

大気球による微量大気成分実験

— ニューメキシコおよび三陸における大気オゾン観測 —

等 松 隆 夫*・近 藤 豊**・岩 上 直 幹**
渡 辺 隆†

概 要

1973年11月13日および1974年5月30日にそれぞれニューメキシコ州アラモゴルドおよび三陸大気球観測所より放球した気球によって対流圏および成層圏内の大気オゾン密度分布の観測を行なった。観測を行なった地域は偏西風帯の中心にあたり、その高層大気構造とオゾン分布に関する事実の一端を知ることができた。また数種の実験法の組合せによって、それらの相互較正をおこなうことができた。

1. 測 定 器

使用したオゾン測定用の機器は次の三種である。

- (1) オゾンゾンデ (KI溶液法) による直接測定
- (2) 大気散乱法UVラジオメーター、波長帯は450 nm, 330 nm, 320 nm, 290 nm の4連で天頂—地平を自動スキャンする。方位のスキャンは気球の自転を利用した。
- (3) 太陽UVラジオメーター、波長帯は(2)と同じで、視野内に太陽が入ったときだけ(2)→(3)に切り換わって観測を行なう。

気球ゴンドラの方位の検出は磁気センサを用いた。方法(1)は局所的なオゾン密度、(2)は紫外アルベド—の天頂—地平効果による全オゾン量、(3)は同じく吸光法による全オゾン量測定を目的としている。

2. 実 験

2.1 アラモゴルドにおける実験

アラモゴルドにおける実験は、ユタ州立大学およびヨーク大学との共同でおこなわれ、その主目的は成層圏におけるNOとO₃の同時測定であり、日米科学協力事業のプログラムのひとつとしておこなわれた。実験は1973年11月13日、7:30~12:15 MSTの間におこなわれた。実験結果の詳細、特にNOとO₃の相関についての研究は別途報告される予定であるので、ここでは大気オゾンの多重比較観測の結果についてのみ簡単に述べることにとどめたい。

図1にみられるように、実験は早朝から昼すぎまでの間におこなわれ、8:45分ごろオゾン層中心を通過、9:00から10:45の間高度約30 kmにおいてレベルフライトがおこなわれ

