

1 解析に使用した資料

1 - 1 地上からのオゾン観測データ

本報告では、2004年1月までに、世界気象機関(WMO)の世界オゾン・UVデータセンター(WOUDC、カナダ、トロント)に登録されているオゾン全量観測データ、オゾン反転、オゾンゾンデ観測データを使用した。オゾンの観測を行っている地点を図1-1-1に示す。

また、気象庁で観測しているデータとして以下のものがある(表1-1-1)。

オゾン全量及び反転観測データ：

気象庁が1957年から順次観測を開始し継続してきた国内4地点(札幌、つくば、鹿児島、那覇)及び南極昭和基地におけるドブソンオゾン分光光度計(以下ドブソン計)によるオゾン全量観測及びオゾン高度分布観測(反転観測、p.4参照)のデータ。

1994年より観測を開始した南鳥島におけるブリューワー分光光度計によるオゾン全量観測データ。

オゾンゾンデ観測データ：

札幌、つくば、鹿児島、那覇及び昭和基地における、気球を用いたオゾン高度分布観測(オゾンゾンデ観測)のデータ。

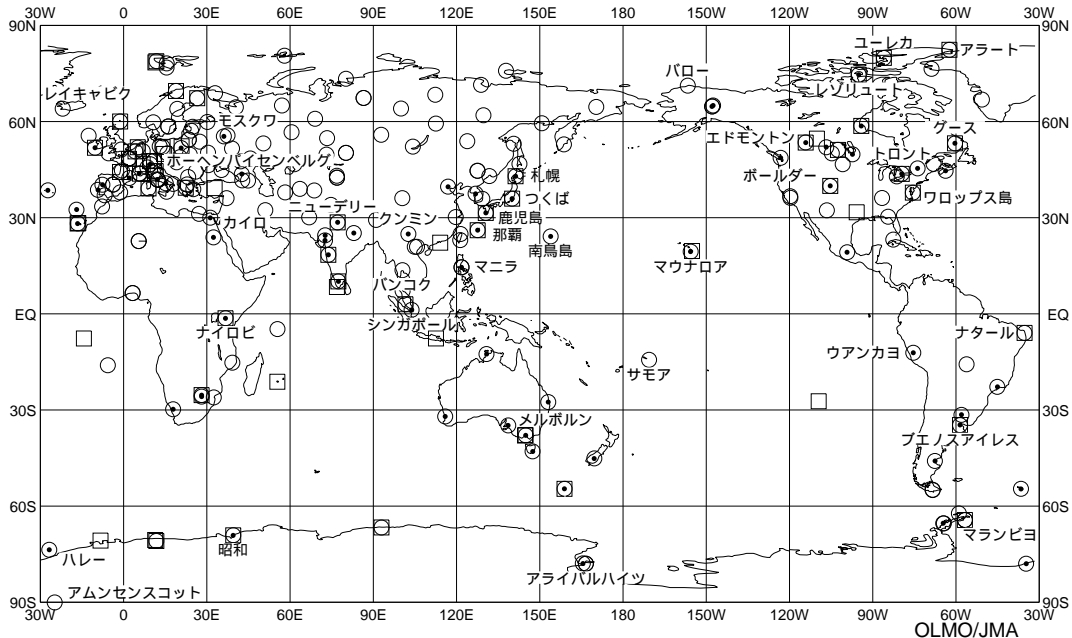


図1-1-1：オゾン地点の分布(2003年現在)

全量観測は229地点(印)、反転観測は72地点(印)、オゾンゾンデ観測は63地点(印)。

表1-1-1：観測地点と位置及び観測種目 本報告に使用した地上観測点データのうち、気象庁が観測を行っている地点、位置及び観測種別(2003年現在)

