

# オゾン量変動からみたジェット気流付近の循環\*

児 玉 正 利\*\*

## 1. まえがき

オゾン量と気象要素との関係についての研究は古くから多い。なかでも、オゾン量とジェット気流との関係については清水<sup>1)</sup>、北岡<sup>2)</sup>、村松<sup>3)</sup>らがあり、その相関が非常に高いことが報告されている。

又、最近では、大気オゾン研究の総合報告<sup>4,5)</sup>がありオゾンが大気の輸送機構を解明するための重要な要素となっていることが述べられている。なかでも、ジェット気流の存在は成層圏から対流圏へのオゾンの輸送に重要な役割を演じていることが報告されている。

この報告は、ジェット気流が最も発達する冬季、オゾン量変動が最も大きい期間(1961年1月)を選び、ジェット気流が大気オゾンに及ぼす影響を調べたものである。

資料は、鹿児島県のオゾン全量、及び福岡、名瀬、沖縄、OSANの高層気象資料を使用した。これらの観測点はいずれもほぼ130°E面上にある。

## 2. オゾン量とジェット気流との関係

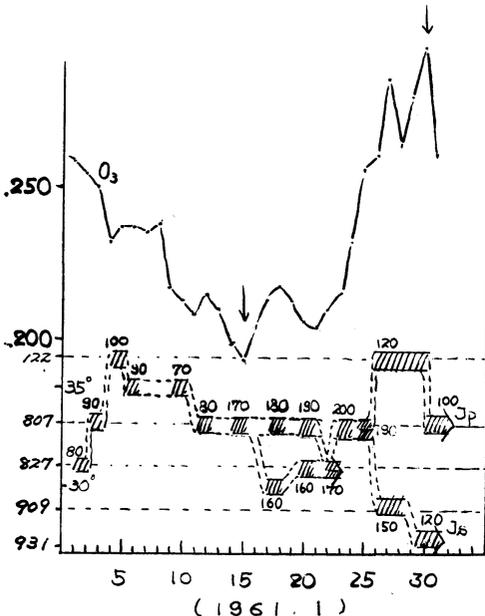
第1図は、日々のオゾン全量の変動とジェット気流の位置との関係を示す。これによると、オゾン量の変動は、1日から徐々に減少し、15日に極小値(190m-atmo-cm)を示している。以後、急激に増加しはじめ、30日に極大(296m-atmo-cm)となっている。この間、およそ100m-atmo-cmのオゾン量の変動をしているのであるが、この値は、オゾン量の季節変化の最大値と最小値の差が、およそ50m-atmo-cmであるから、わずか1ヵ月間の変動としては非常に大きいものであることがわかる。

ジェット気流は、1日から5日の間は31°Nから37°Nに北上し、6日から徐々に南下し33°Nに達している。オゾンが極小値を示す15日のジェット気流の軸は、福岡(33°N)に在って前日から変わらないが、最大風速が急激に増加し、170ノットにも達している。18日になって、30°N付近に、他のジェット気流(亜熱帯ジェット)が生じ、これが22日に30°Nで寒帯ジェットと合流し、そのまま、位置を変えながら25日まで続く。26日から、再び、寒帯ジェットは7°N付近、亜熱帯ジェットは28°N付近にはっきり2分し、急速にその最大風速を減じて南北に移動している。オゾン量極大の30日は、亜熱帯ジェットは最も南下し、25°N付近に達している。

第2図(a)は15日。(d)は30日の300mb面高層天気図を示す。図中、破線は等風速線、太い実線はジェット気流の軸を示す。

第3図(a)及び(d)は、各々、前図に対応した垂直断面面図で、図中破線は等温線、実線は等風速線、太い実線は不連続線、太い破線は境界面を表わす。

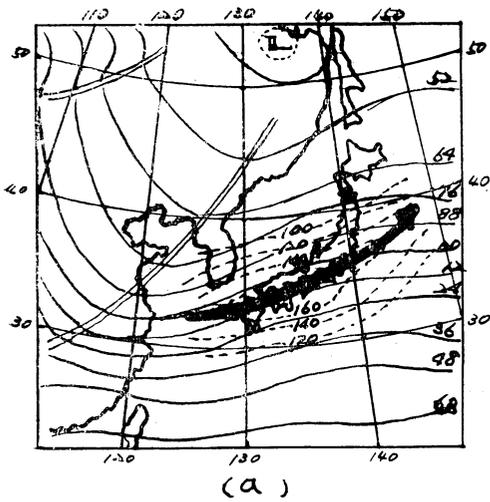
以上をまとめてみると、この期間のオゾン量の変動とジェット気流の位置とは密接な関係があることは明らかであり、次のことが言える。すなわち、ジェット気流が北に在るとき、その南側のオゾン量は減少し、ジェット気流が強まるとともにオゾン量は極小となる。ジェット気



