

大気オゾンのロケット観測*

渡辺 隆**・等松 隆夫***

概 要

太陽紫外線の吸収を利用したオゾン密度測定を昨年('73)9月に打ちあげられたK-10-10号機によって行なった。今回の観測は薄明時におけるものであって、高度40km~80kmの範囲では高度が増すに従ってオゾン密度は減少しているという結果を得た。更に87km付近に密度が極大になるところが見い出されたが今回の観測ではこの付近の高度のデータの信頼性があまり良くないため、今後の検討がより必要である。

1. はじめに

太陽中間紫外放射の吸収を光電測光することによってオゾン密度を測定することは内の浦において過去数次にわたって行なわれてきている[1][2][3]。これらの観測によって成層圏上部から中間圏にかけての高度30km~60kmの領域のオゾン密度の高度分布がくりかえし詳細に調べられてきた。K-10-10号機でも同様の測定方法を用いてオゾン密度の測定を行なったが、このロケットは打ち上げ時刻が日没時であったので、得られたデータとその解析の方法はこれまでの昼間の観測とは異なったものとなった。薄明時においては、大気を通りぬけてくる太陽光に対して大気の光学的厚みが大きくなり、従って大気吸収を測定する場合には測定高度は一般に高くなる。本観測の場合は従来の昼間の観測よりも測定可能な高度は20~30km程度上げ得ることが予想され、中間圏上部から熱圏下部領域のオゾン密度の測定が可能になることが期待された。この高度領域のオゾン密度の観測例は少なく[4][5]、光化学理論でもまだ議論の余地がありデータの蓄積が必要とされている。

2. 観 測

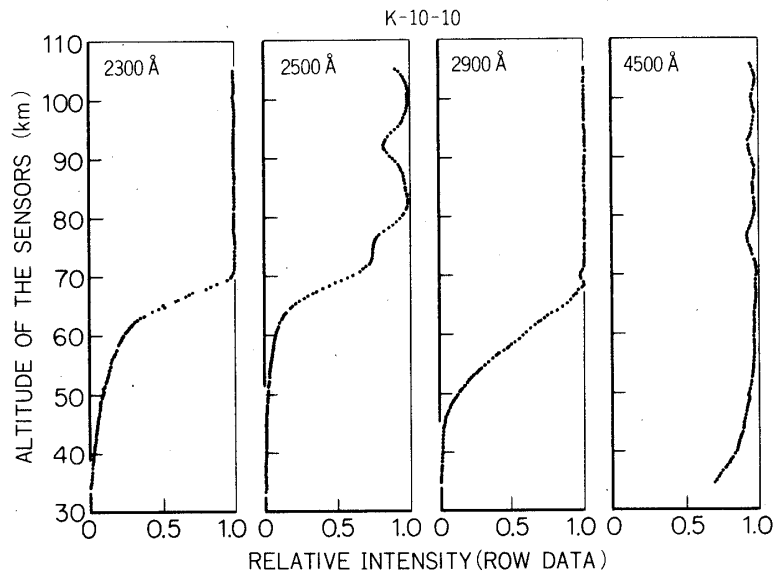
ロケットに搭載された放射測定器は紫外部に感度をもつ光電管と干渉フィルタの組みあわせから成っていて、測定波長域は2300Å, 2500Å及び2900Åの3波長で他にロケット姿勢検出用に可視部の4500Åに感度をもつ放射測定器を搭載している。これらのフォトメータは2本を1組としてロケットの胴壁にそれぞれ180°対向させてとりつけられており、太陽放射の測定はロケットのスピンの利用して行なう。測定器の視野は約60°でロケットの姿勢が飛翔中にプレセッション等で変化しても太陽をとらえそこなわないように広くとってある。

ロケットの打ち上げは1973年9月22日1820JST(太陽の天頂離角 $\theta = 92.5^\circ$)に行なわれた。観測によって得られた各波長のデータを第1図に示す。2300Å及び2900Åのデータはロケット高度が約70kmのところまで飽和してしまい以後の高度変化を調べることができ