観測所名	Stations	地点番号 WMO Index No.	緯度 Latitude	経度 Longitude	高度 Elevation	観測種別 Observation Type
札幌	Sapporo	47412	43° 04' N	141° 20' E	25.7m	T,U,S,UV
つくば(館野)	Tsukuba(Tateno)	47646	36° 03' N	140° 08' E	30.5m	T,U,S,UV
鹿児島	Kagoshima	47827	31° 33' N	130° 33' E	31.1m	T,U,S,UV
那覇	Naha	47936	26° 12' N	127° 41' E	26.9m	T,U,S,UV
南鳥島	Minamitorishima	47991	24° 18' N	153° 58' E	9.0m	T,U
昭和基地	Syowa	89532	69° 00' S	39° 35' E	20.7m	T,U,S,UV

T:オゾン全量観測、U:反転観測、S:オゾンゾンデ観測、UV:波長別紫外域日射観測

1 - 2 衛星によるオゾン観測データ

衛星による観測データとしては、主として、以下の衛星のオゾン全量マッピング分光計 (TOMS ; Total Ozone Mapping Spectrometer) のデータを使用した。

ニンバス-7衛星データ : 米国航空宇宙局 (NASA ; National Aeronautics and Space Administration) 1978年11月～1993年4月。

メテオール-3衛星データ : ロシア、1993年5月～1994年11月。

アースプローブ衛星データ : NASA、1996年7月～。

なおニンバス-7衛星、メテオール-3衛星のデータについては、アースプローブ衛星における最新の処理方法 (ver.7) で計算されたものを利用した。

また、メテオール-3衛星以後アースプローブ衛星による観測が始まるまでの一部の期間については、以下のデータを使用した。

ノア衛星データ : 米国海洋大気庁 (NOAA ; National Oceanic and Atmospheric Administration) のタイロス実用型鉛直サウンダ (TOVS ; TIROS Operational Vertical Sounder) の高分解能赤外放射計による全球のオゾン全量データ及び太陽光後方散乱紫外線計 (SBUV/2 ; Solar Backscatter UltraViolet) による全球のオゾン全量データ。

表 1 - 2 - 1 : 解析に用いた衛星データ

衛星名	ニンバス-7	メテオール-3	アースプローブ	ノア	ノア
観測装置名	TOMS	TOMS	TOMS	TOVS	SBUV/2
期間	1978.11-1993.4	1993.5-1994.11	1996.7-	1995	1995

現在使用しているアースプローブ衛星に搭載されているTOMSの精度を確認するために、図1-2-1に、衛星による観測値の、地上観測値に対する差 (比偏差 : 百分率) を、2002年7月～2003年6月の期間について示す。これによれば、北半球低緯度で比偏差がやや大きいほかは、緯度による比偏差の違いは見られない。

衛星データの長期的な変化を見るために、図1-2-2に1978年11月～2003年12月の期間について、各衛星に搭載されているTOMSによる観測値 (月平均値) と、北緯30度から北緯60度の領域にある地上の観測所の観測値との比較結果を示す。これによれば、2000年まではTOMSのデータの地上観測値に対する比偏差は、全体的には正偏差を示しており、その偏差は最大でも3%程度である。また、各衛星のTOMSデータ間の違いは比較的小さい。2001年以降のアースプローブ衛星のTOMSは比偏差のばらつきが大きいとともに概ね比偏差は負となっている。本報告では地上観測値との差及び衛星間の差について補正を加えていないデー