* 東京大学理学部宇宙航空研研究担当

** 東京大学理学系、大学院

† 東京教育大学理学部

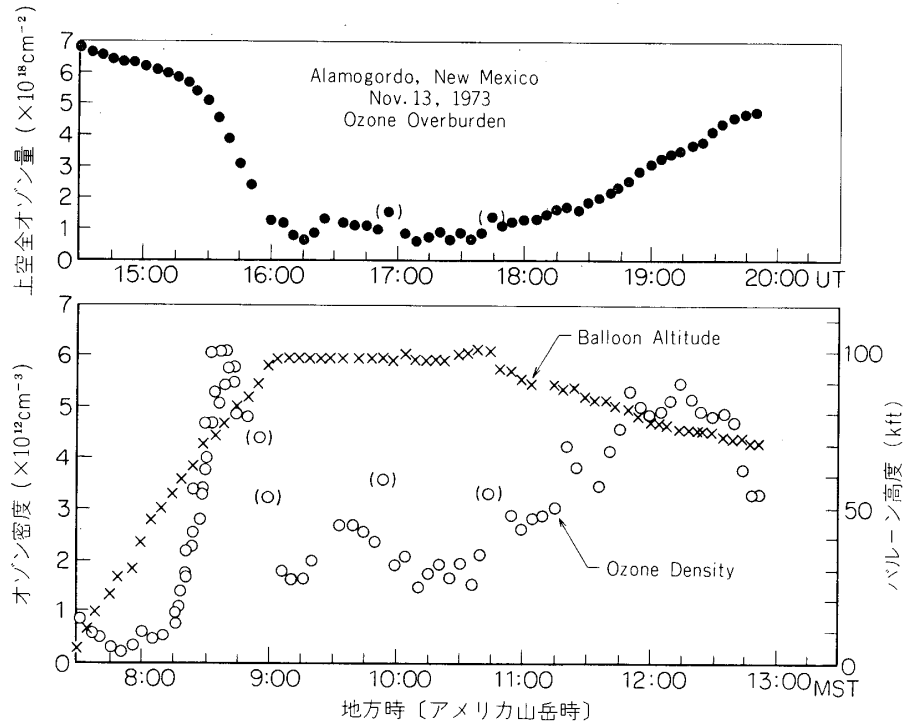


図1 アラモゴルドにおけるバルーン実験結果
X:バルーン高度, O:オゾン数密度, ●:バルーン上空全量

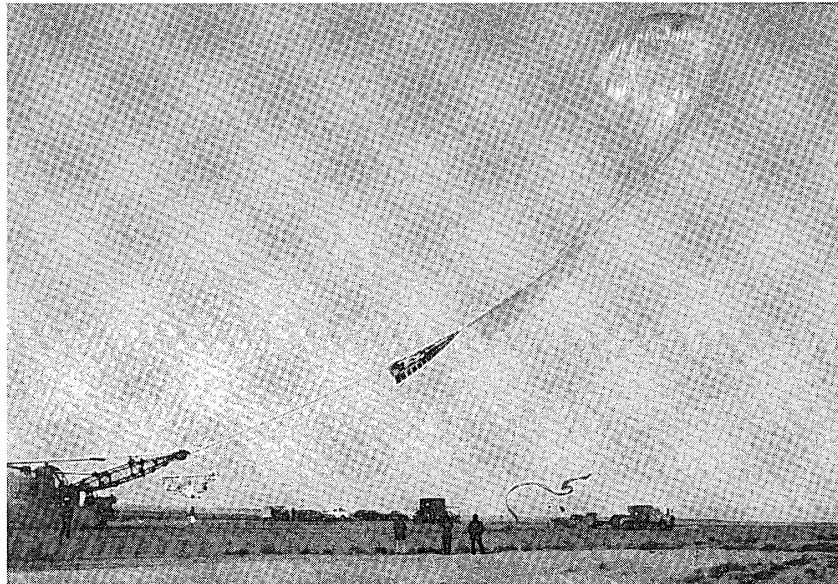


図2 アラモゴルドにおける日米科学協力実験
風景(1973年11月13日朝)

た. 各種方法で求められたオゾン密度および全量(バルーンより上空の)は図に示したとおりである. 特に注目されるのは9:30~10:30にみられるレベルフライト時での変動であ

り、これはNO密度の変動と良い相関を示している。これはあとで述べる大気輸送効果では説明がつかうことが分っている。高度分布については特に目新しいことはないが、図7(1)として描かれている。

2.2 三陸実験

1974年5月30日12時22分JST三陸大気球観測所から放球され、偏西風に乗って太平洋側へ約70km流され、14時0分頃、高度約27.5kmに達してレベルフライトにはいった。ほぼ同じ頃に方向も転じてその後は西に流され、21時30分頃、鳴子付近に落下した(図3)。1975年3月に回収された。

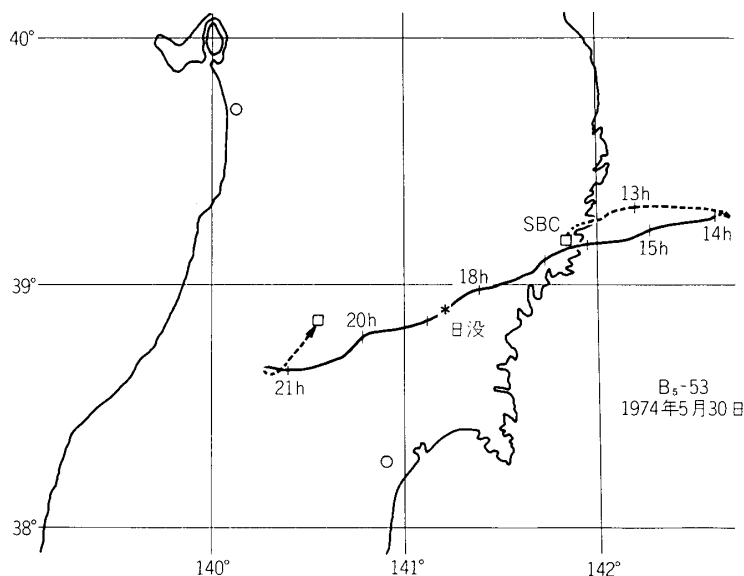


図3 1974年5月30日B₅-53飛しょう経路

3. 三陸での実験結果

図4はオゾンゾンデによる上昇時および下降時の大気オゾンの鉛直分布である。図5は気象庁のデータによる観測当日の東経140°線上における偏西風の断面図である。図4と図5を比較すると、次のような興味ある推論をすることができる。

