

|             |                                                                                                                                          |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名         | 清 水 正 義<br>し みず まさ よし                                                                                                                    |
| 学 位 の 種 類   | 理 学 博 士                                                                                                                                  |
| 学 位 記 番 号   | 論 理 博 第 414 号                                                                                                                            |
| 学位授与の日付     | 昭 和 48 年 1 月 23 日                                                                                                                        |
| 学位授与の要件     | 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当                                                                                                                  |
| 学 位 論 文 題 目 | <b>Wet photochemistry and transportation effects on the ozone amount in the lower stratosphere</b><br>(下部成層圏のオゾン量に対する湿潤光化学反応と輸送過程の効果の研究) |

|        |                    |           |           |
|--------|--------------------|-----------|-----------|
| 論文調査委員 | (主 査)<br>教 授 山元龍三郎 | 教 授 前 田 坦 | 教 授 中島暢太郎 |
|--------|--------------------|-----------|-----------|

### 論 文 内 容 の 要 旨

大気中に実際に存在するオゾン量の極大は、3月頃の極付近に発現するが、このような大気オゾンの分布は、Prabhakara (1963) や Gebhart (1968) などにより大気運動の輸送効果をも取り入れて、研究されて来た。しかし、オゾンの渦南北輸送に関して彼らが設定した仮定は、その後の研究によって不適当であることが判った。申請者は、主論文において大気オゾンの分布を解明しようとし、水蒸気存在の効果を取り入れた光化学反応と大気運動の輸送過程の効果を研究している。

申請者は、まず、成層圏におけるオゾンに関連した化学反応を取り上げて、その平衡状態を詳細に研究した。すなわち、種々の波長の太陽光線のために起る酸素分子の解離・結合などによるオゾンの生成および消滅、水蒸気などの反応によるオゾンの消滅、他分子の介在のために励起状態の酸素原子 ( $O^*$ ) が基底状態になる反応 (反応5)、 $O^*$  が水蒸気と結合して水酸基となる反応 (反応6) など、12の反応を取り上げた。それらの反応速度としては、現状において最も信頼のおける値を採用している。ただし、反応5の反応速度  $k_5$  と反応6のその値  $k_6$  が確定していないので、申請者は、比  $k_6/k_5$  の値が1の場合と10の場合とを取り上げる事とした。その結果、オゾン量が下部成層圏で光化学平衡状態に近づく時定数は、 $k_6/k_5$  が1の場合は1ケ年程度であるが、 $k_6/k_5$  の値が10の場合には1ケ月程度である事を見出した。このような光化学平衡で与えられるオゾン量の分布は、実測値と著しい差異があるので、申請者は、次に大気運動の輸送効果を考慮して研究をすすめている。

1ケ月程度の時間平均をした経度平均オゾン量に対する大気運動の効果を、申請者は、平均南北流、平均鉛直流、渦南北流および渦鉛直流とに分けて考察をすすめている。前2者については、現在最も信頼のおける Vincent (1968) の気流分布を採用している。渦南北流の効果に関しては、定常性渦と非定常性渦に分離して、前者に対しては Oort (1962) の気流分布を採用し、後者に対しては、北米大陸上の15ヶ所の上層風とオゾンゾンデの同時ルーチン観測結果から、半球的な値を推定している。渦鉛直流の効果の直接算定を可能にするような観測が皆無なので、次のような方法で推定を行なった。すなわち、大気運動は、

等温位面に沿うて起っていると考えてよいが、等温位面とオゾン量の等値面との交角によって、南北方向の渦交換係数と鉛直渦交換係数の比が決定される。上述の渦南北流の輸送効果の値を用いて、申請者は、渦鉛直流の効果を算定した。その結果、平均鉛直流と渦南北流による輸送効果が最も卓越している事を明らかにした。また、申請者が採用した渦交換係数が、放射性物質の拡散の研究などから求められた値とよい一致を示している事および、上述の反応速度の比  $k_6/k_5$  の値として10よりは1を採用するのが妥当と考えられる事を述べている。このように、観測事実の合理的解析によって申請者は、3月頃、極付近においてオゾン量が極大に達するという現象の機構に関する数値モデルを提示している。

参考論文 1, 2 および 3 は、わが国およびカナダにおける大気オゾン量の変化と大気運動との関連を研究したものである。参考論文 4 は、大気オゾンに関する既存の研究を批判検討したものであり、5 および 6 では、申請者が自分で観測した南極における大気オゾンの資料からその分布および変化を研究している。参考論文 7 では、南北両半球上のオゾン観測資料を収集・解析して、その地球規模の分布と変化に関する研究成果を示している。

### 論文審査の結果の要旨

オゾンは、大気の微量成分の1つとして下部成層圏に比較的多量に存在している。それは、大気の酸素分子が太陽紫外線により酸素原子に解離されて他の酸素分子と結合する事によって生成される。大気中に実際に存在するオゾン量の極大は、太陽紫外線の強い低緯度地方に見出されないで、3月頃の極付近に発現している。このような大気オゾンの分布の説明は、Prabhakara (1963) や Gebhart (1968) などにより、大気運動の輸送効果をも取り入れて試みられた。しかし、彼らが設定したオゾンの渦南北輸送に関する仮定は、その後の研究によって認め難い事が判った。申請者は、主論文において大気オゾンの分布に関連して、水蒸気存在を考慮した光化学反応と大気運動の輸送過程の効果を研究した。

申請者は、先ず、成層圏におけるオゾンに関連した、12の化学反応を取り上げた。それらの反応速度としては、現状において最も信頼のおける値を採用している。ただし、励起状態の酸素原子が ( $O^*$ ) 基底状態になる反応の速度  $k_5$  と  $O^*$  が水蒸気と結合して水酸基となる反応の速度  $k_6$  の値が確定していないので、申請者は、比  $k_6/k_5$  の値が1の場合と10の場合とを取り上げる事とした。その結果、下部成層圏においてオゾン量が光化学平衡状態に近づく時定数は、 $k_6/k_5$  の値が1の場合には1千年程度であるが、 $k_6/k_5$  が10の場合には1ヶ月程度である事を見出した。

申請者は、次に1ヶ月程度の時間平均をした経度平均オゾン量に対する大気運動の輸送効果を平均南北流、平均鉛直流、渦南北流および渦鉛直流とに分けて考察をすすめている。平均南北流、平均鉛直流および定常渦南北流については、現在最も信頼のおける Vincent (1968) および Oort (1962) の気流分布を採用している。非定常渦南北流に関しては、北米大陸上に限られている15ヶ所の上層風とオゾンゾンデの同時ルーチン観測結果から、半球的な値を推定している。渦鉛直流の効果に関しては、その直接算定を可能にするような観測が皆無である。申請者は、大気運動が、等温位面に沿うので、等温位面とオゾン量の等値面との交角によって、南北方向の渦交換係数と鉛直渦交換係数の比が決定されと考え、上述の渦南北流の輸送効果の値を用いて、渦鉛直流の効果を算定した。その結果、平均鉛直流と渦南北流による輸送

効果が最も卓越している事を明らかにした。また、申請者が採用した渦交換係数が、放射性物質の拡散の研究などから求められた値と良い一致を示している事および、上述の反応速度の比  $k_6/k_5$  の値として 10 よりは 1 を採用するのが妥当である事を示している。このようにして、申請者は、オゾン量が 3 月頃、極付近において極大に達するという現象の機構に関する数値モデルを観測事実の合理的解析によって確立した。

以上要するに、申請者は、大気オゾン論に対して、重要な知見を与え、成層圏大気物理学に対する寄与は少なくない。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。