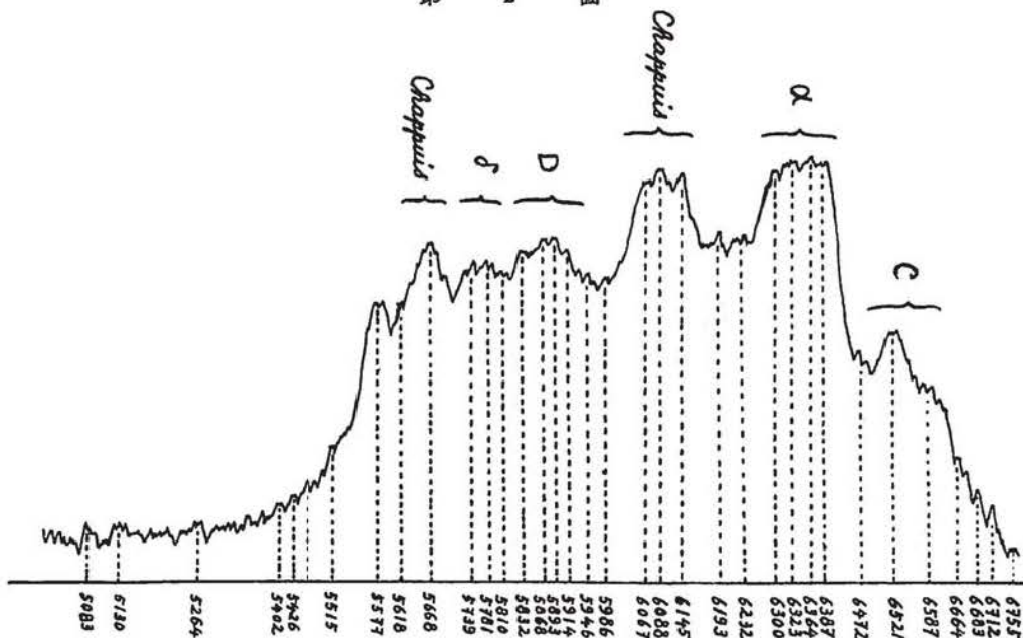
	Fraunhofer 吸 收 帯*		夜 光 發 輝 帶
(1)	A	$\lambda\lambda 7594-7615; O_2$	
(2)	a	$\lambda\lambda 7327-7164; O_2$	
(3)	B	$\lambda\lambda 7160-6870; O_2$	
(4)	C	$\lambda\lambda 6860-6460; H_2O$	$\lambda\lambda 6580-6490$
(5)	α	$\lambda\lambda 6350-6280; H_2O, O_2$	$\lambda\lambda 6440-6260$
(6)	Chappuis	$\lambda\lambda 6100-5940; O_2$	$\lambda\lambda 6170-5980$
(7)	D	$\lambda\lambda 5990-5850; H_2O$	$\lambda\lambda 5940-5810$
(8)	α'	$\lambda\lambda 5840-5780; O_2$	
(9)	δ	$\lambda\lambda 5780-5670; H_2O, O_2$	$\lambda\lambda 5780-5710$
(10)	Chappuis	$\lambda\lambda 5770-5600; O_2$	$\lambda\lambda 5710-5600$
(11)	ξ	$\lambda\lambda 5480-5420; H_2O, O_2$	
(12)	α''	$\lambda\lambda 5400-5380; O_2$	
(13)	ϵ	$\lambda\lambda 5110-4980$	

*. H. Kayser: Handbuch d. Spektroskopie III, pp. 347-361.

之等 Fraunhofer-吸収帯と夜光發輝帯とを比較すると甚だ良く一致するのを認める (第 2 圖参照)。

極光には未だ斯る吸収帯に相當する輝帯を認めたことはないが、夜光に就いては Sommer⁽¹⁾ が B, C, α, D に同定し、又 α', δ, ζ 等の存在に言及し、其の後 Cabannes⁽²⁾ も Sommer と同様な同定を行つてゐる。然し勿論之等に對する反對説⁽³⁾も多い。

第 2 圖



今回の夜光スペクトルの結果から Sommer, Cabannes の同定に確實性を與へ、更に新しく O_3 に依る Chappuis 帯も輝帯として存在すると考へられる。

何れにせよ夜光輻射中に O_2 の α 帯、 H_2O の C, D, δ 帯及び O_3 に依る Chappuis 帯の輝帯としての存在性が考へられる。但し之等輻射帯は必ずしも所謂夜光の輻射と限る必要はない。或は長期に亙る露出期間中に電光の混入の可能性も充分考へられるのである。筆者の嘗て撮影した夜光スペクトルには水素の H_2 を認め、又電光のスペクトル⁽⁴⁾に於ては $\lambda\lambda$ 6560-6490, $\lambda\lambda$ 5850-5530 の部分に顯著な發輝帯を認めた。前報告⁽⁴⁾に於ては之等の廣範圍に亙る發輝帯に關しては同定を行はなかつたのであるが、之等を再考すると電光スペクトルには更に H_2O の C, δ 帯、 O_2 の α' 帯、 O_3 の Chappuis 帯も發輝帯として存在してゐると考へ得る。今回の夜光スペクトルは冬期に於け

(1). Zeits. f. Physik, 77, 1932, pp. 374-390.

(2). C. R., 198, 1934, p. 2182; J. de Physique et Radium 5, 1934, p. 603.

(3). Vegard & Tönsberg: Zeits. f. Physik, 94, 1935, p. 413.

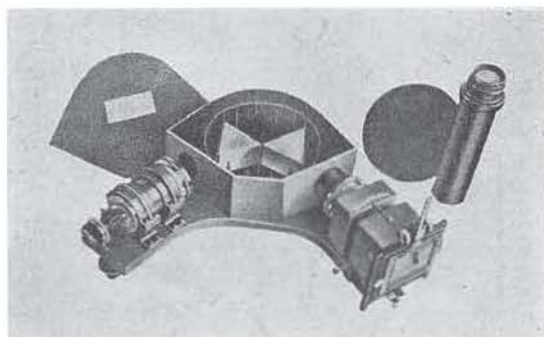
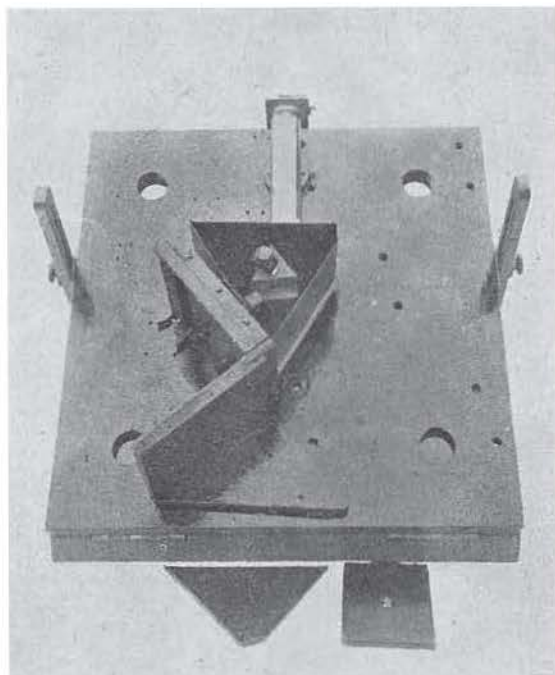
(4). 柿岡地磁氣觀測所要報, 第 4 卷, 第 1 號。

圖版第一

寫眞第1.

上: F/1.9 分光寫眞器.

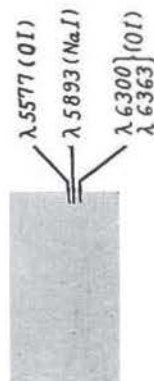
下: F/4.5 分光寫眞器.



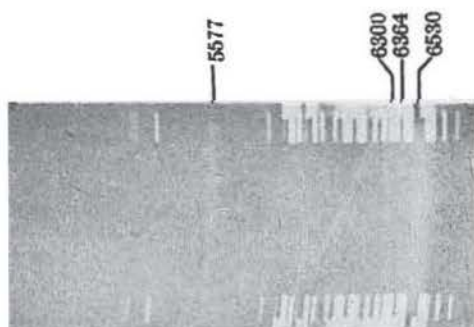
寫眞第2.

上: F/1.9 分光寫眞器にて撮影.

下: F/4.5 分光寫眞器にて撮影.



Oct. 13-14/39
exp. 18^h 18^m -
04^h 35^m
W 15° up.



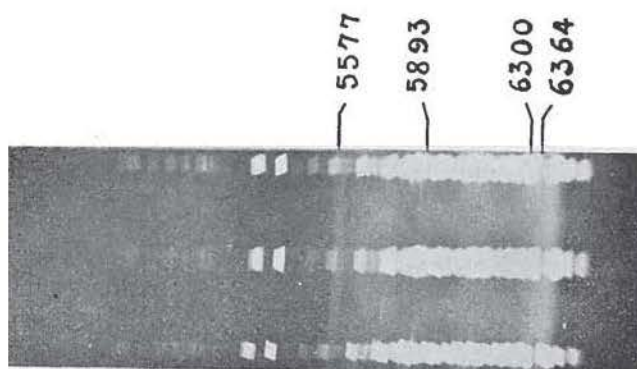
Sept. 22—Nov. 5/40.
exp. 147^{hrs}
W & E 16° up.

圖版第二

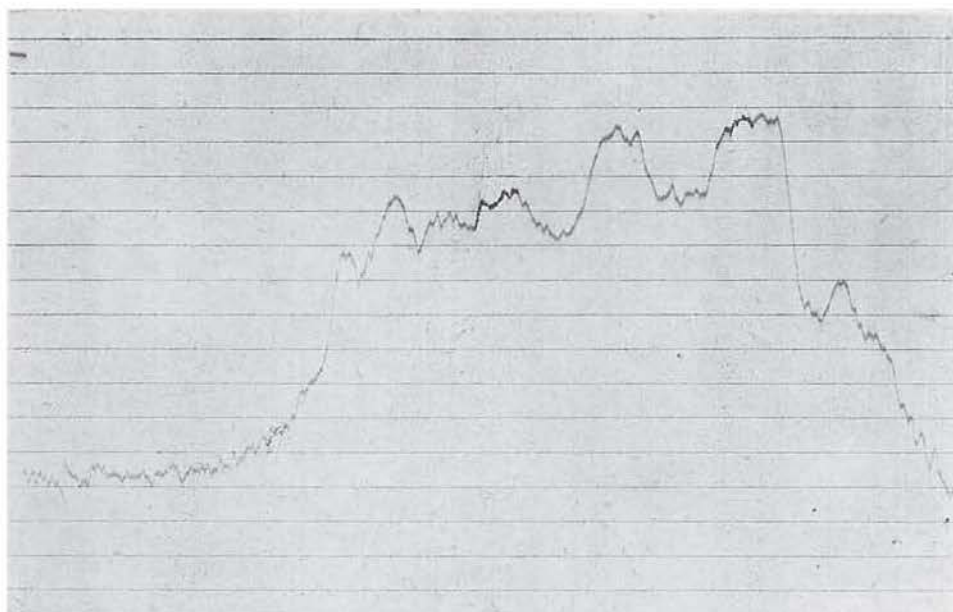
寫真第3.

上: F/4.5, 2-プリズム分光写真器にて撮影せる夜光スペクトル
(露出 295 時間).

下: 同スペクトルのマイクロホートメーターに依る記録.



Nov. 26/1940 -
Feb. 4/1941
exp. 294^h 40^m



る観測であるから顕著な電光の混入は少ないと考へられるが、それでも「雷雨報告」に依ると夜光に露出した當夜雷の発生を見た所が次の如く認められる。即ち昭和 15 年 12 月 2 日：山形，秋田縣下，12 月 8 日：關東東部（但し夜光露出と時間は一致せず），12 月 25 日：熊ヶ谷東方，12 月 26 日：最上川，12 月 27 日：八丈島，昭和 16 年 1 月 4 日：八丈島，1 月 18 日：伊豆南部，1 月 26 日：茨城縣久慈川流域，2 月 2 日：相模灣沿岸，伊豆大島，房總南端，2 月 4 日：八丈島等。

従つて観測地柿岡の天空が快晴であつても遠方の電光が高層大氣に依り散亂されて分光寫眞器に入ることは充分考へ得られる。又或は氣象狀態に依つては快晴の大氣中に於ても所謂電光以外の小規模な放電現象が起つて、夫等が分光器内の乾板に蓄積感光されることも起るのではないかと考へる。

兎に角長期間に亘つて露出した夜光スペクトルに限つて $\lambda\lambda 5577, 6300$ に比較して遙かに強い H_2O , O_2 , O_3 等の發輝帶の認められるのは、恐らく之等諸帶が夜光本來の輻射ではなく、上記の如く電光の混入したものであるからであらう。尙極光には全く之等諸帶の認められぬことから電光として説明した方が良いと考へられる。

VI. 要 約

F: 4.5, 2-プリズムの甚だ暗い分光寫眞器で 295 時間（昭和 15 年 11 月 26 日—昭和 16 年 2 月 5 日）の露出を與へて夜光スペクトルを撮影し、約三十數本の輝線輝帶の波長を決定した。そして OI に屬する輝線 3 本，NaI に屬するもの 1 本， N_2 の 1^st P. G. に屬する輝帶と考へらるもの約 20 本，又其の他 NII, 1^st N. G., V.-K. G. に屬すると考へられるもの數本に就いて同定を試み、更に又 Fraunhofer 吸収帶に相當する部分、即ち G, α , D, δ , Chappuis 帶等の發輝帶として現はれたと考へられる廣い發輝帶に就いて述べ、之等は夜光本來の輝帶と考へるよりは寧ろ低空大氣の輻射（電光）と考へたいことを述べた。（昭和 18 年 5 月 10 日中央氣象臺にて）。

II. 夜光發光層の高さに就いて*.

I. 序.

夜光には極光の如き形が全くなく、天空一面に微光を放つに過ぎぬので、視差を利用して高さを決定することは出来ない。従つて夜光發光層の高さを求めることは決して簡單ではない。

夜光發光層の高さを推定した例は二三あるが、何れも充分信用を置くことが出来ない様に思はれ

* 昭和 18 年 5 月 18 日，大日本氣象學會にて發表。

る。

Cabannes, Dufay⁽¹⁾ は地平線附近及び天頂の夜光の強度比を 1.5 と求め、之から發光層は 100 秆より高く多分 200-300 秆邊であらうと推定した。又 Elvey, Roach⁽²⁾ の如く 50-65 秆と求めてゐる例もある。但し之は光電管 (有効感度 $\lambda 4500\text{\AA}$) を使用した結果であるから夜光自體ではなく、相當廣範圍に亙る夜光と其の散亂光とを取扱つてゐることになり、誤差が極めて大なるものと考へられる。

夜光スペクトル中の D-線に就いては Cabannes, Dufay, Gauzit⁽³⁾ は同じく地平線附近と天頂との強度比から 130 秆と求めて居り、又 Bernard⁽⁴⁾ は薄明時の短時間 D-線が極めて強いことから、此の部分が日照部に相當してゐると假定して高さを 60-80 秆と推定してゐる。

筆者⁽⁵⁾ も皆て OI の $\lambda 6300$ が日没直後強度甚だ大なることから、Bernard と同様の考へに依り $\lambda 6300$ の發光層を地上 280 秆と推定した。*

夜光發光層の高さを推定した例は之等以外に全くないので、原子或は分子の遷移回數の推定、夜光と他の現象例へば電離層との關係及び夜光強度變化の説明、或は夜光に依る上層大氣の溫度推定に多大の支障を來してゐる現状にある。

本報告は昭和 15 年冬期に觀測を行つた天頂距離 58° と 0° との夜光 ($\lambda 6300$ 及び $\lambda 5577$) の強度比より、夫等發光層の高さを推定した結果である。

II. 高さの推定方法.

夜光は天頂距離が増加する程其の強度を増大することは周知の所である。*

夜光發光層が充分高く大氣の減光作用の大部分は發光層以下に於て起るものとして、或る天頂距離の方向の夜光の強度を考へる。

今、 B_0 : 眞の夜光強度、 T : 大氣の透過率、 I' : 發光層より下方に於ける全大氣の散亂光の強

(1). C. R., 198, p. 306, 1934.