- (1) 高度14km付近の対流圏界面を境にして、それより下では、上昇時、下降時ともオゾン密度は一様であるが、より上では大きな違いがある。これは成層圏と対流圏では大気の混合、輸送のモードがたいへんちがうことを示している。
- (2) 朝9時、夜21時いずれも約21kmのところ、西風と東風の逆転層があり、その高度はオゾン密度分布にみられる小さな極小と一致している。これも成層圏におけるオゾンの輸送の効果を表わしているといえるが、一方では、この高度にはユング層と呼ばれるエーロゾルの薄い層があり、それとの関係も予想される。
- (3) 成層圏では、水平距離200kmで30%以上のオゾンの密度差があり得る。これも成層圏内におけるオゾンの輸送効果を示している。

散乱法による気球上方の全オゾン量の観測は、測定方法および解析方法にいくつか問題が

あり、いまだ満足な結果には達していない。ここで散乱法による解析法を簡単に説明すると、太陽紫外線の大気レーリー散乱強度は、オゾン吸光によって影響を受ける。オゾン吸光の効果はオゾンの高度分布とともに太陽天頂角、観測波長（散乱、吸光断面積）、観測方向によって支配される。したがって大気放射輸送方程式を数値的に解き、観測と比較することによってオゾンの高度分布を求めることができる。観測と理論の比較は通常散乱強度の天頂角分布から求められる。図6は散乱源関数の高さ分布を一次散乱（実線）および二次散乱（鎖線）についていくつかの波長帯について求めたものである。散乱強度は源関数を、吸収を考慮して視線方向に積分することによって得られる。図7はこのようにして求められた散乱強度の天頂角分布の一例であり、波長帯によって地平増光か減光かがはっきり分れることがわかる。実際の観測ではフィルタの帯域巾が有限であるので、それを考慮した実測との比較が図8に示されている。