* 宇宙研特別事業費による研究論文

** 東京教育大学理学部

*** 東京大学理学部, 宇宙研研究担当



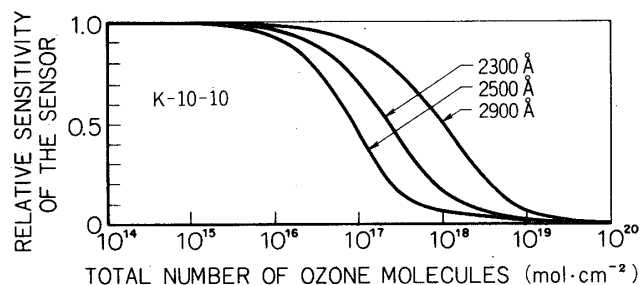
第1図 太陽放射強度の高度変化

なかった。各波長の測定器はそれぞれ独立に分布を測定することができるので全測定時間中のデータが得られなかったのは残念であったが、オゾン吸収の最も大きい 2500 \AA 及び可視部の 4500 \AA のデータは高度 105 km で電子温度測定に切り換わるまでデータを得ることができた。

3. 観測結果の解析

観測する波長領域では太陽放射はランベルト・ベールの法則に従ってオゾンの吸収をうけるものと考え、放射強度の高度変化からオゾン密度は容易に求められるが、我々の観測では半値巾が 150 \AA 程度の干渉フィルタを用いているために波長の広がりや補正が必要である。このためにフォトメータの波長感度特性、太陽の放射強度 [6]、及びオゾンの吸光断面積 [7] を用いてあらかじめオゾンのコラム密度とフォトメータの出力強度の関係図を作り (第2図)、この図を使って観測によって得られた放射強度のデータからコラム密度 (今の場合は測定器と太陽を結ぶ光線を含む底面積 1 cm^2 の気柱に含まれるオゾン量) を求めるという方法を用いる。

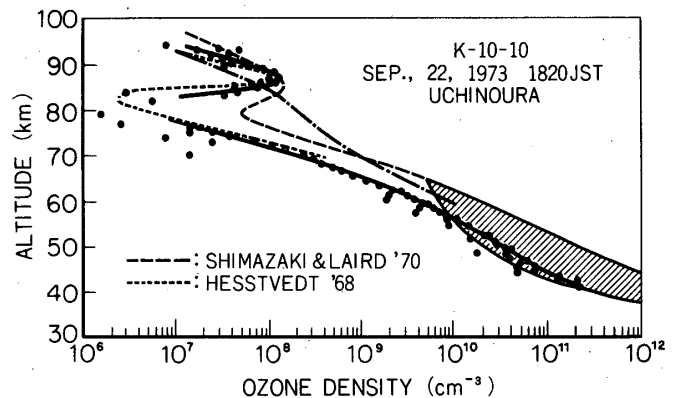
更にもう一つ重要な補正が必要である。フォトメータは放射感度に角度特性をもっているために、プレセッション等による



第2図 各バンドの測定器の相対感度

ロケットの姿勢の変動がある場合にはその変動の modulation を受ける。可視部のフォトメータはオゾンの吸収が無視できるので可視部のデータの変動は1 スピン毎に視野内にとらえる太陽の位置が変動するために起こるものと考えられる。従ってロケットの姿勢の変動分を可視部のデータを使って補正することが可能である。しかしながら姿勢の変動分を補正することは次の理由でなかなかむづかしい。第1に各フォトメータの光軸がロケットのスピンのよって太陽の方向に対してすべて同一の位置に来ない事が考えられること、第2に各フォトメータの放射感度の角度特性が完全にそろってはいない事があげられる。これらの問題はロケットのプレセッションによる姿勢変動が大きくなればなるほど補正もれとして効いて来てデータの信頼性を落とすことになる。このようなことは以前の観測においても問題となっていた[2]が、技術的な解決はむづかいため、解析の段階で補正する方法がとられてきた。その方法としては地上における角度特性のデータ、及びオゾンによる吸収のなくなった高度における各フォトメータのロケット姿勢の変化に伴う変動の関係を使う方法[2]が考えられる。後者については第2図における100 km以上の2500 Åと4500 Åの変化の関係が使える。前に述べたように高度105 kmで他の観測に切り換えたためこの補正に使えるデータが少ないが、この関係は地上における角度特性のデータから予想される関係とほぼ一致するのでこの2者を用いて2500 Åのデータを補正した。