(2). Ap. J., 85, p. 216, 1937.

(3). Ap. J., 88, No. 2, 1938; C. R., 206, pp. 1525-1528, 1938.

(4). Nature, 141, No. 3534, 1938; Zeits. f. Geophysik, 110, pp. 291-302, 1938.

(5). 柿岡地磁氣觀測所要報, 第 2 卷, 第 2-3 號 (昭和 14 年).

*. Cabannes と Carrigue (C. R., 201, pp. 1323-1325, 1935; C. R., 203, pp. 484-487, 1936.) も之と同様な方法で $\lambda 6300$ に就き高さに依る強度分布を推定し、115-120 秆の高さで最強で、それ以上に於ては略對數曲線的に強度が減少し、800 秆にても發光してゐることを求めてゐる。

** 天頂距離 80° 邊まで次第に増強し、それ以上に於ては次第に減少する。之は天頂距離が大となるに従ひ大氣の吸收も大となるために、遂に 80° 邊にて大氣の吸收が夜光の増大に打勝つに依る。

度とすると、地上に達する夜光の強度 I は、

$$I = B_0 \cdot T + I' \dots \dots \dots (1)$$

と表すことが出来る。

天頂に於ける夫等の値には指標 0 を、又或る天頂距離に於ける夫等の値には z を附記すると、

$$\left. \begin{aligned} I_z &= B_0 \sec \alpha \cdot T_z + I'_z \\ I_0 &= B_0 T_0 + I'_0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

$$\sin \alpha = \frac{R}{R+h} \sin z. \dots \dots \dots (3)$$

とすることが出来る。

但し、 h は發光層を比較的薄いとして、其の地上からの高さとする。

(2) より、

$$I_z/I_0 = \frac{T_z \sec \alpha + \frac{I'_z}{B_0}}{T_0 + \frac{I'_0}{B_0}} \dots \dots \dots (4)$$

我々の觀測出来るのは I_z/I_0 である。

故に I'_z/B_0 , I'_0/B_0 が求め得られるならば T_z, T_0 は既知であるから $\sec \alpha$ が決定され、從つて h が推定出来る。

I'_z/B_0 , I'_0/B_0 に就いては Dufay⁽¹⁾ が大氣の分子擴散を論じてゐるので之を参照して推定することが可能である。

III. I_z/I_0 の決定.

此の觀測に使用した分光器は $F/1.9$, 1-プリズム分光寫眞器で、コリメーターのズリット (理研製長さ 20mm の上半分には天頂, 下半分には天頂距離 58° の夜光を導く如く, スリットの直前に二枚の平面反射鏡を取付けた(第 1 圖参照). 此の方法に依り鏡の反射率の差異以外は總て同じ條件で, $z=0^\circ$ 及び 58° の夜光スペクトル⁽³⁾を同一乾板上に並べて撮影出来ることになる。

スペクトル線の強度比を求める爲に同一乾板に夜光スペクトルを並べて黑色硝子製小型光楔をスリット直前に置き標準光⁽⁴⁾スペクトルを撮影した。

- (1). Bulletin de l'Observatoire de Lyon, 10, 1, 1928. 尙 Gauzit が Annales D' Astrophysique, 1, No. 3, 1938 に Dufay の論文の内容を紹介してある。
- (2). 本研究第 1 報, 寫眞第 1, 上参照。
- (3). スリットの幅を 0.5mm として觀測したのでコリメーターに入る視野は $9^\circ 14'$ となる。
- (4). 標準光源としてヘフネルランプを使用し, 其の撮影は總て柿岡地磁氣觀測所の地下室にて行つた爲に焰は安定であつた。尙, 夜光スペクトルの露出約 7 時間に匹敵させるために光楔の直前に適當の磨硝子を設置せしめた。之等に就いては本研究第 III 報に詳細を記すことにする。

之等スペクトルは總てマイクロホートメーターに依り記録せしめて、

$$\log \frac{I_s}{I_0} = -\sigma_{(\lambda)} (x' - x)$$

から I_s/I_0 を求めた。

但し、 $\sigma_{(\lambda)}$: 光楔常数, x, x' : 夜光スペクトルの各線 ($s=58^\circ$ 及び 0° に相當する) に就いて濃度の等しい點の光楔最明部よりの距離, y, y' はスリット上の値に引直したものである。

(1). 光楔常数 $\sigma_{(\lambda)}$ の決定。

光楔常数は F : 4.5, 2-プリズム分光寫眞器⁽¹⁾のスリット (理研製長さ 20mm) の直前に該光楔を置き、光源の強さの變化は距離の遠近及びスリットの幅の變化に依り與へ、

$$\sigma_{(\lambda)} = \frac{\log_{10} k}{x' - x} \quad k: \text{光源の強度減少の割合}$$

に依り決定した。

第 1 表

No.	λ 5577	λ 6300
1	0.089	0.099
2	0.084	0.093
3	0.086	0.098
4	0.087	0.099
平均	0.087	0.097

$\sigma_{(\lambda)}$ の決定は四枚の原板に就き行ひ、第 1 表の如き結果を得た。

(2). 反射鏡反射率の比の決定。

$s=0^\circ$ 及び 58° から來る夜光の強度比は短期間(一、二日)中に於ては大なる變化なきものと假定し、 $s=0^\circ$ 及び 58° の夜光強度を夫々 $I, \zeta I$ ($\zeta > 1$) とする。又分光寫眞器 (各反射鏡はスリットの部に固定してある) を水平に置き、反射鏡 A に依り $s=0^\circ$ の夜光を、又反射鏡 B に依り $s=58^\circ$ の夜光を導入せしめる状態を順、分光寫眞器を適當に傾けて反射鏡 B に依り $s=0^\circ$ の夜光を、又反射鏡 A に依り $s=58^\circ$ の夜光を導入せしめる状態を逆の状態と稱することにして、 A 反射鏡が B 反射鏡より r 倍だけ反射率が大と考へると、順及び逆の場合の $s=0^\circ$ 及び 58° の夜光の強度は次の如く表はすことが出来る。

$$\begin{aligned} \text{順の場合} & \begin{cases} s=0^\circ (A): rI \\ s=58^\circ (B): \zeta I \end{cases} \\ \text{逆の場合} & \begin{cases} s=0^\circ (B): I \\ s=58^\circ (A): r\zeta I \end{cases} \end{aligned}$$

(1). 本研究第 1 報, 寫眞第 1, 下参照。

鏡の反射率の補正を施していない場合の $\mu=58^\circ, 0^\circ$ の夜光の強度比を $(I_2/I_0)_r$ とすると、之は観測の生の値であつて、

$$\text{順の場合は} \quad (I_2/I_0)_r = \frac{\zeta I}{r I} = \frac{\zeta}{r}$$

$$\text{逆の場合は} \quad (I_2/I_0)_r = \frac{r \zeta I}{I} = r \zeta$$

となる。

故に、

$$\frac{\text{逆の } (I_2/I_0)_r}{\text{順の } (I_2/I_0)_r} = r^2,$$

$$[\text{逆の } (I_2/I_0)_r] \times [\text{順の } (I_2/I_0)_r] = \zeta^2$$

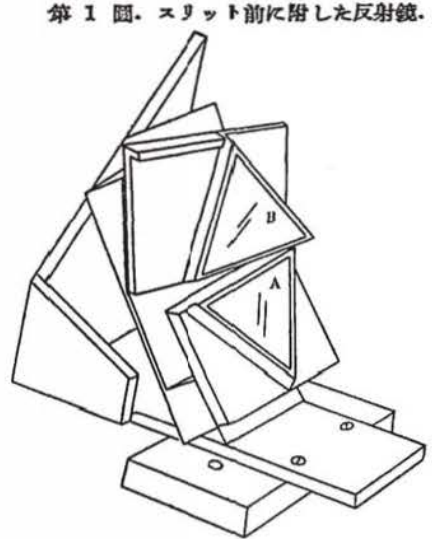
より A, B 反射鏡の反射率の比及び ζ 即ち I_2/I_0 が求め得られる。

今回の観測の後半は斯の如く順及び逆を一組として観測したので夫等から r が決定され、此の r を使用して前半の單獨観測（順の状態）に反射率の補正を施した。

観測は昭和 15 年 11 月—昭和 16 年 2 月の 10 回で總て天候は快晴で勿論煙霧等の全くない夜のみを選んだ。観測日時及び観測方向等は第 2 表に示してある。

第 2 表

No.	観 測 日 時				方 向	観測状態
1	昭和 15 年	月 11	日 26—27	時 19 分 40—3 10	天頂—南東	
2	"	"	27—28	20 00—3 00	同 上	
3	"	12	2—3	20 30—3 30	同 上	
4	"	"	3—4	20 00—3 00	同 上	
5	"	"	5—6	21 53—4 00	天頂—西	
6	{	"	27—28	19 00—3 00	天頂—東	順
		"	29—30	19 00—3 00	同 上	逆
		"	31—1	19 00—3 00	同 上	逆
7	{	16	1—2	19 00—3 00	同 上	順
		"	26—27	20 00—3 00	天頂—南東	順
		"	27—28	20 00—3 00	同 上	逆
9	{	"	30—31	20 30—3 00	同 上	逆
		"	31—1	20 30—3 00	同 上	順
10	{	"	2—3	21 30—3 30	天頂—東	順
		"	2—3	21—30—3 30	同 上	逆



第 3 表

No.	$x' - x$		$\sigma_{\lambda}(x' - x)$		(I'/I_0)		γ^a		γ		ξ^a		$\xi = I_2/I_0$	
	$\lambda 6300$	$\lambda 5577$	$\lambda 6300$	$\lambda 5577$	$\lambda 6300$	$\lambda 5577$	$\lambda 6300$	$\lambda 5577$	$\lambda 6300$	$\lambda 5577$	$\lambda 6300$	$\lambda 5577$	$\lambda 6300$	$\lambda 5577$
1	1.88	2.07	.17860	.18837	1.509	1.643	—	—	—	—	—	—	1.37	1.39
2	2.19	1.95	.20805	.17745	1.614	1.505	—	—	—	—	—	—	1.47	1.35
3	2.05	2.03	.19475	.18473	1.566	1.530	—	—	—	—	—	—	1.43	1.38
4	1.85	2.16	.17575	.19653	1.499	1.572	—	—	—	—	—	—	1.36	1.41
5	1.92	1.89	.18240	.17139	1.522	1.486	—	—	—	—	—	—	1.39	1.34
6	順 2.03 逆 1.15	2.12 1.00	.19285 .10925	.19292 .09100	1.559 1.286	1.559 1.283	0.8249	0.7909	0.91	0.89	2.004874	1.922247	1.42	1.39
7	順 1.95 逆 1.15	2.00 2.08	.18525 .10925	.18200 .09828	1.532 1.286	1.521 1.254	0.8394	0.8245	0.92	0.91	1.970152	1.907334	1.40	1.38
8	順 1.75 逆 1.25	2.00 1.05	.16910 .11875	.18200 .09555	1.476 1.314	1.521 1.246	0.8902	0.8192	0.94	0.91	1.939464	1.895166	1.39	1.38
9	順 2.01 逆 1.26	2.10 1.08	.19095 .11970	.19110 .09828	1.552 1.317	1.553 1.254	0.8436	0.8075	0.92	0.90	2.043984	1.947462	1.43	1.40
10	順 2.15 逆 1.00	2.16 1.11	.20425 .09500	.19656 .10101	1.600 1.245	1.572 1.262	0.7781	0.8028	0.88	0.90	1.992000	1.983864	1.41	1.41
平均									0.91	0.90			1.407	1.383

第 3 表は原板をマイクロホートメーターに依り自記せしめて I_s/I_0 を求めた結果である。

IV. 発光層の高さの決定

II 章の (4) 式を使つて発光層の高さ h を決定するには T_s , T_0 , I_s/B_0 , I_0/B_0 を知る必要があるが, T_0 に就いてはワシントン及びボッダムの實測値⁽¹⁾から柿岡の高さ (30m) に於ける大氣の透

第 4 表

波 長	透過率 ($z=0^\circ$)
λ 6300	0.787
λ 5577	0.760

第 5 表

波 長	透過率 ($z=58^\circ$)
x 6300	0.637
λ 5577	0.597

過率を推定して第 4 表を使用し, T_s に對する透過率は Bemporad⁽²⁾ に従つて,

$$\varphi(z) = -\log T_0 [F(z) - 1], \quad F(58^\circ) = 1.882$$

と, 上に求めた T_0 とより第 5 表の如く求めた。

I_s/B_0 , I_0/B_0 は II 章にも述べた如く Dufay⁽³⁾ が計算してゐるが, 彼の行つたのは $z=0$ 及び 80° に對してであり, 又波長も異なるので正確には夫々の値に對して計算する必要がある。然し之は相當勞力を要するので, 今回は Dufay の値から挿間的に求めた結果を使用し第 6 表に示した。

但し ($z=0^\circ$ に對する波長別挿入は正確に求め得られたが, $z=58^\circ$ に對する挿入は相當粗雑を免れない。

(1). Handbuch der Astrophysik, B. II/1, p. 199.

(2). 同上, p. 268.

(3). Dufay の求めた式は,

$$I'/B_0 = \pi R_0 \int_0^H \frac{\delta_h'}{\cos V'} dh \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-\alpha M_h^{2'}} \{2 \sin z' (1 + \cos^2 V') + \sin^2 z' (1 - 3 \cos^2 V')\} dz'$$

$$R_0 = \frac{\pi^2}{2\lambda^4} \frac{(\mu_0^2 - 1)^2}{n_0} \frac{6(1+\rho)}{6-7\rho}$$

$$\alpha = \log \frac{E_0}{E} = \int_0^H k dh, \quad k = \frac{8\pi^2}{3\lambda^4} \frac{(\mu^2 - 1)^2}{n} \frac{6+3\rho}{6-7\rho}$$

$$M_h^{2'} = M_0^{2'} \times \delta_h$$

ρ : 偏光度。

δ_h : 高さ h なる點の大氣の密度。

$M_h^{2'}$: h と z' で決定される大氣の質量。

である。何れ精密な値を計算して見る豫定ある。

第 6 表

波 長	I_z/B_0	I_0/B_0
$\lambda 6300$	0.067	0.022
$\lambda 5577$	0.095	0.036

備, 第3表の $\zeta (=I_z/I_0)$ の平均値及び第 4, 5, 6 表の諸数値を (4) 式に用ひて α を求め, (3) 式に依り發光層の高さ h の平均を決定すると第 7 表の如くなり, ζ の平均値に對する h は $\lambda 6300$ と $\lambda 5577$ とで極めて良く

一致してゐる. 尚, 第 3 表の ζ の各々に就いての h は第 2 圖から求めることが出来る. 黒點は

第 2 圖

第 7 表

波 長	$h(\text{KM})$
$\lambda 6300$	350
$\lambda 5577$	340
平 均	345

夫等の値を示すもので, 大體 250-500^{KM} の範圍内に分布してゐる.