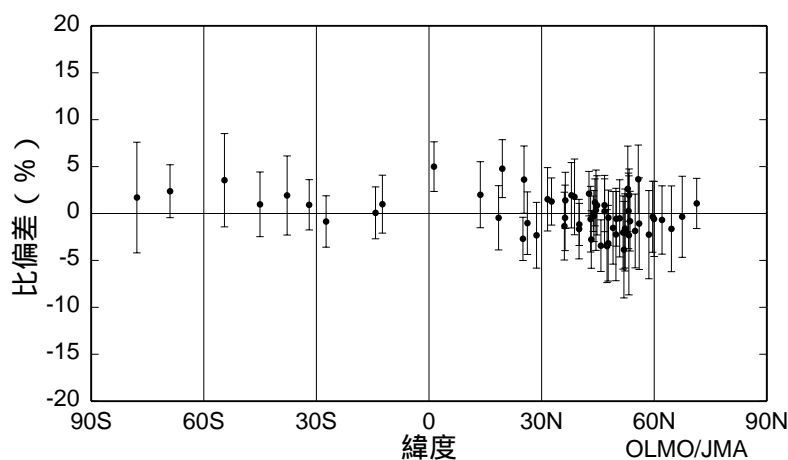


図 1 - 2 - 1 : アースプローブ / TOMS のデータと地上からの観測データの比較

アースプローブ衛星に搭載のTOMSによる観測値 (日別観測値) の地上からの観測値に対する比偏差。TOMSデータから地上観測地点での値を求め、比較した。データ期間は2002年7月～2003年6月。縦線はその標準偏差。

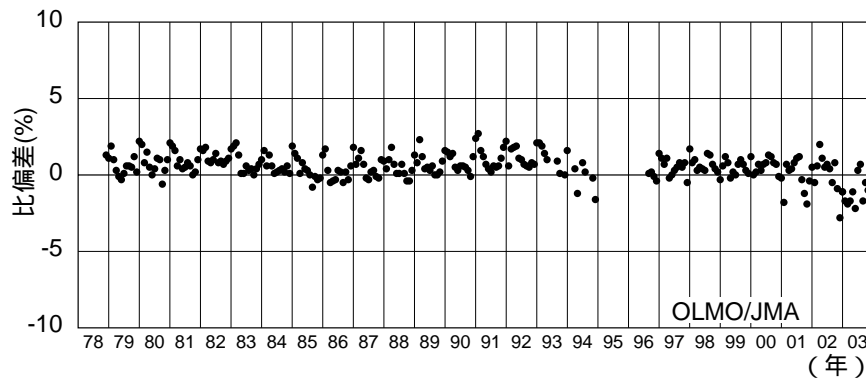


図1 - 2 - 2 : TOMS データと地上からの観測データの比較

北緯30度から北緯60度の領域内について、TOMSによる観測値(月平均値)の地上からの観測値に対する比偏差の推移。TOMS データから地上観測地点での値を求め、比較した。データ期間は1978年11月～2003年12月。あたりの地点数は約20～50地点。

タを使用し、2001年以降のアースプローブ衛星のTOMSデータの検証が十分でないため、TOMSデータを用いたトレンドについては2000年までのデータを使って評価した「オゾン層観測報告：2000」(気象庁、2001)の結果を使用した。

1 - 3 紫外域日射の観測データ

紫外域日射は波長により、A領域(UV-A;波長315～400nm(nm:ナノメートル=10億分の1メートル))、B領域(UV-B;波長280～315nm)、C領域(UV-C;波長100～280nm)に分類される。このうち、UV-Bは成層圏オゾンにより一部吸収され、残りが地表に到達するが、UV-Cは、大気中の酸素やオゾンにすべて吸収され地上に到達しない。気象庁ではオゾン層と密接な関連があり、生物に有害なUV-Bの地上到達量の状況を把握するために、1990年1月1日よりつくばで、また1991年1月1日より札幌、鹿児島、那覇でプリューワー分光光度計を用いた波長別紫外域日射観測を実施している(鹿児島の観測場所は1994年2月に移転した)。また、気象庁は南極昭和基地でも同様の観測を1991年2月1日から国立極地研究所(文部科学省)と協同で実施している。なお、本報告では波長290～315nmの範囲の紫外域日射を波長積分した量を「UV-B量」、その日積算値を「UV-B日積算値」、毎時値の日最大を「UV-B日最大値」とする。

つくばと昭和基地では広帯域紫外域日射計によるUV-B量も同時に測定している。

1 - 4 参照値

オゾンは、オゾン層破壊物質の影響により低緯度を除いて長期的な減少を示している。このため、他の気象要素における「平年値」と区別し、オゾンの変動を表すための基準として、「参照値」を定義する。この観測報告における参照値は、以下のように定義する。