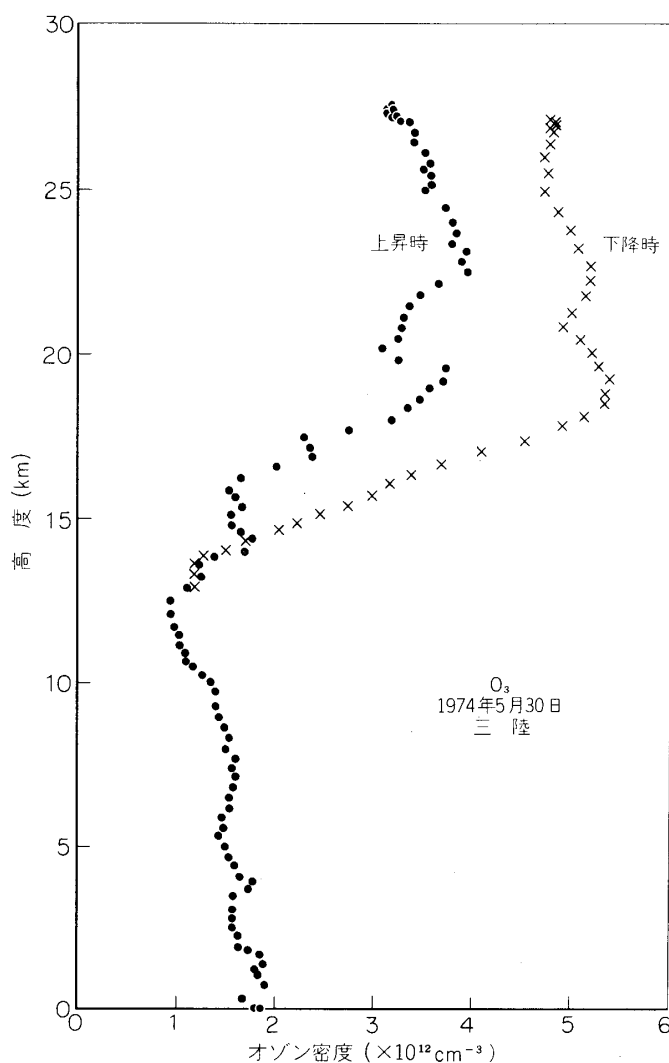


図4 B₅-53 上昇、下降時における大気オゾン高度分布

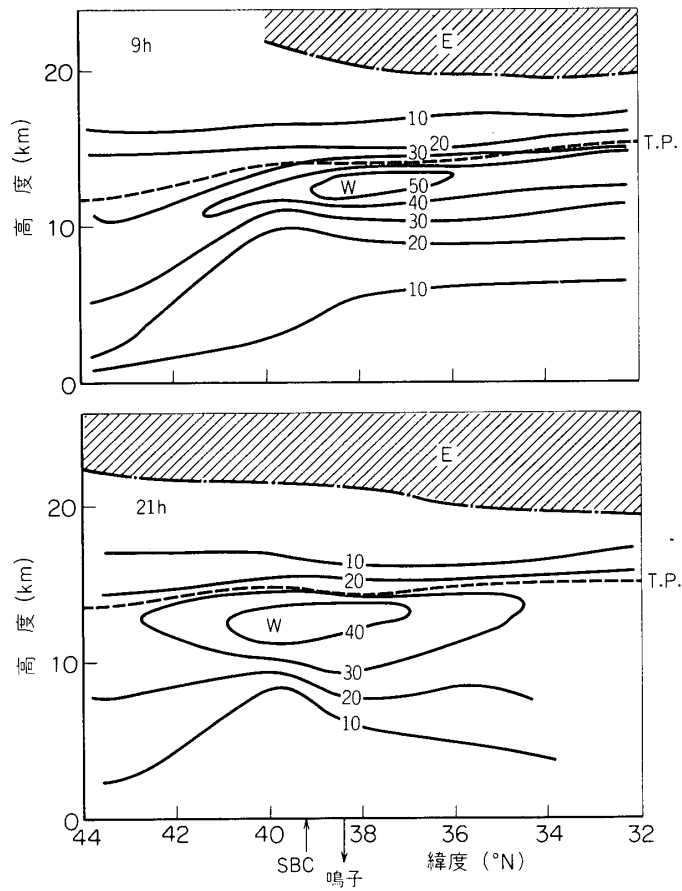


図5 B₅-53 飛しよう時の風速断面図(気象庁資料による)

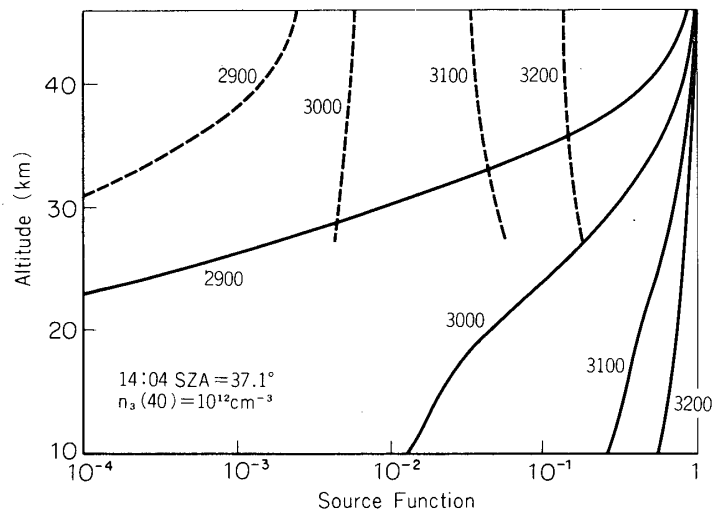


図6 太陽紫外散乱の源関数, 実線は一次, 鎖線は二次の散乱を示す. また図上の数字は波長(Å). この数値計算はB₅-53の14:04 JSTの観測条件に対応.