このようにして得られた吸収曲線からコラム密度が求められ更にオゾン密度を求めるわけである。今回の観測では太陽の天頂角が92.5°があるのでオゾン密度を求めるためにSphericalな大気について1 km中の shell 毎にコラム密度プロファイルの最上部から下向きに計算を進めるという方法をとった。このような方法で得られたオゾン密度を第3図に示した。計算の際負の密度が発生しないようにコラム密度曲線をスムーズアップしたが、それでもなお80 km付近を中心に負の密度があらわれた。このことは上部にあるピーク付近の密度の信頼性があまり高くないためであると思われる。高度が下がるに従って吸収量が多くなり精度があがる(70 km以下では factor 2程度であろうと思われる)。比較のためHesstvedt [9], Shimazaki-Laird [9], 及びOgawa [10]による光化学理論の計算値を第3図にプロットしてあるが観測結果はOgawaの計算値とは合わない傾向にあるが、今後更に精度の良い観測を行なってゆく必要がある。



第3図 オゾン密度の高度分布、太い実線がK-10-10による観測値、斜線部分は内の浦におけるこれまでの観測値の存在範囲。一点鎖線はOgawa [10]による理論値。

謝 辞

東大理学部の小川利紘氏には解析方法について有益な示唆を頂きました。また東大宇宙研の各部署の方々には実験スケジュールを通していろいろお世話になりました。ここで合わせて感謝の意を表します。

1974年7月30日

参 考 文 献

- [1] T. Nagata, T. Tohmatsu, and H. Tsuruta: Space Research VIII 639 (1968)
- [2] 小川利紘・等松隆夫：宇宙航空研究所報告 第6巻 211 (1970)
- [3] T. Tohmatsu, T. Ogawa, and T. Watanabe: Space Research XIV 177 (1974)
- [4] P. B. Hays, R. G. Roble, and A. N. Shah: Science, 176, 793 (1972)
- [5] D. E. Miller and P. Ryder: Planet. Space Sci., 21, 963 (1973)
- [6] N. L. Wilson, R. Tousey, J. D. Purcell, F. S. Johnson and C. E. Moore: Astrophys. J., 119, 590 (1954); H. M. Maliston, J. D. Purcell, R. Tousey, and C. E. Moore: Astrophys. J., 132, 746 (1960); C. R. Detwiler, D. L. Garrett, J. D. Purcell, and R. Tousey, Ann. Geophys., 17, 263 (1961); V. P. Kachalov, and A. V. Yakovleva, Izv. Krimskog Astro. Obs., 27, 5(1962); R. Tousey, Space Sci. Rev., 2, 3(1963); L. Dunkelman, and R. Scolnik, J. Opt. Soc. Am., 49, 356 (1959); R. T. Brinkmann, A. E. S. Green, and C. A. Barth, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Technical Report No. 32-951 (1966)
- [7] Ny Tsi-Ze, and Choong Shin-Piaw: Chin J. Phy., 1, 38 (1933); A. Vassy, Ann. Phys., 16, 145 (1941); Y. Tanaka, E. C. Y. Inn, and K. Watanabe, J. Chem. Phys, 21, 1951 (1953); E. C. Y. Inn, and Y. Tanaka, J. Opt. Soc. Am., 43, 870 (1953); E. Vigroux, Ann. Phys., 8, 709 (1953); E. Vigroux, Ann. Geophys., 25, 169 (1969)
- [8] E. Hesstvedt: Geophys. Publ., 27, No. 4 and No. 5 (1968)
- [9] T. Shimazaki, and A. R. Laird, J. Geophys. Research, 75, 3221 (1970)
- [10] T. Ogawa, private communication, 1974.