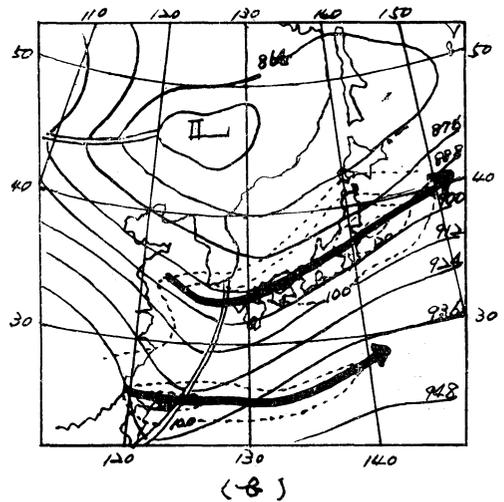
第1図 オゾン量とジェット気流の位置との関係  
縦軸：国際地点番号122(鳥山), 807(福岡), 827(鹿児島), 909(名瀬), 931(嘉手納)

\* Circulation around the Jet Stream on the Variations of Total Ozone Amount.

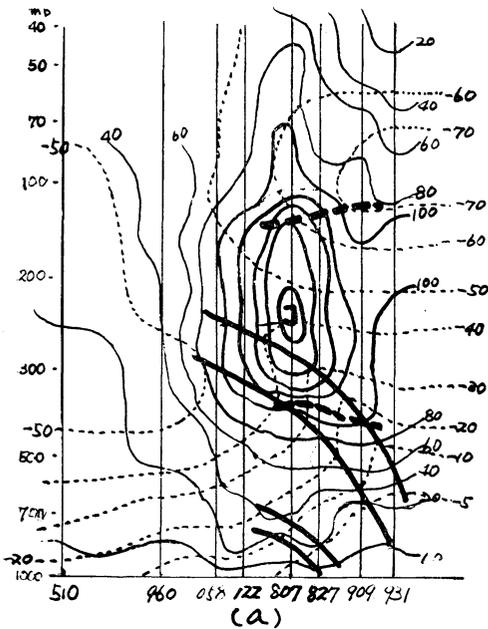
\*\* Masatoshi Kodama, 鹿児島地方気象台  
—1965年12月23日受理—



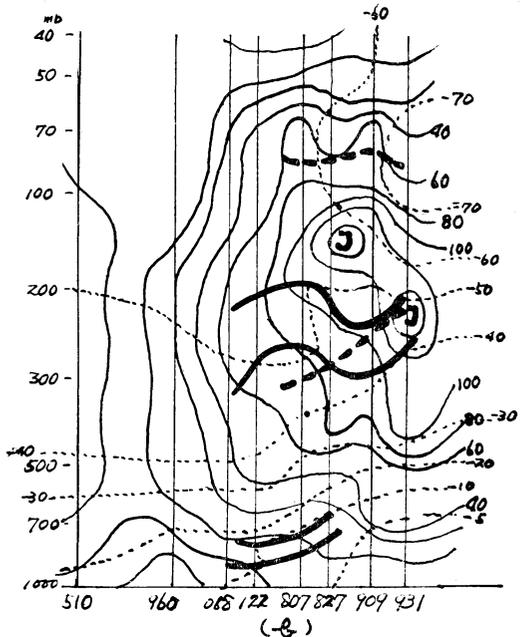
第2図 300 mb Chart 0900 15 JAN 1961.



第2図 300 mb Chart 0900 30 JAN 1961.



第3図 垂直断面図 (15. JAN 1961)



第3図 垂直断面図 (30. JAN 1961)

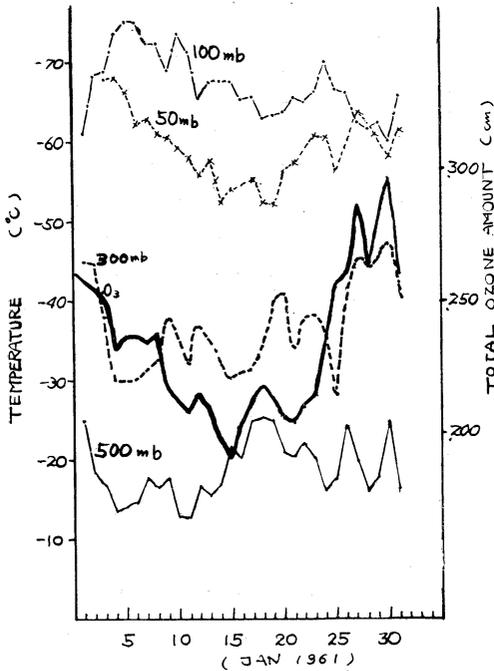
流が南に移動, 又は南北にジェットが分れたとき, オゾン量は増加し, 亜熱帯ジェットが最も南に達したときに極大となる。