V. 夜光の發光層と電離層.

以上に於て決定した夜光の發光

層の高さ 350 軒は電離層で謂へば F_2 -層に相當してゐる.

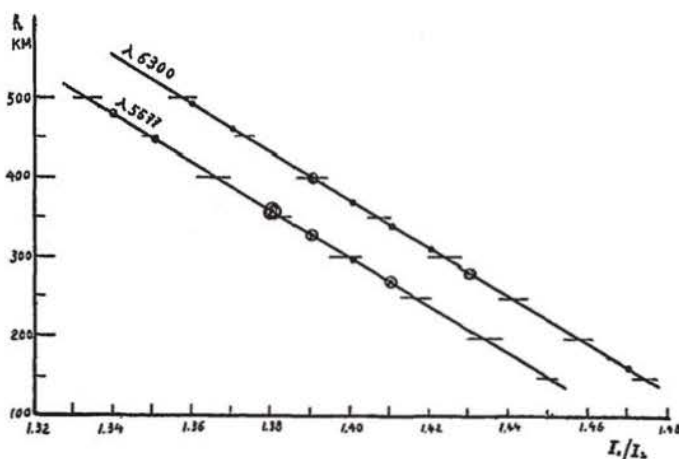
元來 F_2 -電離層は種々の點で夜光と同様な性質を示してゐる. 即ち兩者共に太陽活動と同一週期で變化をなし, F_2 -層の電子密度は増大し, 夜光の強度は増強する. 又, F_2 -層と夜光とは何れも 10~11 月及び 2~3 月に電子密度及び強度が極大となり, 又 12~1 月及び 6~7 月に兩者が極小を示すこと, 而も 10~11 月の極大の方が 2~3 月の極大より大なることまで兩者が一致してゐる⁽¹⁾

尚, F_2 -層と夜光とは共に夜半に極大又は極小を示し, 更に本研究第 IV 報に於て報告する如く, F_2 -層の電子密度と夜光スペクトルの強度變化に極めて顯著な關係の存在することが明である.

斯くして夜光發光層の高さが F_2 -電離層と一致すると云ふ今回の觀測結果は決して偶然の一致ではなく, 全く同一層に於ける二現象と考へることが出来る.

VI. 要 約

昭和 15 年 11 月—昭和 16 年 2 月に亘り, 分光寫眞器の直前に一組の反射鏡を設置して, 天頂及び天頂距離 58° の方向より來る夜光スペクトルの比強度を波長 $\lambda 6300$ 及び $\lambda 5577$ の輝線に就



(1) 例へば Martyn, Pulley: Proc. Roy. Soc. 154, pp. 455-486, 1936.

分光測光法に基いて決定し、反射鏡の反射率の比、大氣の透過率及び擴散の補正を施して、

$$I_s/I_0 = \frac{T_s \sec \alpha + I_s'/B_0}{T_0 + I_0'/B_0}$$

$$\sin \alpha = \frac{R}{R+h} \sin s$$

に依り夜光發光層の高さを平均 345^{KM} と決定した。

此の高さは F_2 -電離層の高さと一致してゐるが、之は單なる偶然の一致ではなく、全く同一層に起る二つの現象であると考へたい。

III. 夜光スペクトルの禁止線 ($\lambda\lambda$ 6300, 6364 及び λ 5577) の強度比の測定*.

I. 序.

夜光スペクトルに顯著に現はれる中性酸素原子 (OI) の禁止線 $\lambda\lambda$ 6300, 6364 ($p^4 \ ^3P_{2,1} - ^1D_2$) 及び λ 5577 ($p^4 \ ^1D_2 - ^1S_0$) は惑星狀星雲、新星に於ける OII , $OIII$ 等の禁止線と同様に主として遊離電子の衝突に依つて勵起されるものと推定され、地球の上層大氣特に電離層との關係甚だ大なるものがある。夜光スペクトル中の之等禁止線の相對強度を知れば、上層大氣の溫度と遊離電子の間の關係を知る方便となり、更に夫等強度の絶對量從つて各準位に停在する原子の數を知ることは電離層の電子密度に關連した種々の問題に寄與する所大なるものがあると信ずる。

本報告は最初の豫定では前記諸禁止線の絶對強度を測定し、更に各準位に停止する原子の數を決定する目的であつたが、大なる分散率を持つ分光寫眞器を使用し得ない極めて微弱な夜光に於ては、充分信用し得る絶對強度の測定は技術的に甚だ困難なることを知り、今回は單に比強度測定結果を報告するに止める⁽¹⁾。

II. 夜光強度の分光學的測定.

此の觀測に使用した分光寫眞器は $F/1.9$, 1-プリズム分光寫眞器⁽²⁾ であつて、夜光に露出した分光寫眞器を地下暗室に持ち込み、同一乾板に標準光源ヘフネルランプ⁽³⁾を磨硝子のスクリーン及び光楔を透して挿入した。第 1 圖は此の裝置の配置で、スクリーン S は磨硝子 (50cm × 50cm) 二枚を 30 ㎝間隔に張つたものを使用した。尙 LS の距離を 330 ㎝, SW の距離を 150 ㎝とし、所

* 昭和 18 年 5 月 18 日、大日本氣象學會にて發表。

(1). 此の爲に途中の測定手段が單に比強度を求める場合より稍々複雑してゐる。

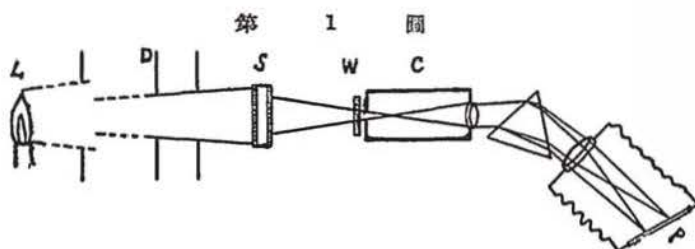
(2). 本研究第 I 報寫眞第 1, 上參照。尙, スリットの幅は 0.5 mm 視野は約 9° である。

(3). Hefner lamp は光輝が弱いこと及びエネルギー分布が良く知れてゐるために使用した。

夜光に露出したと同一の時間標準光を挿入するためには、光源の強度の弱いことが甚だ必要である。

々に隔壁 D を附して不必要の散光を除去した。

之等原板の濃度は總てマイクロホートメーターに依り自起せしめ、普通の分光寫眞測光法に従つて決定した。



観測日時、露出時間等を示すと第 1 表の如くである。

第 1 表

通 番 し 號	原板番號	露 出 日 時	露出時間	方 向
1)	Pl. 1 {	(1) 月 日 時 分 時 分 3 4 22 40—26 40	時間 分 4 00	$z=0^\circ$
2)		(2) " 5 23 00—27 00	" "	
3)	Pl. 2 {	(1) 3 19 18 30—21 30	3 00	E $z=58^\circ$
4)		(2) " " 21 30—24 30	" "	
5)		(3) " 20 0 30—3 30	" "	
6)	Pl. 3 {	(1) 3 27 18 50—21 20	2 30	NE $z=58^\circ$
7)		(2) " " 21 20—23 50	" "	
8)		(3) " " 23 50—26 20	" "	
9)	Pl. 4 {	(1) 3 28 18 55—21 20	2 25	NW $z=58^\circ$
10)		(2) " " 21 20—23 45	" "	
11)	Pl. 5 {	(1) 3 31 19 00—22 00	3 00	E $z=58^\circ$
12)		(2) " " 22 00—25 00	" "	
13)		(3) 4 1 01 00—04 00	" "	
14)	Pl. 6 {	(1) 4 2 19 15—21 35	2 20	E $z=58^\circ$
15)		(2) " " 21 35—23 55	" "	
16)		(3) " " 23 55—26 15	" "	
17)	Pl. 7 {	(1) 4 3 19 00—21 20	" "	E $z=58^\circ$
18)		(2) " " 21 20—23 40	" "	

(1). 光楔常數の決定.

使用した光楔は濃度、長さの都合に依りツアイス製小型光楔を元として寫眞乾板に焼付けを行ひ自作したもの二個を適當に使用した。之等光楔の常數 σ_λ は $F/4.5$, 2-プリズム分光寫眞器を使用して、本研究第 II 報 III 章に述べた方法に依り決定し、次の結果を得た。

第 2 表

	光 楔 常 数 ⁽¹⁾		
	λ 6300/mm	λ 5577/mm	λ 5893/mm
No. 1	0.071 $\pm$ 0.003	0.081 $\pm$ 0.003	0.076
No. 2	0.055 $\pm$ 0.006	0.065 $\pm$ 0.007	0.060

(2). 無光楔に対する引直し係数の決定.

光楔の零點即ち濃度の最も弱い部分への引直しは上表の光楔常數を用ひて求められるが、更に光楔の全くない場合に對する補正が必要である。

一定の光源を透した場合、無光楔と光楔零點の強度を各 $I_{\omega n_0}$, I_{ω_0} とすると、

$$\log \frac{I_{\omega n_0}}{I_{\omega_0}} = \sigma_{\lambda} (x - x')$$

に依り $\frac{I_{\omega n_0}}{I_{\omega_0}}$ の値即ち無光楔への引直し係數が決定出来る。此の測定も $F/4.5$, 2-プリズム分光寫眞器に依り行つた。

尙、光楔はスリット全部を被ふのではなく、一部分無光楔とし、又別に無光楔の部分より更に濃度の異なる如き強光源（光源の距離を接近することに依り實現せしめた）を光楔を透して寫し込むことに依り x , x' を決定したことは勿論である。此の結果を次に示す。

第 3 表

	無 光 楔 へ の 引 直 し 係 數		
	λ 6300	λ 5577	λ 5893
No. 1	4.639	5.872	5.256
No. 2	1.840	3.440	2.640

(3). 大氣の吸収、散亂光に對する補正.

以上の補正を行つた夜光スペクトルの強度は地球大氣に依る吸収を受けたものであるから、其の補正を必要とする。夜光は大氣の吸収圈以上の高所に於て發光するものと考へて良いから本研究第 II 報 IV 章に於て使用した値をそのまま採用した。

尙、夜光の如く發光層が地球を圍んでゐる場合には其の散亂光をも考慮する必要のあることは前

(1). 5 回の各獨立測定より求めた平均。

尙 λ 5893 に對しては λ 6300, λ 5577 の平均を採用した。

第 4 表

天頂距離	波長別大氣の透過率		
	λ 6300	λ 5577	λ 5893
0°	0.787	0.760	0.774
58°	0.637	0.597	0.618

報告にも述べた。即ち B_0 を本来の夜光の強度, T_0 を大氣の透過率, I' を上記の散亂光の強度とすると、吾々の觀測する夜光の強度 I は、

$$I = T_0 B_0 + I'$$

或は

$$B_0 = I / (T_0 + \frac{I'}{B_0}) \equiv I/T,$$

即ち B_0 を得る爲に I/T の補正を必要とする。

I'/B_0 の値も本研究第 II 報に使用した値即ち下記を使用した。

第 5 表

天頂距離	I'/B_0		
	λ 6300	λ 5577	λ 5893
0°	0.022	0.036	0.029
58°	0.067	0.095	0.083

第 4 及び第 5 表から T を求めると第 6 表の如くなり、結局地球大氣の影響に對して之だけの補正が必要である。

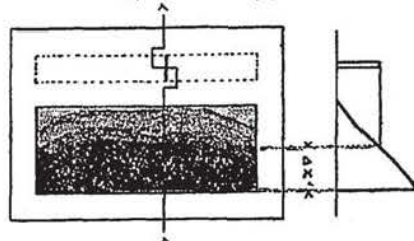
第 6 表

天頂距離	T		
	λ 6300	λ 5577	λ 5893
0°	0.809	0.796	0.803
58°	0.704	0.692	0.701

以上を総合して以下に述べる。

夜光スペクトル線と光楔を附して撮影した標準光源のスペクトルとを、目的の波長に相當した部分に於て第 2 圖の如くマイクロホートメーターに依り自記せしめて Δx を求め、次に此の Δx をスリット上の長さ Δx_s ($F/1.9$ 分光寫眞器には長さ 20 耗の理研製スリットを 10 耗と

第 2 圖



して使用した) に換算し、之より光楔零點に於ける標準光の強度と夜光の強度の比 I_{ω_0}/I_N を

$$\log\left(\frac{I_{\omega_0}}{I_N}\right)\sigma_{\lambda} \Delta x_s$$

より求め、之に無光楔の補正值 $I_{\omega n_0}/I_{\omega_0}$ 及び大氣の補正值 T を乗じて結局

$$\frac{I_{\omega_0}}{I_N} \cdot \frac{I_{\omega n_0}}{I_{\omega_0}} T \equiv I_{0N}$$

に依り分光寫眞器に入り來つた標準光の強度に對する夜光スペクトルの強度の比を求め得る。

第 7 表に此の結果を掲げる。

第 7 表

番 號	λ 6300					λ 5577					
	Δx	$\Delta x_s \cdot \sigma$	$\frac{I_{\omega_0}}{I_N}$	$\frac{I_{\omega n_0}}{I_N}$	I_{0N}	Δx	$\Delta x_s \cdot \sigma$	$\frac{I_{\omega_0}}{I_N}$	$\frac{I_{\omega n_0}}{I_N}$	I_{0N}	
光 楔 No. 2	1	7.80*	1.430	26.9	49.5	40.1	6.80*	1.524	33.4	115.0	91.5
	2	8.43*	1.545	35.1	64.6	52.3	7.22*	1.618	41.5	142.8	113.7
	3	6.80*	1.247	17.6	32.5	22.9	6.20*	1.389	24.5	84.4	58.4
	4	6.90*	1.265	18.4	33.9	23.8	5.85*	1.311	20.6	70.8	49.0
	5	6.60*	1.210	16.2	29.8	21.0	5.68	1.273	18.7	64.5	44.0
	6	7.70*	1.412	25.8	47.5	33.4	6.00*	1.345	22.1	76.1	52.6
	7	8.20*	1.503	31.9	58.6	41.3	6.30*	1.412	25.8	88.8	61.5
	8	8.40*	1.540	34.7	63.8	44.9	6.20*	1.389	24.5	84.3	58.4
光 楔 No. 1	9	4.79	1.133	13.6	63.1	44.1	4.05	1.134	13.6	79.9	55.3
	10	4.75	1.124	13.3	61.7	43.4	3.80	1.064	11.6	68.0	47.0
	11	5.76	1.363	23.1	107.0	75.3	4.70	1.316	20.7	121.4	84.0
	12	5.44	1.287	19.4	89.9	63.3	3.33	0.932	8.6	50.2	34.8
	13	4.68	1.107	12.8	59.4	41.8	2.82	0.789	6.2	36.1	25.0
	14	4.94	1.169	14.8	68.4	48.2	3.91	1.094	12.4	73.0	50.5
	15	5.08	1.202	15.9	73.8	52.0	3.67	1.027	10.6	62.5	43.3
	16	4.91	1.162	14.5	67.3	47.4	3.43	0.960	9.1	53.6	37.1
	17	2.68	0.634	4.3	20.0	14.1	3.70	1.036	10.9	63.7	44.1
	18	4.83	1.143	13.9	64.5	45.4	4.00	1.120	13.2	77.3	53.5

番 號	λ 5893				
	Δx	$\Delta x_s \cdot \sigma$	$\frac{I_{\omega_0}}{I_N}$	$\frac{I_{\omega n_0}}{I_{0N}}$	I_{0N}
17	4.18	1.077	12.0	62.8	44.1
18	4.66	1.201	15.9	83.5	58.5

*. 之等はマイクロホートメーター自記 (光楔スペクトル) に於て補外法に依り求めし値。

III. 標準光源のエネルギー分布.

絶対強度は勿論のこと比強度を求める際に最も問題となるのは標準光源である. 特に夜光の如く強度が甚だ弱い場合には, 夜光と同露出を與へるために出来るだけ暗い光源を必要とする.