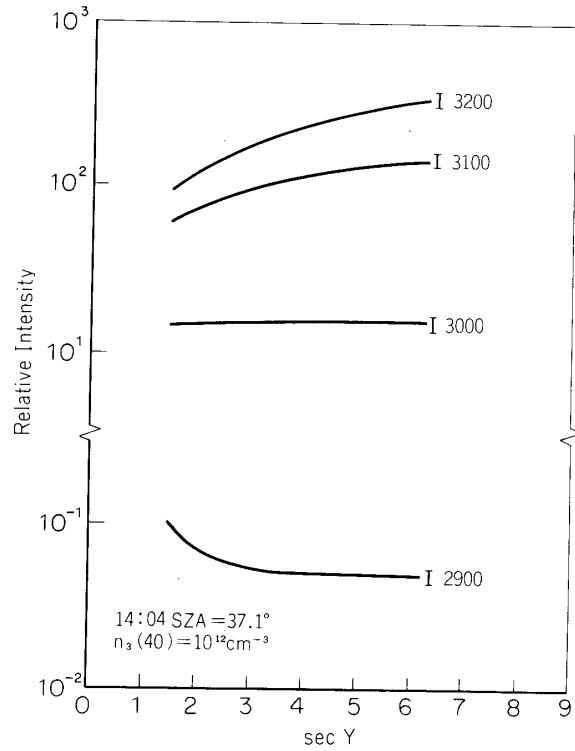


図7 散乱の天頂角依存性の数値計算例，横軸は視線方向の天頂角の secant，縦軸は波長帯での相対強度。

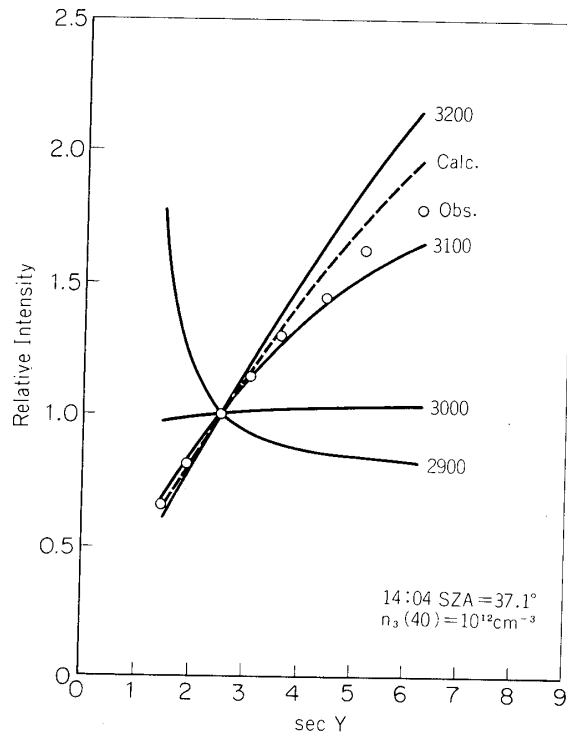


図8 散乱の天頂角分布の実測との比較。点曲線は測定器の波長感度を考慮して求めたもの，白マルは実測点である。

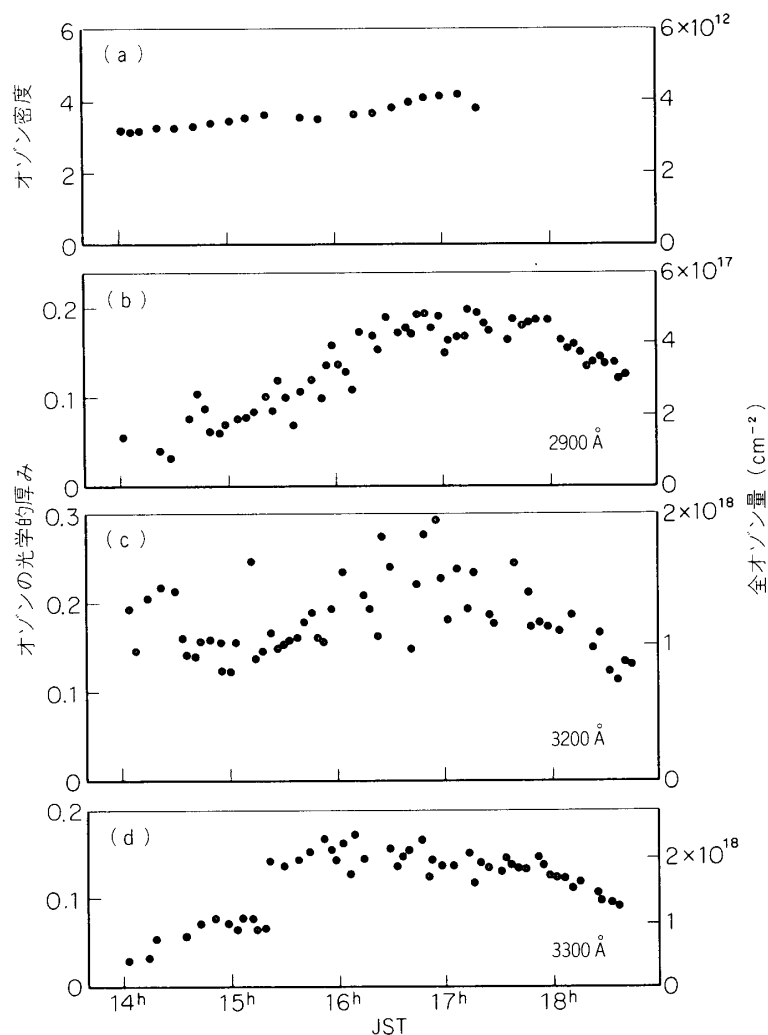


図9 散乱法による全オゾン量計算結果

図9 (b), (c), (d) はそれぞれの波長帯について一次散乱近似を用いて行った気球上方の全オゾン量の解析結果であり, (a) は比較のための観測高度におけるオゾン密度である. 14時~17時においては, 観測高度における密度(a), 球上方の全オゾン量(b), (c), (d) 共に増加しているが, 17時以後においては全オゾン量は減少している. これはおそらく太陽高度が低くなった(地上日没は18時50分)のために, 高次散乱などの効果が表われたものと思われる. また波長帯によって求められた全オゾン量に違いがみられるのは, 各波長帯のすその効果及び, それぞれの波長帯における平均的オゾン吸収断面積の見積りに問題があると思われる. 現在, 高次散乱の効果など以上の問題点を改良した計算を行なっている.

今後の計画