次に, 気温と風によって大気構造を調べてみる。

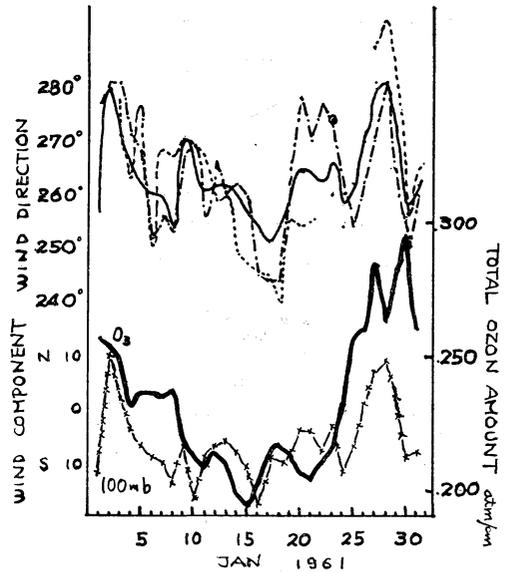
3. オゾン量と高層気象との関係

第4図は, 鹿児島における1961年1月のオゾン量の日

々変化(太い実線)と500 mb, 100 mb, 50 mb面の気温との関係を示す。これによると, 対流圏の気温とオゾンとは対応が小さく, 成層圏の気温とはかなりよい対応を示している。とくに50 mb面の気温とはよく対応し, オゾン減少のとき気温上昇, オゾン増大のとき気温下降となっていて, 相関係数は+0.51である。

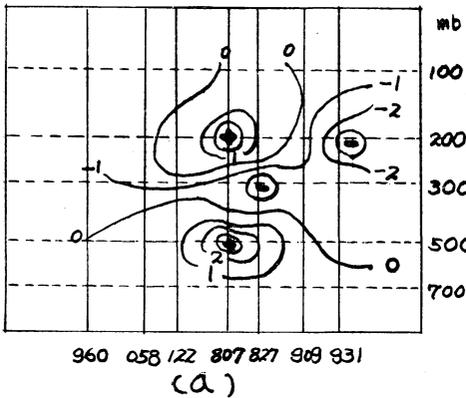


第4図 オゾン量と気温との関係

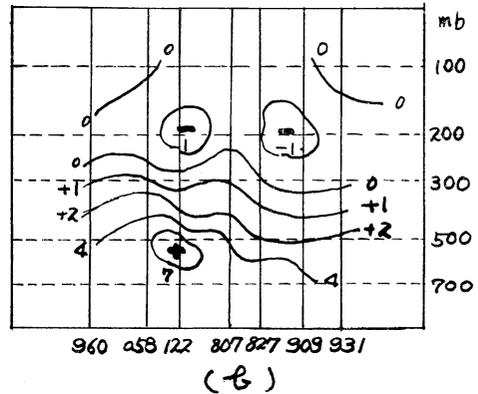


第5図 オゾン量と風の成分との関係

—— 100 mb    ..... 50 mb  
 --- 300 mb    ×—×— WIND Compo



第6図 垂直速度分布(cm/s) 15. JAN 1961.



第6図 垂直速度分布図(cm/s) 30. JAN-1961.

次に、風向および風の成分について調べる。第5図は、オゾン量の変動(太い実線)と風向及び風の成分との関係を示したものである。これによると、100 mbの風の南北成分とオゾン量の変動と非常によく対応していることがわかる。しかも、日々の小さな風成分の変化にオゾンが、ほぼ一日遅れの位相で敏感に対応している。このことは、横山<sup>6)</sup>も指摘しているように、鹿児島島のオゾン全量が風の南の成分が増加するとと減小し、北の成分が増

加すると増大するという結果によく一致している。

しかし、オゾンの変動は上層の移流ばかりでなく、鉛直流の効果も考慮しなければならない。そこで次に、とくにオゾン極小と極大の日について、対流圏及び下部成層圏の鉛直流を計算した結果を第6図に示す。