今回は舊式ではあるが輝度温度の良く知られてゐるヘフネルランプを使用した.

ヘフネルランプの輝度温度は 0.66μ に對し 1490°K , 發散率は

$$\varepsilon_{.60}=0.150, \varepsilon_{.47}=0.237^{(1)}$$

であるから 0.47μ の輝度温度を,

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{B} = \frac{2.302585}{c_2} \lambda \log_{10} \varepsilon_\lambda,$$

$$T = \text{眞温度}, B = \text{輝度温度}, \varepsilon_\lambda = \text{發散率}, c_2 = 1.432$$

なる關係から 1586°K と求め, 0.66μ 及び 0.47μ の輝度温度の平均 1538°K を $\lambda 6300$, $\lambda 5893$, $\lambda 5577$ の平均輝度温度とした.

楮, プランクの式,

$$E_\lambda d\lambda = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} d\lambda$$

$$c_1 = 2\pi c^2 h = 3.7419 \times 10^{-5} \text{ ergs cm}^2/\text{sec}. \quad c_2 = ch/k = 1.449 \text{ cm}^\circ\text{K}$$

に依り $T = 1538^\circ\text{K}$ として求めたヘフネルランプのエネルギーの $\lambda 6300$, $\lambda 5577$, $\lambda 5893$ に對する強度比 E は

$$E_{6300} : E_{5577} : E_{5893} = 120.71 : 31.95 : 60.01 \text{ となる.}$$

IV. 夜光スペクトル $\lambda 6300^{(2)}$, $\lambda 5577$, $\lambda 5893$ の比強度.

第 7 表の I_{0N} はヘフネルランプの各波長に對する強度と夜光スペクトルの強度との比を示すものであるから $\lambda 6300$, $\lambda 5577$ 及び $\lambda 5893$ の強度を各 B_λ とすると,

$$B_{6300}/B_{5577} = (I_{0N 5577}/I_{0N 6300}) \times \frac{120.71}{31.95}$$

$$B_{5893}/B_{5577} = (I_{0N 5577}/I_{0N 5893}) \times \frac{120.71}{60.01}$$

に依り求められる.

尙, 斯くして求めた比強度に更にスクリーン S に依る透過率の補正が必要である.

(1). 物理實驗學, 5 卷 p. 497.

(2). 此の章で $\lambda 6300$ の強度と稱するのには實は $^1D_2 \rightarrow ^3P_2$ 遷移及び $^1D_2 \rightarrow ^3P_1$ 遷移に依り發輝される $\lambda 6300$ 及び $\lambda 6364$ の強度の和である. 分光寫眞器の分散率が小なるため分離出来ぬためである.

スクリーン S の透過率を求めるためには第 1 圖の光楔 W の直前に更にもう一枚のスクリーン (磨硝子一枚使用) を置いてスクリーン S のある場合と S を除去した場合の標準光源のスペクトルを前記 $F/4.5$ 分光寫眞器に依り撮影して測光を行ひ、各波長に對する透過率の比 T_{SA} を次の如く決定した。

第 8 表	
スクリーン S の波長別透過率の比	
$T_{S\ 6300}/T_{S\ 5577}$	$T_{S\ 6364}/T_{S\ 5577}$
1.328	1.278

斯くして夜光スペクトルの強度比 $I_{6300+6364}/I_{5577}$ 及び I_{5893}/I_{5577} を求めた結果を第 9 表第 3 行及び第 5 行に示し、又それ等の平均を下方に載せた。

以上の分光寫眞測光は正式に行つたのではあるが、分光寫眞器の分散度が甚だ小なるために標準光源の連続スペクトルをマイクロホートメーターに依り自記せしめる際に相當な誤差⁽¹⁾が入ることは勿論であり、又多くの補正值にも誤差を認めねばならぬから、今回の測定結果をもつて最後のものとすることは出来ぬ。

但し、夜光自身が日々により又一晩に於ても時間的に極めて顯著な強度變化をなすことは本研究第 IV 報に報告する如くである。従つて徒らに精度を謂々しても無意味である。

V. $\lambda\ 6300$ と $\lambda\ 6364$ との強度比。

今回の夜光強度比の測定に於ては、使用した分光寫眞器の分散率が小なるために、前記の如く $\lambda\ 6364$ と $\lambda\ 6300$ が分離出來ず、従つて前章の $\lambda\ 6300$ と云ふのは實は $^1D_2 \rightarrow ^3P_2$ 及び $^1D_2 \rightarrow ^3P_1$ 遷移の和である。故に I_{6364}/I_{6300} を決定するために本研究第 I 報に述べた $F/4.5$, 2-プリズム分光寫眞器に依り、1940 年 9 月 22 日-11 月 5 日に亘り、147 時間の露出をかけて撮影した夜光スペクトルから推定した結果に就いて述べる。此の推定は正式の測光法に基いたのではないが概略値として信用出來ると考へる。尙、同スペクトル寫眞から I_{6300}/I_{5577} の値をも推定したので、夫れに就いても述べる。

該夜光スペクトルには標準光源のスペクトルを挿入してないために、マイクロホートメーターにより夜光スペクトルを自記せしめる際に原板に光楔を載せてマイクロホートメーターの特性曲線を畫かしめ、之に従つて $\lambda\ 6364$, $\lambda\ 6300$, $\lambda\ 5577$ の濃度を測定し、光楔常數を用ひて例の方法に依り比強度を求め、更に乾板の感度は内閣印刷局發行のラゴリオ感色計を日光に依り撮影して決定し、之に日光のエネルギー分布の補正を施す方法を採用した。

以上の方法で決定した値は、

$$\frac{I_{6300}}{I_{5577}} = 3.01, \quad \frac{I_{6364}}{I_{6300}} = 0.50$$

である。

(1). 此の測光に於ては波長の不純度に對する補正は行つてない。

斯かる方法は甚だ粗雑ではあるが、種々の誤差の入り易い正式の測光法と同程度の精度を持つと考へられる。

上の結果から $I(6800+6864)/I_{5577}$ を求めて見ると、

$$\frac{I(6800+6864)}{I_{5577}} = 4.52^{(1)}$$

となり、第 9 表の

$$\frac{I_{6800}}{I_{5577}} = 4.3 \text{ (平均値)}$$

と極めて良く一致することを認める。

夜光スペクトルの $\lambda 6800$ 及び $\lambda 6864$ は何れも OI の同一量子状態 1D_2 より最低準位 3P_2 及び 3P_1 への遷移に依り發輝される輝線であるから、夫等遷移の割合は常に同程度と考へられる。故に第 9 表第 3 行に載せた $I_{6800+6864}/I_{5577}$ を $I_{6800}/I_{5577}=3.01$, $I_{6864}/I_{6800}=0.50^{(1)}$ なる關係に依

第 9 表

番 號	$\frac{I_{ON\ 6800}}{I_{ON\ 5577}}$	$\frac{I_{6800+6864}}{I_{5577}}$	$\frac{I_{6800}}{I_{5577}}$	$\frac{I_{6864}}{I_{5577}}$	$\frac{I_{ON\ 6864}}{I_{ON\ 5577}}$	$\frac{I_{5893}}{I_{5577}}$
1	8.621	6.5	4.3	2.2	—	—
2	8.213	6.2	4.1	2.1	—	—
3	9.634	7.3	4.9	2.4	—	—
4	7.779	5.9	3.9	2.0	—	—
5	7.915	6.0	4.0	2.0	—	—
6	5.950	4.5	3.0	1.5	—	—
7	5.625	4.2	2.8	1.4	—	—
8	4.915	3.7	2.5	1.2	—	—
9	4.738	3.6	2.4	1.2	—	—
10	4.092	3.1	2.1	1.0	—	—
11	4.216	3.2	2.1	1.1	—	—
12	2.078	1.6	1.1	0.5	—	—
13	2.259	1.7	1.1	0.6	—	—
14	3.959	3.0	2.0	1.0	—	—
15	3.147	2.4	1.6	0.8	—	—
16	2.958	2.2	1.5	0.7	—	—
17	11.818	8.9	5.9	3.0	1.878	1.5
18	4.450	3.4	2.3	1.1	1.711	1.3
平 均		4.3	2.9	1.4		1.4

(1) 147 時間の平均値である。

り I_{6300}/I_{5577} 及び I_{6364}/I_{5577} に引直して第 9 表第 4 行及び第 5 行に示した。

従来、夜光の強度比を測定した例は殆んどないので、* 他の観測結果と比較することは出来ないが、極光のスペクトルの強度比は Vegard その他の人々に依り測定されてゐる。

夫れに依ると日照部に於ては $\lambda 6300$ が $\lambda 5577$ より強く陰影部に於ては前者は後者より弱いことが知れてゐる。

例へば Störmer⁽¹⁾ の観測に依ると左表の如くであり、又 Vegard, Harang⁽²⁾ に依ると右表の如くである。

	比 強 度	
	日 照 部	陰 影 部
$\lambda 6300$	245	29
$\lambda 5577$	100	100

	比 強 度
$\lambda 6300$	38
$\lambda 5577$	21

今回の観測に於ては I_{6300}/I_{5577} の小さいものは大部分陰影部の夜光に屬してゐる。多分陰影部に於ける I_{6300} と I_{5577} は同程度であり、日照部に於ては I_{6300} は I_{5577} の 4~5 倍程度と推定される。

OI の $2p^4$ 電子配置に就いての自發遷移の確率は Condon⁽³⁾ 及び Pasternack⁽⁴⁾ が計算してゐる。例へば Pasternack は次の如く求めた。

遷 移	$\lambda 5577$ ($^1D_2 \rightarrow ^1S_0$)	$\lambda 6300$ ($^3P_2 \rightarrow ^1D_2$)	$\lambda 6364$ ($^3P_1 \rightarrow ^1D_2$)
Aij	2.8	0.013	0.004

然し之等の遷移確率で夜光の比強度を決定することは勿論出来ない。

山内教授等⁽⁵⁾ は電子衝突に依る遷移確率を計算し、 1D_2 準位の原子は二つの方法即ち自發遷移と衝突に依る遷移とに依り $3p$ 準位に復歸し、又 1S_0 準位の原子は主として自發遷移に依り 1D_2

* Hechtel は 1939 年 12 月 3 日から 1940 年 4 月 4 日までの期間中 61 夜に就いて、フィルターの方法で比強度を求めて發表してゐるが、果して夜光の $\lambda 6300$ と $\lambda 5577$ との比強度を測定したかどうかは疑問である。(全科技聯科學技術叢錄, 第 1 部, (8) 参照)。

(1). Nature, 142, No. 3606, 1938.

(2). Geophys. Publ., 11, p. 8, 1937.

(3). Ap. J., 79, P. 228, 1934.

(4). Publ. A. S. P., 51, P. 160, 1939; Ap., 92, P. 129, 1940.

(5). Proc. Physico-Mathematical Soc. of Japan, 22, P. 847, 1940.

準位に復歸すべきことを述べてゐる。

斯くして $\lambda 6300$ は一般に $\lambda 5577$ より強く現はれる可能性がある。

我々の観測に依れば、夜光に於ては I_{6304}/I_{5577} は 0.5 (III 章参照) であり、極光に於ては 0.55 (Vegard & Harang) である。又惑星状星雲 N.G.C. 7027 では 0.33, N.G.C. 6572 に於ては 0.4 と求められてゐる⁽¹⁾。之等は自發遷移の確率 0.3 (Pasternack) と大體一致してゐると考へられる。

VI. 要 約.

1. 夜光スペクトルに顯著に現はれる中性酸素原子 OI の禁止線 $\lambda\lambda 6300, 6364$ ($^1D_2 \rightarrow ^2P_{21}$), $\lambda 5577$ ($^1S_0 \rightarrow ^1D_2$) 及びナトリウム D -線に就いて分光測光法に基いて強度比を決定した。
2. 観測日時及び露出時間は第 1 表の通りで、7 晩に行つた観測回数 18 回、露出時間は 2-4 時間である。

観測器械は $F/1.9, 1$ -プリズム分光寫眞器で、標準光源に ヘフネルランプを使用した。尙、光楔常数、スクリーンの透過率の決定は $F/4.5, 2$ -プリズム分光寫眞器に依り行ひ、大氣の吸収、散亂光の補正等總てを考慮した。

尙、 $\lambda 6364$ と $\lambda 6300$ との強度比は $F/4.5, 2$ -プリズム分光寫眞器に依る 147 時間露出の夜光スペクトルから簡略法に依り決定した。

之等の結果は第 9 表に一括して示した。

3. I_{5898}/I_{5577} は一般には甚だ小 (測定不可能の程度) であるが、日没直後或は時に依り相當大なる値を示すことが認められる。(昭和 18 年 6 月、中央氣象臺にて)。

IV. OI の $\lambda 6300$ ($^1D_2 \rightarrow ^3P_2$), $\lambda 5577$ ($^1S_0 \rightarrow ^1D_2$) の日變化の観測 及び夫等と F_2 -電離層の電子密度との關係に就いて.*

I. 序.

夜光スペクトルの強度變化特に $\lambda 5577$ に就いては夙に Rayleigh が観測を開始し、永年變化、年變化及び日變化の存在することを認めた。其の後二三の人々に依り観測されて來たが、日變化の詳細に就いては未だ充分の結果が發表されて居らない。 $\lambda 6300$ に至つては殆んど観測がない状態である。

(1). Rosseland: Theoretical Astrophysics, P. 311.

*. 昭和 18 年 7 月 6 日、大日本氣象學會發表。

筆者は昭和 13-16 年に互りフィルターの方法及び分光写真器の方法に依り $\lambda 6300$ 及び $\lambda 5577$ の一晩變化を觀測し、種々の新事實を認めることが出来たので報告致したい。

尙、此處に従來なされて來た研究結果に就いて簡単に紹介するのも必要と考へる。

永年變化

Rayleigh⁽¹⁾は 1921-1927 年に互りフィルターの方法に依り $\lambda 5577$ の連續觀測を行ひ、1924 年に強度の極小を認め夫以後は次第に增強することを知つて、 $\lambda 5577$ は太陽活動に應じて變化すると考へた。又 Hechtel⁽²⁾ は 1939 年 12 月から 1941 年 4 月迄のフィルターに依る觀測に依り夜光が太陽活動と深い關係のあることを認め、更に Barber⁽³⁾ は直視光度計に依り $\lambda 5577$ を觀測し、1940 年中の 5 個月間は地磁氣の活動と一致することを認めて間接に太陽の活動に應じて夜光の增強することを述べてゐる。

年變化

年變化の觀測に就いても Rayleigh が先鞭をつけた。即ち彼はフィルターを通した $\lambda 5577$ と Potassium-Uranyl Sulphate の螢光を比較して、1923-1928 年の觀測(世界各地數個所の材料)から 10 月と 3 月に極大の存在することを認めた。

Cabannes 及び Dufay⁽⁴⁾ も、之は $\lambda 5577$ ではなく Vegard- Kaplan band 中の $\lambda\lambda 4425, 4171$ に就いてであるが Rayleigh と同様な結果を出して居る。

H. W. Babcock 及び J. J. Johnson⁽⁵⁾ はシュミットカメラに依り觀測して $\lambda\lambda 6300, 5577, 5893$ は略同様な變化をなし、 $\lambda 5577$ は 10-11 月に最強(但し 1939 年)となることを認め、又 M. Raymond Grandmontagne⁽⁶⁾ もフィルターと光電管に依り、 $I(I_{\lambda 6350-\lambda 6800})/I_{\lambda 5850-\lambda 6000}$ が 1937 年 9 月に極大で、1938 年の 7 月に極小であつたことを報告し、更に Elvey 等⁽⁸⁾ はシュミットカメラに依り $I_{\lambda 5577}/I_{\lambda 5893}$ 、 $I_{\lambda 5577}/I_{\lambda 6300}$ を 1938 年に觀測して何れも 7-8 月に極大となることを報告してゐる。

一晩變化

一晩變化に就いては Rayleigh⁽⁹⁾ と McLennan⁽¹⁰⁾ が殆んど同時にフィルターの方法で觀測し、何

(1). Proc. Roy. Soc. 119, 11, 1928.