今回の実験結果を基に, 次のような実験計画を考えてみた.

- (1) 偏西風を横切って, 高度 27 ~ 30 km でレベルフライトを行ない, 約10個のオゾンゾン

デを順次投下して、偏西風帯のオゾンの密度断面を求める。これから成層圏のオゾン輸送の実態をとらえる。

- (2) 親気球にはオゾンゾンデを2台積み、1台は放球時から作動、他の1台は下降時から作動させてオゾンゾンデの長時間特性をチェックする。
 - (3) 親気球には可視および紫外のラジオメーターを積み、水平方向の散乱光を測定して、エアロゾルによる散乱の有無を調べる。
 - (4) 親気球には、dust particle counterをそなえてユンゲ層などの存在を確かめる。
 - (5) 館野、札幌においても同時にオゾンゾンデによる観測を行なう。
- (4), (5)については、他機関との協力を求める必要がある。

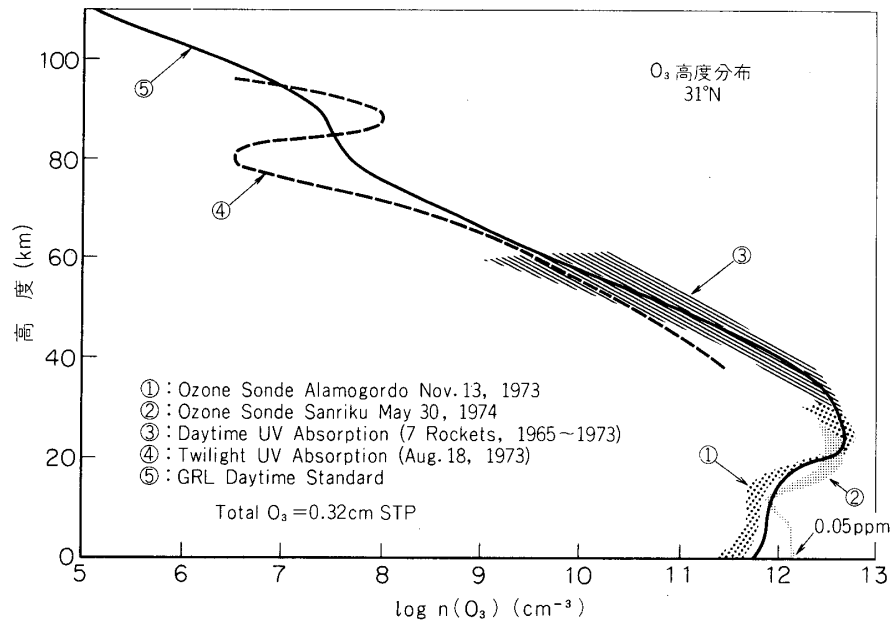


図10 31°Nにおける標準オゾン高度分布. 宇宙航空研ロケット, バルーンによる合成分布 (1965~1974)

図10は1965年以來の宇宙航空研共同利用実験としてのロケットおよびバルーンを用いたオゾン観測から求められた標準高度分布である。

1975年2月24日に打上げられた“たいよう”衛星においても、紫外アルベド法による観測がおこなわれている。

1975年5月15日 新設部(科学)