1) **オゾン全量**：1971(那覇は観測開始の1974)～2000年の月別平均値。ただし南極昭和基地については、オゾンホールが明瞭に現れる以前の月別平均値(1961～1980年)を参照値とする。南鳥島については、1994～2002年の月別平均値とする。

2) **オゾン分圧**：1971(那覇は観測開始の1989)～2000年の月別平均値。

3) **TOMSによるオゾン全量**：ニンバス-7衛星により得られた1979～1992年の月別平均値。

4) **紫外域日射**：1991(つくばは1990)～2002年の月別平均値。

また、参照値との比較を行う際には、標準偏差以内のときを「並」、それより大きいときを「多い」、それより小さいときを「少ない」とした。

なお2003年のデータには一部暫定値が含まれるため、細部については今後若干変更される可能性があるが、結論が大きく変わることはない。

(解 説)

ドブソンオゾン分光光度計 (ドブソン計): 地上で太陽光の強度を測定することにより、大気中に含まれるオゾン全量を観測する測器。地表に到達する太陽光をプリズムで分光し、オゾンによって吸収の割合の大きく異なるいくつかの波長の強度比を測定することによりオゾン全量を求める。英国人のドブソン氏によって1920年代に開発された測器で、非常に精度良くオゾン全量を観測することができ、世界的な標準となっている。

オゾン全量: 地表から大気圏上限までの気柱に含まれるすべてのオゾンを1気圧、0として地表に集めた時にできるオゾンだけからなる層の厚みをセンチメートル単位で測り、この数値を1000倍したものをm atm-cm (ミリアトムセンチメートル) またはDU (Dobson Unit; ドブソン単位) の単位で表す (300m atm-cm は3mmの厚さに相当する)。1m atm-cm 中に含まれる分子数は、単位面積 (1m²) あたり、 2.687×10^{20} 個となる。

オゾンゾンデ観測: 測器を吊り下げた気球を飛揚し、空気を直接採取して、オゾンの化学反応 (ヨウ化カリウム溶液に対する反応) を利用することにより、地上約35kmまでのオゾン量を直接観測するもの。オゾンの高度分布の詳細な観測が可能である。

オゾン分圧: ある高さにおける大気の大気圧すなわち気圧は、大気を構成する窒素、酸素、アルゴン等それぞれの気体成分の圧力すなわち分圧の総和であり、その中でオゾンが占める圧力をオゾン分圧という。単位はmPa (ミリパスカル)、 $1\text{mPa} = 10^{-5}\text{hPa}$ 。

反転観測: 晴天時に日の出もしくは日の入りの前後で天頂光の分光観測を行って得た適当な2つの波長の光の強度比は太陽高度角が小さくなるとともに連続的に増加するが、途中から減少し始める。この強度比の変化の様子を「反転」と呼び、反転現象を観測することを反転観測と呼んでいる。反転観測によって得られたデータを使えば、大気をいくつかの層に分け、それぞれの層別のオゾン量を求めることが可能である。

ブリューワー分光光度計: ブリューワー分光光度計は紫外域日射を回折格子により分光し、その強度を光電子増倍管で計測する分光光度計である。気象庁はブリューワー分光光度計を用い、290~325nmの波長範囲について、0.5nm毎の波長別の紫外域日射量を日の出から日没の間の毎時測定している。なお、南鳥島ではオゾン全量の観測に使用している。

紫外域日射の単位: 波長別紫外域日射の観測値はワット・毎平方メートル・毎ナノメートル ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm})$) の単位で表示される。この単位を用いて、地表の水平面の面積1平方メートルあたりに注ぐ紫外域日射のエネルギーが、波長幅1nmあたりで1秒間に何ジュールあるか ($1\text{ワット} = 1\text{ジュール} \cdot \text{毎秒}$) を表現する。これから波長積分を行い、さらに1日分合計することにより日積算値が得られる。日積算値は、1平方メートルあたりのエネルギー (単位は J/m^2 ; ジュール・毎平方メートル) で表示される。