(2). 全科技聯科學技術叢錄, 第 1 部 (8).

(3). Nature, 148, No. 3742, 1941.

(4). Proc. Roy. Soc., 106, 117, 1927. etc.

(5). Comptes rendus, 200, 878, 1935.

(6). Ap. J., 94, 271, 1941.

(7). Comptes Rendus, 208, 754, 1939.

(8). Ap. J., 92, 338, 1940.

(9). Proc. Roy. Soc., 119, 190, 1928.

(10). 同上, 120, 353, 1928.

れも夜半に $\lambda 5577$ が極大を持つこと知り、ソビエットの Dohrotin 等⁽¹⁾ Chvostikov 等⁽²⁾ 又 Erokin 等⁽³⁾ も同様な変化を認めた。

然るに印度の Karandikar 等⁽⁴⁾ は $\lambda 5577$ が夜半に於て極小を示すことを知り、Slipher⁽⁵⁾ も夜半に極小の存在することがあると述べてゐる。筆者⁽⁶⁾ は昭和 13 年にフィルターの方法に依り $\lambda 5577$ を観測し、夜半に極大 (之を W 型変化と呼ぶ) のある夜と極小 (之を V 型と呼ぶ) のある夜のあることを先に報告した。

$\lambda 6300$ に就いての一晩変化の観測は少ないが Babcock 及び Johnson⁽⁷⁾ は夜半に弱くなることを報告し、又 Elvey 等⁽⁸⁾ は夕方より朝方に次第に減光することを認めてゐる。

夜光と電離層との関係。

夜光の強度変化と電離層との関係に就いては Bradbary 及び Sumerlin⁽⁹⁾ が E-層の電子密度と $\lambda 6300$ に就いて調査し、殆んど関係のないこと、及び夜空の明るい時は F₂-層が良く反射することを述べてゐる。

又 R. Hechtel⁽¹⁰⁾ はフィルターの方法で観測した $\lambda 6300$ と $\lambda 5577$ とを F₂-層の電子密度の変化と比較し、何れも正の相関を示し、特に $\lambda 5577$ の方が良く一致することを報告してゐる。

以上が夜光変化に就いて現在までに現はれた諸研究の全部である。

II. 夜光強度変化の観測装置。

夜光の強度変化を観測するには直接分光寫眞器に依る方法が最良であるが、此の場合には餘程強力な分光寫眞器を使用しないと一晩に幾回もの露出が出来ないことになり、従つて強度変化の詳細、特に天頂と地平方向との同時観測等は出来ぬことになる。

今回の観測の大部分はフィルター装置に依るものであつて、昭和 13~14 年の観測は $\lambda 5577$ に就いての天頂に於ける強度変化を比較的簡単な装置* に依り観測したものであり、昭和 15~16 年の

(1). Comptes rendus U.S.S.R. 1, 110, 1935.

(1). 同上, 1, 118, 1935.

(3). Pulkovo Obs. Circ., 13, 21, 1935.

(4). Nature, 129, 3251, 1932; 129, 3258, 1932; 132, 3341, 1933.

(5). Ap. J., 49, 266, 1919.

(6). 柿岡磁気観測所要報, 第 1 巻第 4 號.

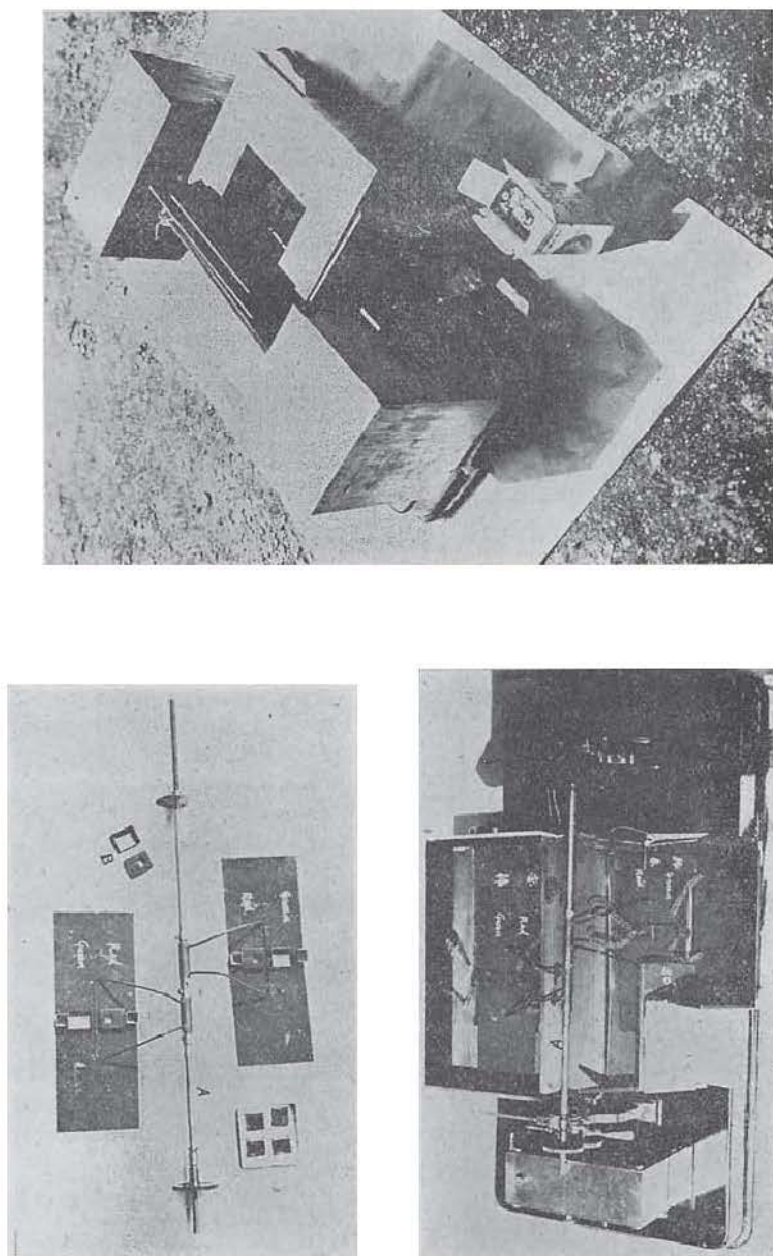
(7). 前出.

(8). 前出.

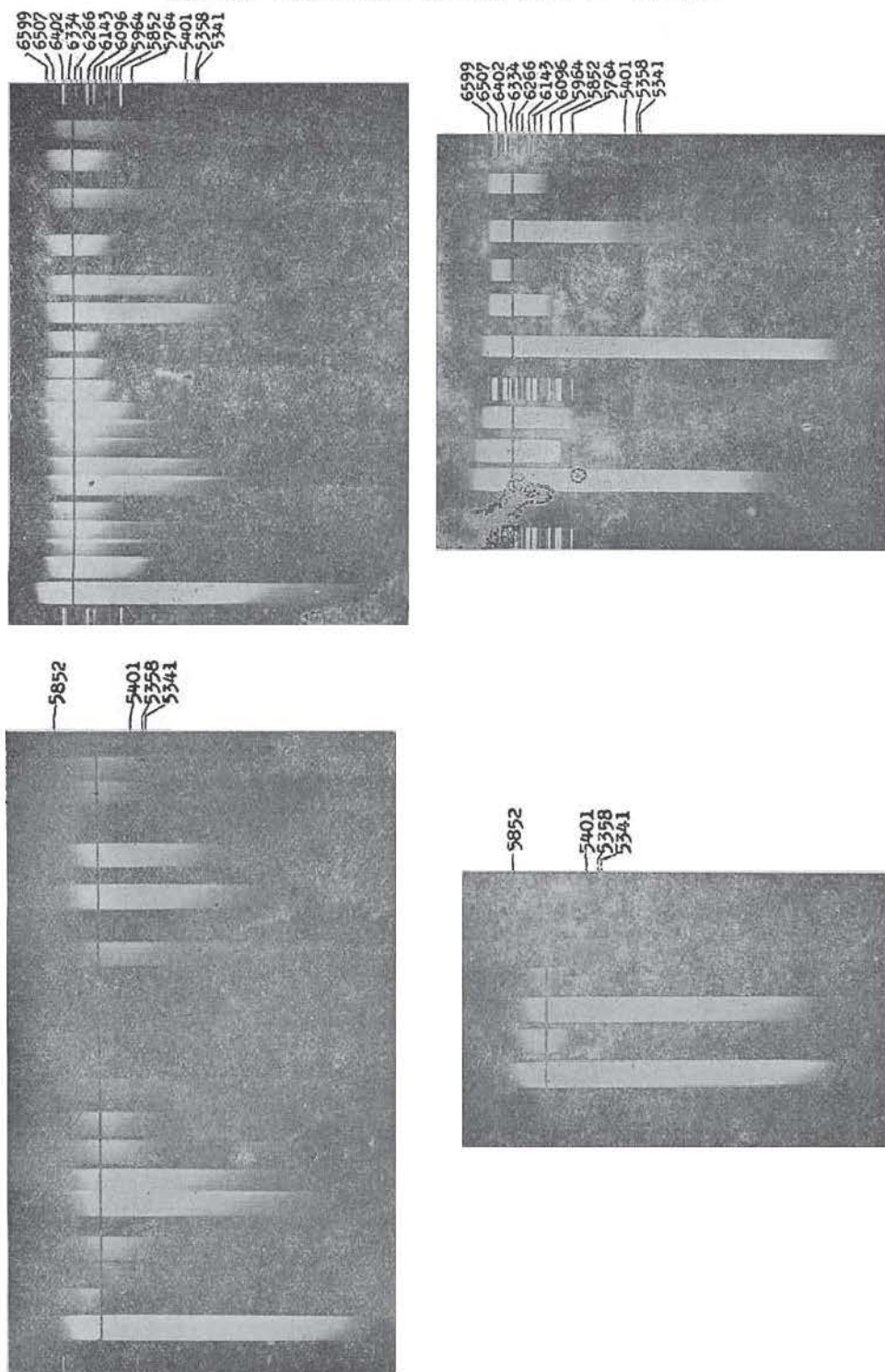
(9). Terr. Mag., 45, No. 1, 1939.

(10). Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, 56, 129, 1940.

*. 柿岡地磁気観測所要報, 第 1 巻第 4 號参照.



第1図. フィルター観測装置 (天頂地平に於ける $\lambda 6800$ $\lambda 5577$ の同時観測用)



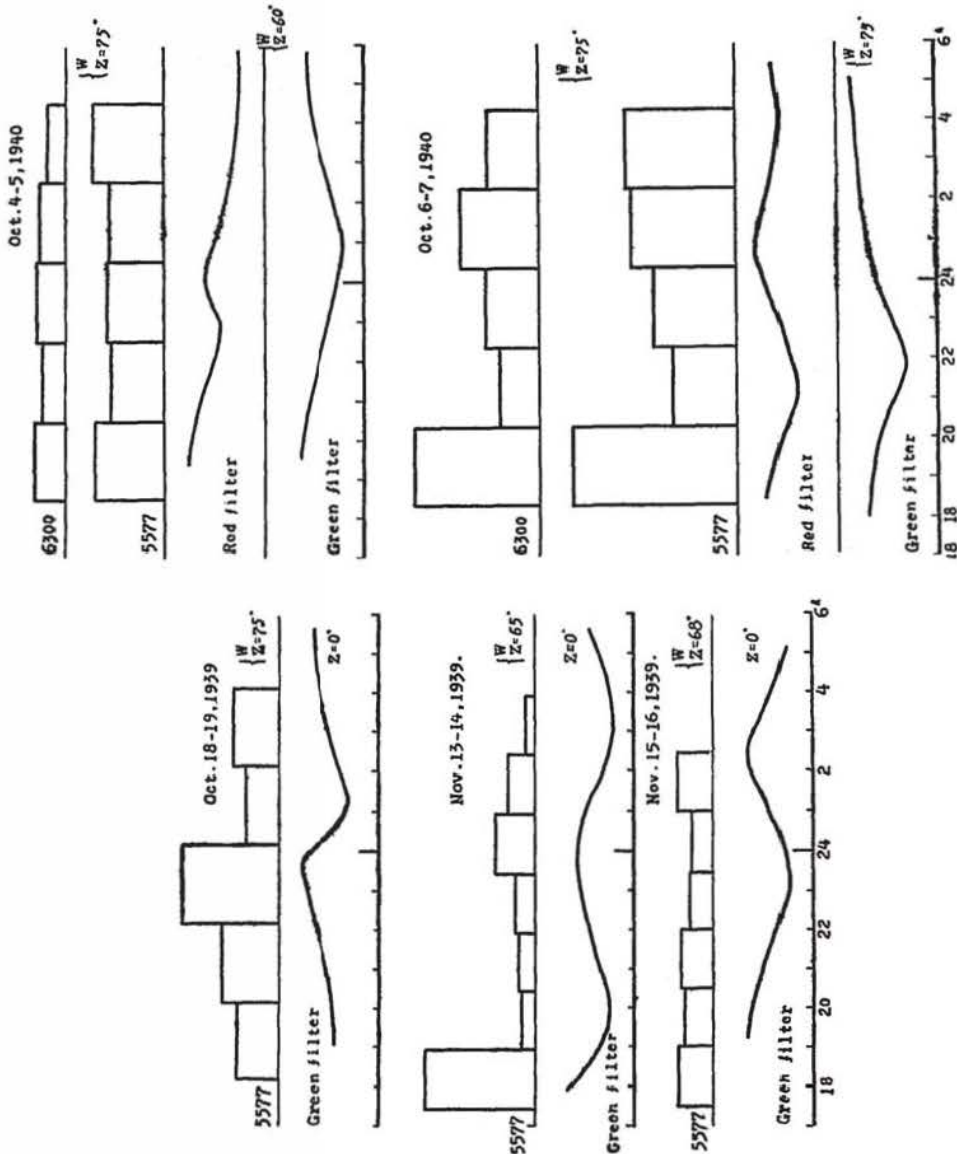
第 2 図。フィルターの試験， 上： $\lambda 6300$ 用 下： $\lambda 5577$ 用。
印が良好なるフィルターである。

観測は $\lambda 6300$ 及び $\lambda 5577$ に就いて各天頂、地平兩方向の夜光を同時に観測した結果である。

第 1 圖は此の観測装置を示すもので、時計仕掛けに依り中心棒 (A) を移動せしめ、此の中心棒にフィルターを載せた軽い板を連結して乾板の上を移動する如く作つてある。

尙、時刻は豆電球に依り乾板に感光せしめる方法を用ひた。

フィルターは幅 5mm, 長さ 10mm のものを (B) の如く深さ 10mm の箱の底部に設置し、箱の蓋に 10mm 角の窓を附して、此の窓より約 50° 四方の夜光を入れる如く作つた。