これによると、オゾン極小の15日(第6図a)は、ジェット気流の上方に非常に強い上昇流があり、その南側に下降域があって、ジェット付近で間接循環を形成して

いる。第6図bは、オゾン極大の30日であって、ジェットに伴う下降域が下部成層圏に広く存在していることがわかる。なお、鉛直流の計算に用いた計算式<sup>7)</sup>を次に示す。

一定気圧面上で

$$\frac{d\theta}{dt} = \left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)_p + \left(u\frac{\partial\theta}{\partial x} + v\frac{\partial\theta}{\partial y}\right)_p + \omega\frac{\partial\theta}{\partial p} = 0 \quad (1)$$

をうる。ここに  $\theta = \text{温位} = T\left(\frac{p_0}{p}\right)^\kappa$

$$\kappa = \frac{AR}{C_p} = 0.288$$

(1)を変形して

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_p + u\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_p + v\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_p + \omega\frac{\partial T}{\partial p} - \omega\kappa\frac{T}{p} = 0$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_p + u\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_p + v\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_p - \omega\gamma + \omega\Gamma_d = 0$$

$$\therefore \omega = -\frac{1}{(\Gamma_d - \gamma)} \left[ \left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_p + u\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_p + v\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_p \right]$$

をうる。ここに  $p$  は気圧,  $T$  は気温

$$\gamma = -\frac{\partial T}{\partial Z}, \quad \Gamma_d = \frac{gA}{C_p} \quad C_p \text{ は定圧比熱である。}$$

単位は  $\text{cm sec}^{-1}$  である。

#### 4. むすび

オゾン全量の分布は高緯度ほど大きく、又鉛直分布は25 km (30 mb) 付近に濃度の最大層がある。オゾン量の変動がジェット気流の位置とその強弱に密接な関係があることと気流の位置とその強弱に密接な関係があるところから、ジェット気流に伴う大気の波動、すなわち対流圏波動が及ぼす成層圏波動への影響<sup>8)</sup>を示している。

この調査期間の例だけでまだ説明には不十分だが、次のことは言える。すなわち、上層に於いて南からの移流とジェット気流に伴う強い上昇気流によって、オゾン量

の減少となり、北からの移流によって増大したオゾンが成層圏下部の下降流によってさらに増加し、非常に大きなオゾン量の変動となったものと思われる。

今回の調査では、成層圏の資料が不足したため成層圏循環との関係を知ることができなかった。今後はさらにオゾン垂直分布との関係も調べ、大気の垂直構造、とくにジェット気流に伴った垂直循環を調べたいと思う。

終りに、本調査にご指導いただいた毛利前鹿児島地方気象台長、坂井高層課長並びに高層課諸氏に深く謝意を表わします。

#### 参考文献

- 1) 清水正義, 1960: オゾン全量の緯度分布と200 mb 面最大風速域との関係, 研究時報, 12, 185~188.
- 2) 北岡竜海, 1962: 露点ゾンデおよび気象電気ゾンデ観測から見た中緯度ジェット気流付近の質量循環, 高層気象台彙報, 7, 81~90.
- 3) 村松久史, 1962: 日本付近のオゾン全量の変動について, 高層気象台彙報, 7, 110~123.
- 4) 関口理郎, 1960: 大気オゾン. 天気, 7, 225~230.
- 5) 清水正義, 1965: 大気オゾンの研究(総合報告)(1), 天気, 12, 185~196.
- 6) 横山充, 1960: 鹿児島におけるオゾン全量と高層気象との関係, 天気, 7, 38~40.
- 7) 渡辺次雄, 1961: 近代気象調査法, 技報堂全書6, 215~216.
- 8) 岡村存, 1965: 成層圏波動の影響, 西部管区気象研究会誌 26, 107~109.
- 9) BREWER, A.W. 1959: A model structure of the stratosphere: symposium on atmospheric ozone 3, 29.

### 第4回(13期)全国理事会議事録

日時: 昭和41年5月18日(水) 18~20時

出席者: 畠山, 北岡, 正野, 桜庭, 大田, 岸保, 吉野  
小平, 増田, 須田, 神山, 安藤各常任理事,  
孫野, 井上, 山元, 荒川各地方理事および,  
高橋監事

場所: 学士会館本郷分館

議決

1. 佐藤順一会員を名誉会員に総会で推せんすること

を承認する。

2. 昭和40年度事業経過報告を承認する。
3. 昭和40年度会計決算報告を承認する。国際雲物理会計の決算報告は、次の総会に承認をえるものとする。
4. 昭和41年度予算案を承認する。
5. 総会提出の要望事項を承認する。
6. 昭和42年度の当番支部は東北支部とすることを承認する。