第 3 圖. 分光測定器及びフィルターに依る同時観測。

乾板面の平均露出時間は 15 分前後である。

尙、観測の大部分は夜間の長い冬期である関係上フィルターに露、霜の附着する恐れがあるために乾板の下部より電熱装置に依り僅かに加熱する方法をとつた。

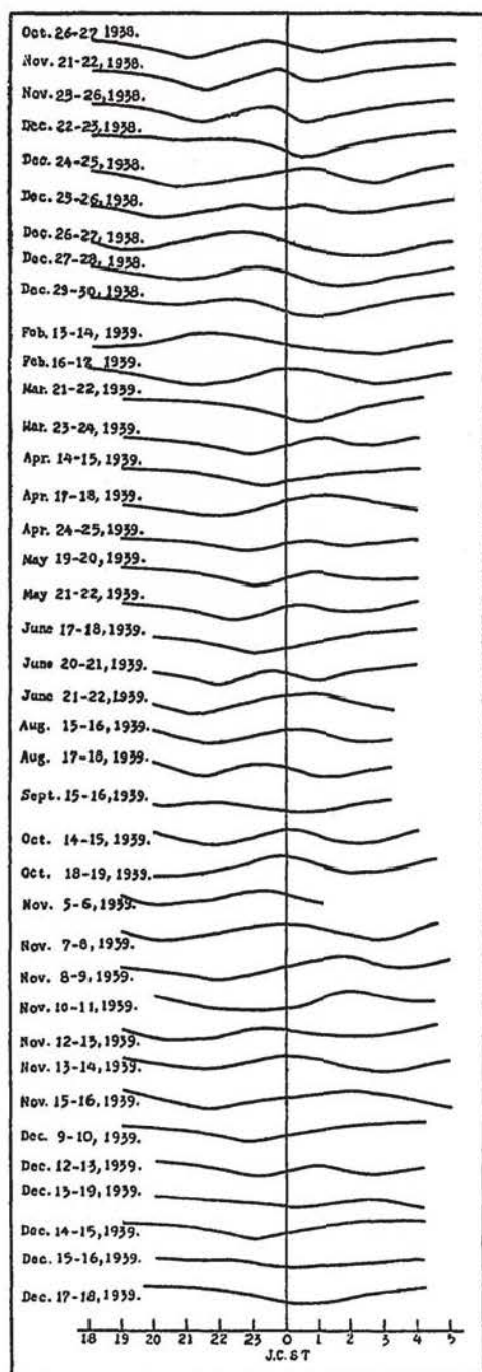
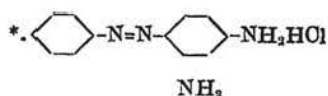
フィルターの試験。

使用したフィルターは $\lambda 6300$ 用としては理研ウルトラゼンフィルター No. 6 とキャンディ包装用赤セロファンとを合成したものを Oriental H. S. Pan. 乾板と共に使用して甚だ良いことを知り、又 $\lambda 5577$ 用としては色素 Chrysoidine* の水溶液を生乾板の乳材を除去したものに浸して種々の濃度のものを作り、Agfa Isochrom と併用して其の目的を達した。

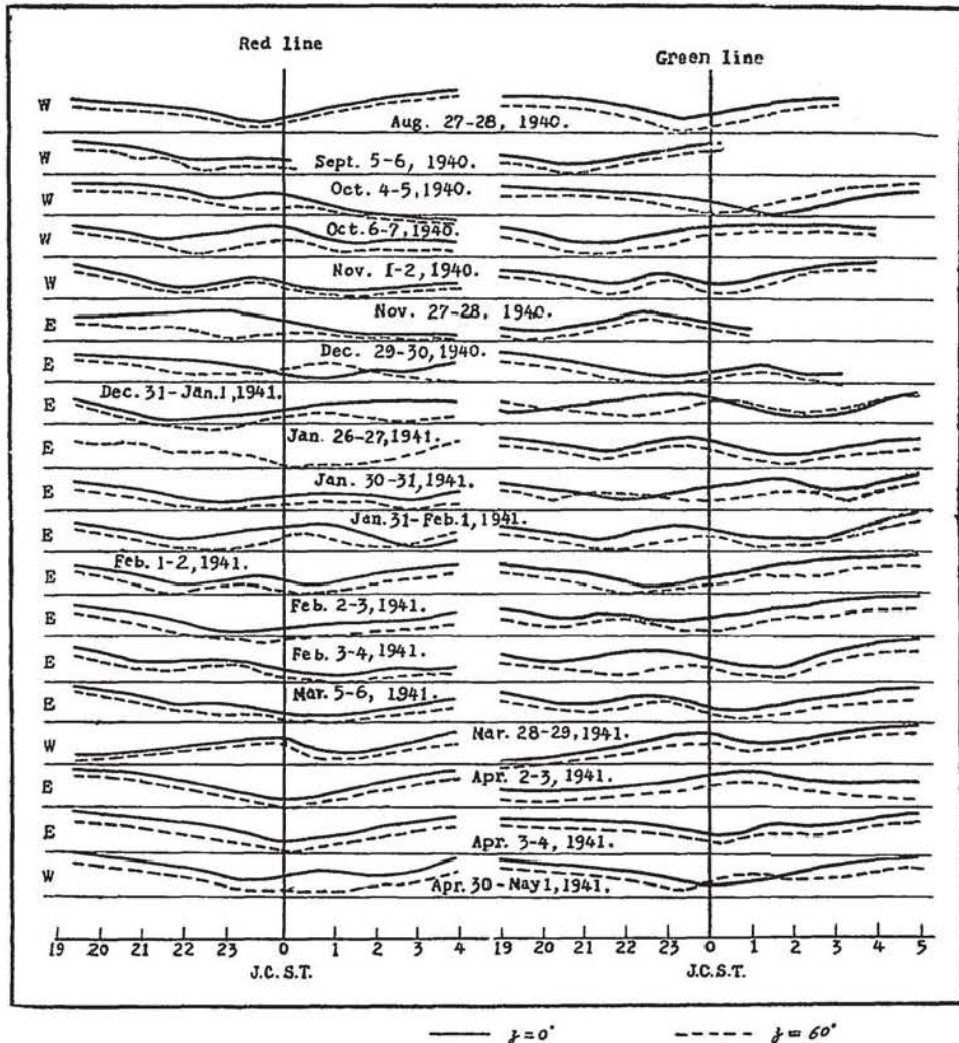
第 2 圖は之等フィルターの試験成績で、縦の線で示した位置が必要な波長部分である。此の寫眞は $F/4.5$, 2-プリズム分光寫眞器で撮影したものである。

斯くして作つたフィルターが何の程度信用し得るかが問題である。此のためにはフィルターと分光寫眞器とに依り同時観測を行つて見れば明である。

第 3 圖は此の試験で、上の曲線で示したものは分光寫眞器に依り撮影した各波長の強度變化であり、下の曲線はフィルター装置に依る夜光強度の變化をミクロ



第 4 圖, (1). 昭和 13-14 年に於ける $\lambda 5577$ の強度變化 (天頂)。



第 4 圖, (2). 昭和 15-16 年に於ける天頂及び地平方向に就いての $\lambda 6300$, $\lambda 5577$ の強度の同時観測。

ホートメーターに依り自記せしめた結果である。

圖で明の如く以上のフィルター装置は全く完全に分光寫眞器の代用をすることを知る。

III. 観 測 結 果.

第 4 圖, (1)・(2) は昭和 13-16 年に互るフィルターに依る観測結果の全部を示すもので, (1) は天頂方向より来る $\lambda 5577$ の一晩變化を示し, (2) は Red line ($\lambda 6300$), 及び Green line ($\lambda 5577$) に就いて各天頂 (破線) と天頂距離 60° の方向から来る夜光の強度變化の模様を示したものである。

之等の變化を調査した結果に就いて次に列記する。

(1). 夜光の一晩變化の W, V 兩型の割合.

先に筆者⁽¹⁾ は $\lambda 5577$ に W 型 (夜半前後に極大を持つ型) と V 型 (夜半前後に極小を持つ型) との存在することを述べたが, 更に今回の調査に依り昭和 13~14 年の結果から,

$$\left. \begin{array}{l} W \text{ 型} \cdots 29 \text{ 回} \\ V \text{ 型} \cdots 10 \text{ 回} \end{array} \right\} W \text{ 型は全体の } 74 \%$$

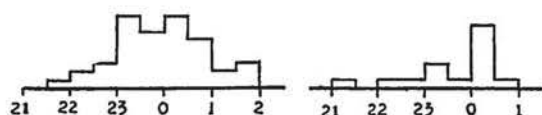
なることを知り, 更に昭和 15~16 年に於ける $\lambda 6300$, $\lambda 5577$ に就いては, 次の表に示す如く

		天 頂	地 平
$\lambda 6300$	W 型	10	10
	V 型	9	8
$\lambda 5577$	W 型	13	13
	V 型	6	6

であつて, $\lambda 5577$ に就いては天頂・地平共に W 型は 70% であり, $\lambda 6300$ に就いては兩者共に W 型が 46% 存在することを知つた. 即ち $\lambda 6300$ に就いては $\lambda 5577$ に比して W 型は少ないが, 矢張り W 型の現はれる場合が相當存在する.

尙, $\lambda 6300$ 及び $\lambda 5577$ 共に W 型の極大時刻は 23-1 時の間に, 又 V 型の極小時刻は 0 時に密集して存在することを認める. 第 5 圖は昭和 13-14 年の $\lambda 5577$ に就いての極大及び極小の時刻の分布を示すものである.

第 5 圖. 極大(左)及び極小(右)の起る時刻の分布.



は多少天頂と地平方向で様子が異なる場合があるらしく思はれる. 例へば Dec. 31-Jan. 1, 1941 がそれである.

(3). $\lambda 5577$ の變化と氣壓との關係.

夜光の變化が氣壓に關係あるか如何かを調べた所に依ると, 調査數 59 回の中 15 回は氣壓の微小變化と $\lambda 5577$ の強度變化と一致することを認めた. 然し直接兩者に關係ありとは考へられぬので, 此處では單に夜光變化の極大或は極小は氣壓の夜半に於ける極大或は極小と一致することのあることを述べるに止める.⁽²⁾

(4). 夜光 $\lambda 5577$ の變化と宇宙線強度との關係.

(1). 柿岡地磁氣觀測所要報, 第 1 卷, 第 4 號及び第 2 卷, 2・3 號.

(2). Martyn & Pulley (Proc. Roy. Soc. 154, pp. 455-486, 1936) に依ると E-層の電離度と氣壓とには正の相關關係のあることを述べ, 尙その理由として上層大氣の溫度に依る膨脹收縮を考へてゐる. 但し F₂-層に就いては關係を認めてゐない.

宇宙線強度の毎時観測の値を $\lambda 5577$ の強度変化と比較した所に依ると、調査回数 23 の中 10 は極大或は極小の時刻が一致してゐる。

最近の観測に依ると宇宙線には夜半後 (1 時-4 時頃) にも副極大の存在を認めてゐるが、之は或は温度従つて氣壓の變化に附随した現象⁽¹⁾とも考へられるので、例へ夜光變化と一致する場合があつても之をもつて直ちに夜光と宇宙線とに關係があると認めることは出来ないであらう。

(5). 夜光變化と地磁氣活動との關係.

地磁氣の擾亂、渦型變化、磁氣嵐と夜光の W 型或は V 型の變化との間には關係を認めることは出来ない。但し先にも述べた如く磁氣嵐の際には天頂

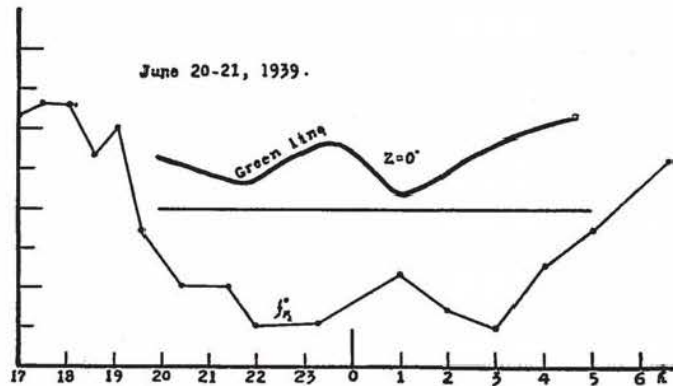
と地平方向とで變化の模様に差違を生ずることがあるらしく思はれる。

IV. 夜光強度變化と F_2 -電離層の電子密度との關係.

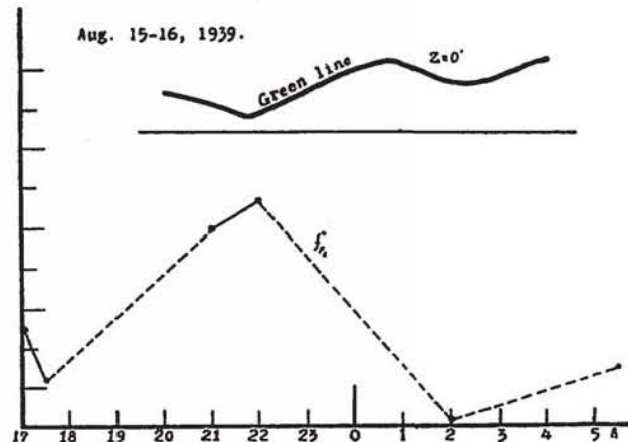
夜光の強度變化と F_2 -電離層の電子密度との間には相當顯著な關係のあることを認めたので特に詳細に述べる。

F_2 -電離層の材料は總て平磯の電氣試験所⁽²⁾から得たものであるが、平磯では夜間の観測は毎週 1 回に限られて居るために、夜光観測と一致することは甚だ稀で、昭和 13-16 年に互つて利用出来る材料は僅かに 10 回に過ぎぬ。此の 10 回の材料を調査した所に依ると、

第 6 圖 (1)

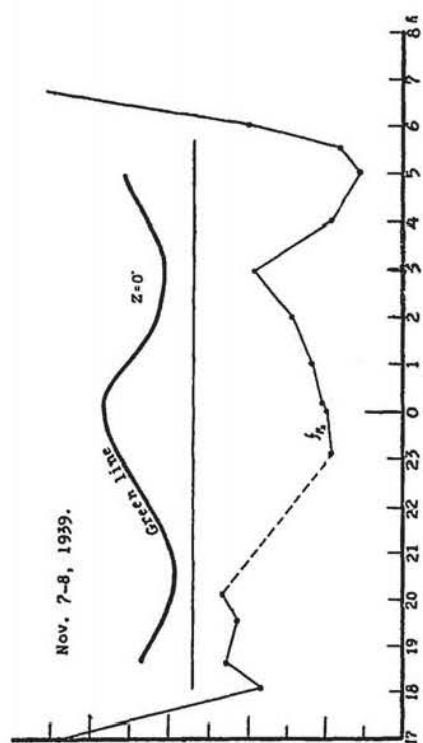


第 6 圖 (2)

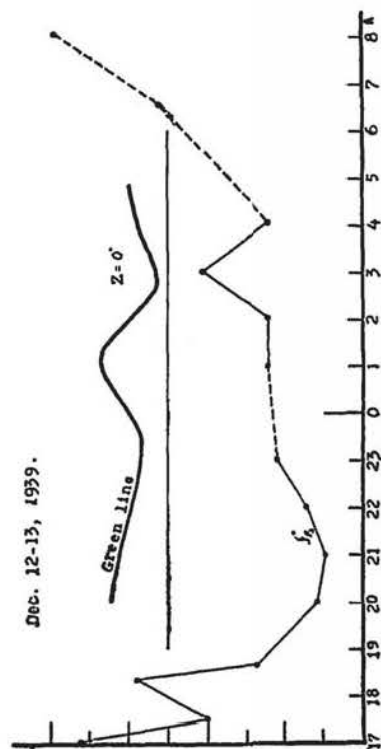


- (1). 宇宙線の強度には氣壓效果及び温度效果を除いてある筈であるが、尙之等の效果を除去し切れぬのではないかと考へる。
- (2). F_2 -電離層の材料は、文部省電波物理研究所の前田研究官及び平磯の河野技師の御好意に依り得たもので、兩氏に深く感謝の意を呈する。

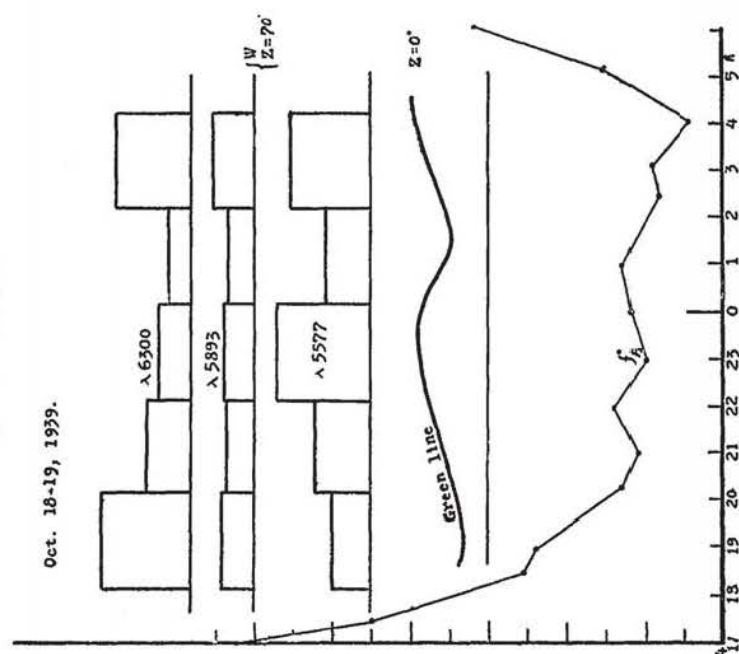
第 6 圖 (4)



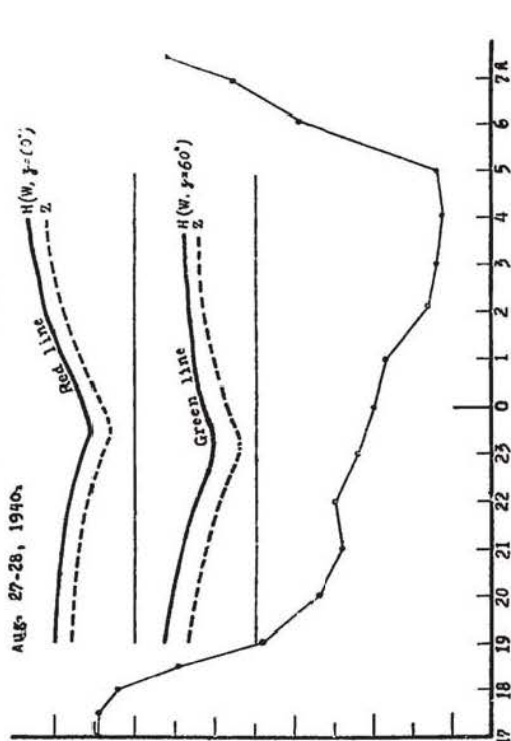
第 6 圖 (5)



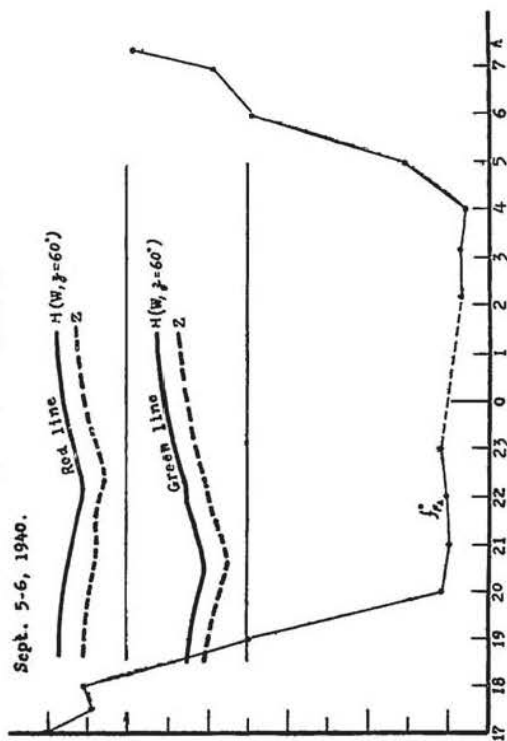
第 6 圖 (3)



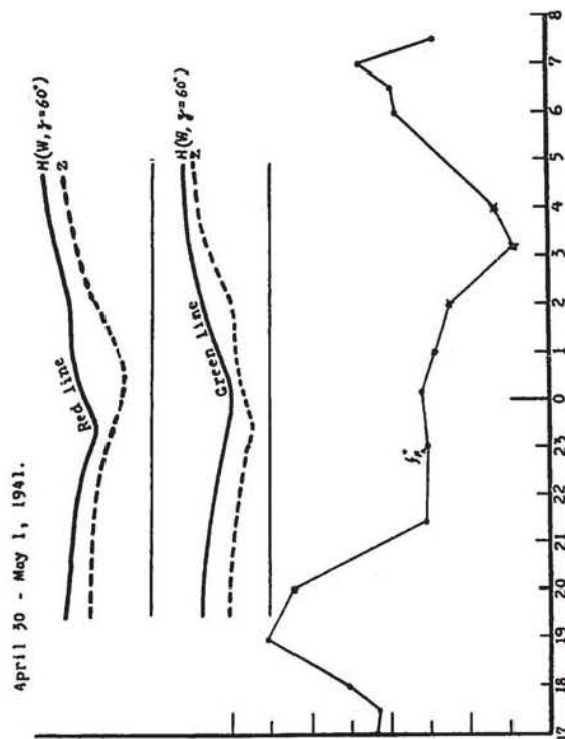
第 7 圖 (1)



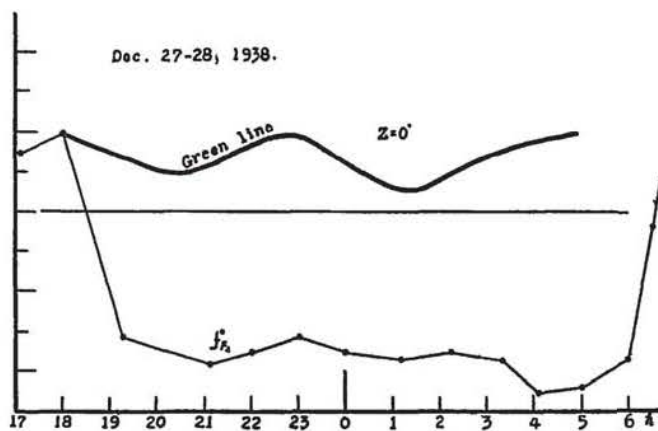
第 7 圖 (2)



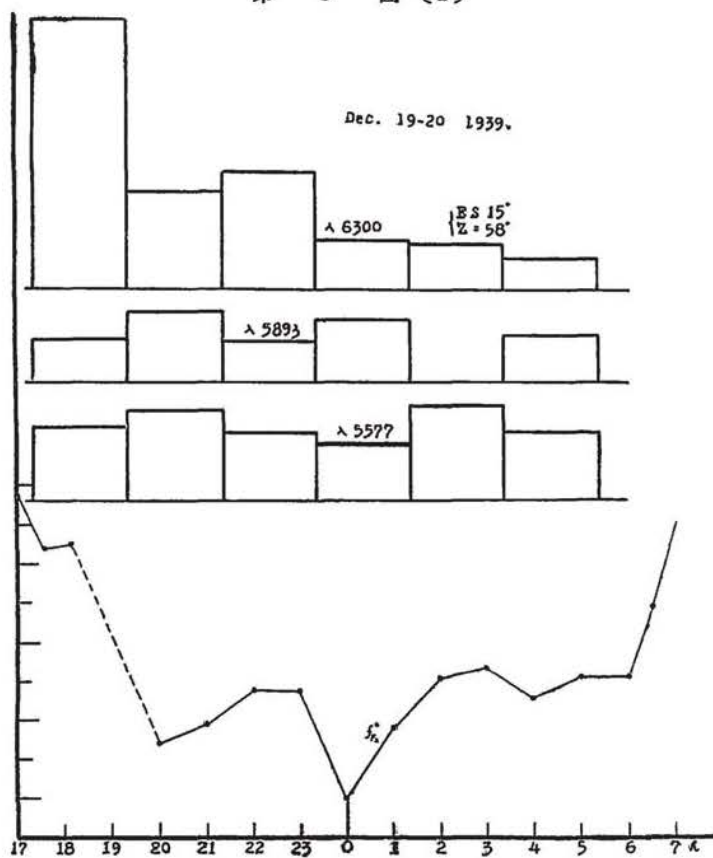
第 7 圖 (3)



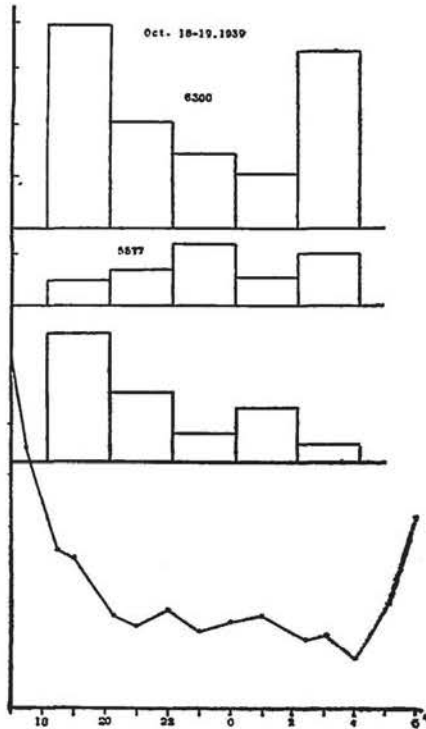
第 8 圖 (1)



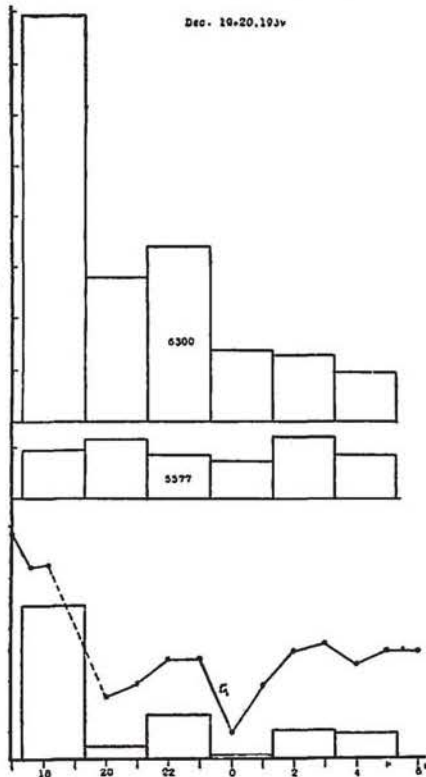
第 8 圖 (2)



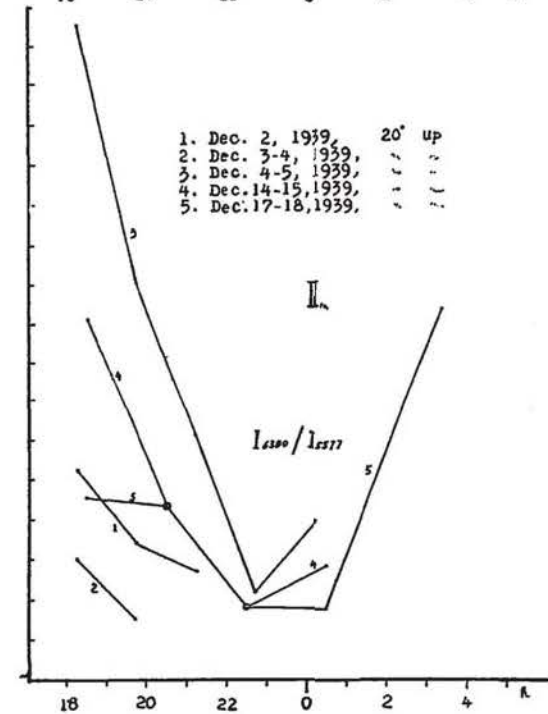
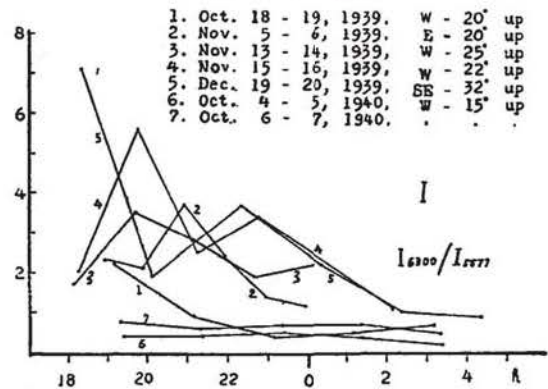
第 9 圖
(1)



第 9 圖
(2)



第 10 圖



(1). F_2 -層の $f_{F_2}^o$ (極限周波数)⁽¹⁾ 即ち電子密度が夜間に大なる変化を示す場合は $\lambda 5577$ は W 型をなし、 $f_{F_2}^o$ と $\lambda 5577$ とは全く逆の変化を示す。斯かる例は 10 回の中 5 回起つて居り、第 6 圖に兩者を對照した。

(2). F_2 -層の電子密度が夜間に比較的一定であるか又は徐々に減少する場合には、夜光の $\lambda 5577$ は V 型變化をなし、電子密度と $\lambda 5577$ の強度とは大體逆の傾向を認める。斯かる例は 10 回の中 3 回起つて居る (第 7 圖参照)。

(3). F_2 -層の電子密度と夜光 $\lambda 5577$ の強度は全く同様である。即ち電子密度が減少すると $\lambda 5577$ は弱くなり、電子密度が増大すると $\lambda 5577$ は強くなる。

斯かる例は 10 回の中 2 回認められる (第 8 圖参照)。

以上は F_2 -層の電子密度と夜光強度變化を單に比較して認めた所であるが、更に確實性を持たせる爲及び夜光の $\lambda 6300$ と $\lambda 5577$ の兩者の關係を調べる爲に、分光寫眞器に依る觀測結果に於いて、 F_2 -層の電子密度と $\lambda 5577$ とが全く逆の變化をなす昭和 14 年 10 月 18-19 日と、兩者が同様な變化をなす同年 12 月 19-20 日に就いて、次の如き假定に従つて電子密度との調和を試る。

昭和 14 年 10 月 18-19 日

時刻	時 分 18 10 20 10	時 分 20 10 22 10	時 分 22 10 00 10	時 分 00 10 02 10	時 分 02 10 04 10	
$\lambda 6300$	3.96	2.05	1.44	1.08	3.42	—
強度 $\frac{1}{2}$ "	(+) 1.98	(+) 1.03	(+) 0.72	(-) 0.54	(-) 1.71	—
$\lambda 5577$	(-) 0.50	(-) 0.70	(-) 1.20	(+) 0.56	(+) 1.02	—
強度 —	(+) 1.48	(+) 0.33	(-) 0.48	(+) 0.02	(-) 0.69	—
合成 +1	2.48	1.33	0.52	1.02	0.31	—

昭和 14 年 12 月 19-20 日

時刻	時 分 17 20 19 20	時 分 19 20 21 20	時 分 21 20 23 20	時 分 23 20 01 20	時 分 01 20 03 20	時 分 03 20 05 20
$\lambda 6300$	7.82	2.76	6.34	1.35	1.27	0.92
強度 $\frac{1}{2}$ "	(+) 3.91	(+) 1.38	(+) 1.67	(-) 0.68	(-) 0.64	(-) 0.46
$\lambda 5577$	(-) 0.95	(-) 1.15	(-) 0.85	(+) 0.73	(+) 1.20	(+) 0.97
合成強度	2.96	0.23	0.82	0.05	0.56	0.51

(1). 最大電子密度 $N_{\max}$ と極限周波数 $f_{F_2}^o$ との間には $N_{\max} = \frac{\pi m}{e^2} (f_{F_2}^o)^2$ なる關係がある。

$\lambda 6300$ は二種類の機構即ち自發遷移と衝突遷移に依り發揮せられ、兩遷移の確率は同程度とし又自發遷移は F_2 -層の電子密度には関係しない。又 $\lambda 5577$ は主として附着過程に依り發揮される。従つて $\lambda 6300$ は夕方から夜半まで優勢であり、 $\lambda 5577$ は夜半から朝方まで顯著であつて、併も兩過程は互に他を妨害する如く作用する。

斯様な假定に従つて $\lambda 6300$ と $\lambda 5577$ の強度を合成して見ると上表のくなり、之等を F_2 -層の電子密度と比較したものが第 9 圖 (1), (2) である。

第 9 圖からも明かな如く、此の様な合成法に従ふと F_2 -層の電子密度と驚くべき一致を示す。

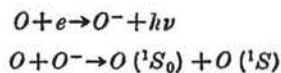
Hechtel⁽¹⁾の觀測に依ると 13 回の中 9 回は兩者間に正の相關を示し残りは負の相關をして居り、併も何れの相關係數も甚だ大きく出てゐる。Hechtel は之に就いて別に説明をしてゐないが、吾々の上記の假定に従つて合成したならば或は全部が正の相關を示すのでないかを思はれる。

然し乍ら未だ材料が少ないために決定的結論は今後の觀測に待たねばならない。

$\lambda 6300$ が夕刻から後半まで優勢で、 $\lambda 5577$ が夜半から朝方まで顯著であると云ふ假定は、次の如き觀測結果からも導くことが出来る。即ち一晚中分光寫眞器を一定方向に固定して夜光の變化を觀測すると第 10 圖 I の如く I_{6300}/I_{5577} が夕方から朝方まで略直線的に減少して居り、又分光寫眞器を太陽の方位角に合せて移動させて一變化を觀測すると、第 10 圖 II の如く夜半に I_{6300}/I_{5577} が極小値を現はす。

自發遷移が衝突遷移と同程度の確率を持つと云ふ假定は山内教授等⁽²⁾の求めた結果と一致する。

以上の諸事實からして、中性酸素原子と電子との衝突遷移 $^1D_2-^3P$ は上層大氣の日照部に於ては重要な役割をなし、又中性酸素原子の附着過程は $^1S_0-^1D_2$ 遷移の主な過程と考へられ、



の如き過程に依るものであらう。

又斯様な過程に依り $^3P_2-^1D_2$ と $^1D_2-^1S_0$ 遷移が互に他を妨害すると云ふ結果となると思はれる。

VI. 要 約.

昭和 13~16 年の期間にフィルターの方法及び分光寫眞器の方法で觀測した $\lambda 5577$, $\lambda 6300$ の強度變化を調査した結果次のことが明かとなつた。

(1). フィルターの方法に依ると $\lambda 5577$ の一晚變化は W-型が約 70%, V-型が 30% (觀測材料 58 回) であり、 $\lambda 6300$ の W-型は 46%, V-型は 54% (材料 19 回) である。W-型の極大は

(1). 前出。

(2). Proc. of the Physico-Mathematical Soc. of Japan, 22, pp. 847-854, 1940.

23~1 時に、又 V-型の極小は 0~0.5 時の間に其の大部分が起つてゐる。

(2). 地平方向と天頂方向とでは殆んど同様な變化をなす。

(3). $\lambda 5577$ の強度變化と氣壓との關係は調査數 59 回中 15 回が同様な變化を認めた。然し之は必ずしも相關關係を意味しない。

(4). $\lambda 5577$ の強度變化と宇宙線強度とは調査數 23 回中 10 回は同様な變化を認めた。但し之も必ずしも兩者に密接な關係があるとは考へられない。

(5). 夜光變化と地磁氣の活動にも關係を認めることは出來ぬ。但し磁氣嵐の際に於ては天頂と地平方向とで變化の模様に差違を認めることがあるらしい。

(6). 昭和 13~16 年に互る期間中に得た 10 回の材料から、 $\lambda 6300$ と $\lambda 5577$ の強度變化は F_2 -電離層と極めて興味ある關係にあることを認めることが出來た。

1. $f^\circ F_2$ 即ち F_2 -層の電子密度の變化大なる時は $\lambda 5577$ は W-型をなし、 $f^\circ F_2$ と $\lambda 5577$ の強度は完全な負の相關を示した (10 回中 5 回)。

2. $f^\circ F_2$ の變化少なきか又は徐々に減少する時は $\lambda 5577$ は V-型を示し、兩者に負の相關のあることは 1. と同様である (10 回中 3 回)。

3. 10 回中 2 回は $\lambda 5577$ と $f^\circ F_2$ とは正の相關を認めた。

4. 分光寫眞器に依る $\lambda 5577$ 及び $\lambda 6300$ の變化を吟味して、適當な假定の下に兩者を合成すると $f^\circ F_2$ と極めて良く一致する變化をなすことを見出した。

終りに臨み、以上 I-IV に互る夜光に就いての研究は關口鯉吉先生の御指導に依るものであつて、終始御意見を賜はり、又岡田前中央氣象臺長、藤原現中央氣象臺長 並びに今道柿岡地磁氣觀測所長の御援助に依るものなることを記し、深く感謝を捧げる。

(昭和 18 年 7 月、中央氣象臺にて)。

Memoirs of the Kakioka Magnetic Observatory

Vol. V, No. 1 June, 2604 (1944)

Abstract of Memoirs

Einige Untersuchungen über das Nachthimmellichtes.

I. Über den langwelligen Teil des sichtbaren
Spektrums des Nachthimmellichtes.

Von M. Utumi

Mit einem Lichtstarken Spektrographen ($F: 1.9, f=5$ cm, 1-Prisma) wurden die Untersuchungen des Spektrums des Nachthimmellichtes von Herbst 1937 bis Frühling 1941 in Kakioka ausgeführt.

Auf diesen Platten aber bei der geringen Dispersion wurden nur die bekannte Linien mit den Wellenlängen $\lambda\lambda$ 6300, $\lambda\lambda$ 5893 und $\lambda\lambda$ 5577 entgedeckt.

In dieser Arbeit werde über ein Resultat der Beobachtung des langwelligen Teiles des Spektrums des Nachthimmellichtes mit einem schwächlichen Spektrographen ($F: 4.5, f=25$ cm, 2-Prismen) berichtet.

Von der im September und November 1940 erhaltenen Aufnahme mit Expositionszeiten von 147 Stunden, ist es nicht wert zu nachforschen.

Auf einer Platte mit Expositionszeiten von 295 Stunden während der Neumond und Viertelstellungen des Mondes in den Monaten vom November 1940 bis Februar 1941 waren viel Linien und Bänden aufgenommen.

Es war etwa 30 Wellenlängen angegeben, die meisten mit Linien von Sauerstoff und Natrium, und Bänden von Stickstoff zu identifizieren waren.

$\lambda\lambda$ 6364, 6300 und 5577 sind die bekannte metastabilen Linien des OI, und λ 5893 ist die Natrium D-Linien.

Für die weitere Diskussion kommen also zunächst diese stärkeren Bänden $\lambda\lambda$ 6580-6490, $\lambda\lambda$ 6440-6260, $\lambda\lambda$ 6170-5980, $\lambda\lambda$ 5940-5810, $\lambda\lambda$ 5780-5710 und $\lambda\lambda$ 5710-5600 in Frage.

Sie liegen als die Fraunhoferschen Linien C, α , D, δ und Chappuis.

Es wird nun behauptet, dass die tellurischen Linien des Fraunhoferschen Spektrums mit den im Nachthimmelleuchten beobachteten Bänden identisch sind.

Aber es nicht ursprünglich Nachthimmelleuchtens bedeuten, wahrscheinlich werden sie unter den Blitzstrahlen gehören.

Some Investigations of the Light of the Night Sky.

II. On the Altitude of the Luminescent Layer.

By. M. Urumi.

As the light of the night sky has no such definite form as the polar aurora for which can be used the trigonometrical method, it is not so easy to determine the altitude of the luminescent layer.

Cabannes and Dufay made an attempt to determine the height of the luminescent layer of the night sky from the ratio of the light intensity near the horizon to that near the zenith. The ratio is 1.5, from which value they conclude that the layer must be higher than 100 km, probably around 200 to 300 km.

Bernard has determined the height of the luminescent layer of sodium, radiation from which he assumed to occur under the action of the sun-light, to be about 60 km.

Some years ago, this author inferred, from the same assumption as Bernard, the altitude of the luminous layer of λ 6300 ($O^3P_2 \rightarrow D_0$) must be higher than 280 km.

But all these methods of determination of the altitude is not so rigorous.

The purpose of this investigation was to infer the most probable altitudes of the luminescent layer of OI radiations. On the radiations: λ 6300 and λ 5577, the author has determined the intensity ratios of the light of the zenith distance 58° to that of the zenith by rigorous spectrophotometrical method.

The mean ratios of 15 measurements about the radiations λ 6300 and λ 5577 are respectively 1.407 and 1.383. From these values he determined the altitude by the formula,

$$\frac{I_z}{I_0} = \frac{T_0 \sec \alpha + I'_z/B_0}{T_0' + I'_0/B_0}$$

and $\sin \alpha = \frac{R}{R+h} \sin z,$

to be 350 km for λ 6300 and 340 km for λ 5577.

These altitudes are coincident with that of F_2 -ionosphere.

He thought that the luminescent layer of the nocturnal sky and F_2 -ionosphere would be one and the same in the upper atmosphere.

Some Investigations of the Light of the Night Sky.

III. Measurements of the Relative Intensities of the Forbidden Radiations ($\lambda\lambda$ 6300, 6364 and 5577) in the Light of the Night Sky.

By M. Urumi.

The determination of the relative intensities of the predominant forbidden radiations $\lambda\lambda$ 6300, 6364: OI ($p^4 \ ^3P_{2,1} \rightarrow D_0$) and λ 5577: OI ($p^4 \ ^1D_2 \rightarrow S_0$) in the light of the night sky seems to be useful from the standpoint of quantum mechanics and for the explanation of the conditions in the upper

atmosphere.

Hitherto, no one has attempted to do this important measurement, because the spectrophotometry of the light of the night sky, which is very feeble in intensity is accompanied by technical difficulties.

The author observed the feeble light by the F/1.9, 1-prism spectrograph in 10 nights from March to April, 1941.

The relative intensities $\frac{I_{6300+6364}}{I_{5577}}$ of these 18 exposures were measured spectrophotometrically compared with the intensities of a Hefner lamp at the respective wave length.

As the dispersion of the spectrograph was very small he could not separate the line $\lambda 6364$ from that of $\lambda 6300$,

To determine the mean relative intensities $\frac{I_{6364}}{I_{5577}}$ and $\frac{I_{6300}}{I_{5577}}$ he examined the spectrogram which was taken by the F/4.5, 2-prism spectrograph with an exposure of about 150 hours. From this spectrum he estimated the relative intensities,

$$\frac{I_{6364}}{I_{6300}} = 0.5 \quad \text{and} \quad \frac{I_{6300}}{I_{5577}} = 3.01$$

$$\text{and so, } \frac{I_{6300+6364}}{I_{5577}} = 4.52$$

The intensity ratio 4.5 is in satisfactory agreement with that (4.3) obtained by the F/1.9, 1-prism spectrograph.

These values are given in Table 9.

Some Investigations of the Light of the Night Sky.

IV. Measurements of Diurnal Intensity Variations of

$\lambda 6300$: $OI(^1D_2-^3P_2)$, $\lambda 5577$: $OI(^1S_0-^1D_2)$ and the Relation

between these Lines and the Electron Density of F_2 -Ionosphere.

By. M. Utsui.

The observations of many investigators have proved beyond doubt the occurrence of the diurnal variations in the intensity of the green light $\lambda 5577$ in the night sky.

Some years ago, the author also observed the variation of the green light by the filter method. He noticed two kinds of variations, one of which was a gradual increase in intensity with a maximum at half an hour after midnight, followed by a slow decrease until the end of the night (he denominated such a variation as W-type), while the other showed a gradual decrease with its minimum at the midnight (he denominated such a variation as V-type).

Rayleigh, McLennan & others have observed only the W-type, and Karandikar & Ramanathan have observed only the V-type.

The purpose of this investigation was to study the diurnal variations for both the red ($\lambda 6300$) and the green ($\lambda 5577$) light in the night sky by the methods of filters and a spectrograph, and to

make reference of the relation between these emission lines and the electron density of F_2 -ionosphere.

The observations by the filter method were made by both red and green filters at the same time in the directions of the zenith and the horizon from 1938 to 1941, and the F/L9, 1-prism spectrograph was occasionally used by sliding the plate, each exposure time of which was about 2 hours.

From these materials he noticed the following facts.

1. As to the green light the W-type variation occurred about 70%, and V-type about 30% (total number of these data was 58), while on the red light the W-type variation occurred about 46%, and V-type 54% (total number 19).
2. The intensity variations of the zenithal and horizontal directions showed almost similar appearance for both red and green light.
3. The Variations of the intensity of the green light were compared with the nocturnal F_2 -layer ionization (data 10).

It is seen that relatively large variation of the nocturnal electron density occurred in F_2 -ionosphere and the markedly negative correlations would appear in such cases as those the variations of the green light were W-type, and when the variations of the green light indicated the V-type, the electron densities of F_2 -layer were nearly constant or progressive decreasing.

However, some times both variations seemed to have positive correlation.

4. The author examined the intensity variations of $\lambda 6300$ and $\lambda 5577$ obtained by the spectrograph and F_2 -ionization, and he noticed that the variations of the light of the night sky and F_2 -electron density were always closely correlated positively if the intensities of $\lambda 6300$ and $\lambda 5577$ were reasonably added according to the following assumptions.

The radiation $\lambda 6300$ is produced by two different processes, optical forbidden transition and electron impact, with probabilities of the same order, and the former transition has no effect on the electron density of the F_2 -ionosphere. The radiation $\lambda 5577$ is mainly produced by attachment process. Accordingly, the transition $\lambda 6300$ is predominant from sunset to midnight, and the transition $\lambda 5577$ is prominent from midnight to sunrise, and both transitions are interrupted by each other.

Such assumptions seem to be by no means unreasonable.

By the fact that the intensity of the red OI -triplet, relative to that of the green line increases strikingly towards twilight and decreases around midnight, it is possible to consider that the collisional forbidden transitions $^1D_2-^3P_2$ of the neutral oxygen atom play an important rôle in the sunlit portion of the upper atmosphere and that the detachment process $^1S_0-^1D_2$ of O^- , which may be produced by attachment or some other mechanisms are the main source in the dark upper atmosphere.

From these ideas the assumption mentioned above may be fairly confirmed.