

オゾン観測資料の利用について*

高尾俊則**

1. はじめに

Molina and Rowland (1974) によって提起された、人工起源のクロロフルオロメタン類がオゾン層を破壊するという懸念は、南極オゾンホール発見と、その理論的解明に向けた研究報告によって、大きな社会的関心事となってきた(オゾンホールについては小川・柴崎(1987)に解説がある)。

1988年9月には「オゾン層の保護のためのウィーン条約」(締約国; 1989. 8. 31現在49カ国と1地域)が、また1989年1月には「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」(締約国; 1989. 8. 31現在44カ国と1地域)が発効し、オゾン層保護のために国際的な努力が払われている。国内においても1988年5月20日に「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」が公布、施行された。しかし観測データの蓄積と、その解析が進むにつれ、オゾン破壊が予想以上に進行しているとの認識が強まり(NASA/WMO, 1988, UNEP/WMO, 1989), 1989年5月のモントリオール議定書締約国会議では、「2000年までのフロン全廃」を盛り込んだヘルシンキ宣言が採択された。次回締約国会議(1990年6月予定)では一層の規制強化に向けた議定書の改定が予定されている(通商産業省, 1990)。

オゾン層の定常観測は、国際地球観測年(IGY, 1957~1958)を契機として世界的に開始された。現在では様々な測器によって、色々な地点の、色々な高度のオゾンが観測されている(下道, 1990)。しかし、観測網はいまだ発展段階であり、データを額面通り受け取ることが危険である場合も多い。ここでは、オゾン層関連の研究のますますの進展を期して、定常観測によって得られ、公開されているオゾンデータの概要と、その利用上の注意点について解説を行いたい。

2. オゾン観測網と得られる資料

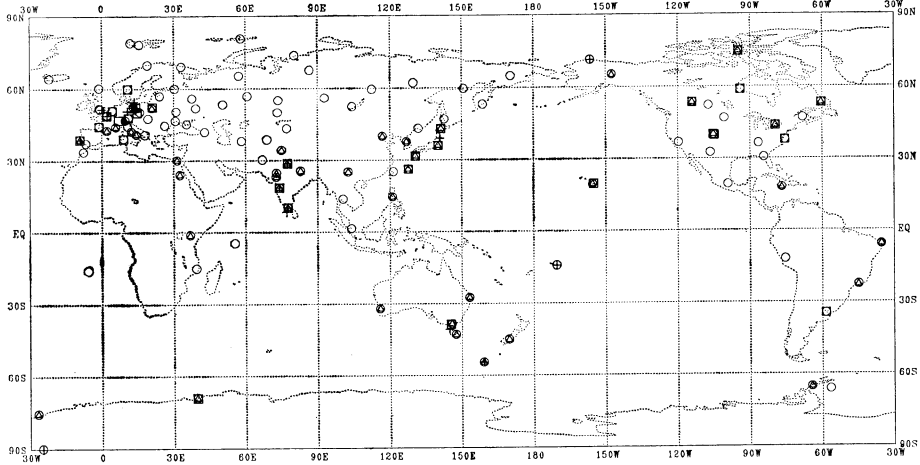
WMOは第13回執行委員会(1961)において、オゾンに関するデータの収集および品質管理体制の整備を行うため、世界オゾンデータセンター(WODC: World Ozone Data Centre)の設立を加盟国に要請した。これにCanadian Meteorological Service(現: Atmospheric Environment Service)が合意し、1962年から大気オゾンに関するデータを取り扱うセンター業務を開始した。またWMOはオゾン層保護の観点から、1976年の第28回執行委員会において、全球オゾン研究と監視計画(Global Ozone Research and Monitoring Project)をスタートさせ、1981年には、第33回執行委員会において全球オゾン観測組織(GO₃OS: Global Ozone Observing System)を発足させた。

GO₃OS計画のもとで、WMO加盟国が行っている約120の観測所(第1図)で得られたデータはWODCに集められ、品質管理、編集が行われる。また反転観測データについてはWODCにおける統一した手法で、層別オゾン鉛直分布へ変換される。これらのデータは「Ozone Data for the World」として2カ月に一度出版され、各国に送付される他、磁気媒体によって提供され、広く利用されている。

地上オゾン量の観測はWMOの大気バックグラウンド汚染観測網(BAPMoN: Background Air Pollution Monitoring Network)にも位置付けられている。BAPMoNは1969年のWMO第21回執行委員会においてその設立が決議され、1970年7月11カ国15観測所で発足した。その後大気汚染あるいは地球温暖化に対する監視網としての重要性が認められるにしたがって強化、発展が図られた。データセンターの設立は、WMOが1971年第23回執行委員会において加盟国に要請したのを受け、米国海洋大気庁(NOAA)の国立気候データセンター(NCDC: National Climatic Data Center)と米国環境保護庁(EPA: Environmental Protection Agency)が

* Or the ozone obscuration data.

** Toshinori Takao, 気象庁観測部高層課オゾン層解析室。



第1図 GO₃OSにおけるオゾン観測地点(1988年)

○：全量観測(120地点)，△：反転観測(44地点)，□：ゾンデ観測(32地点)，+：地上観測(23地点) 那覇のゾンデ観測は1989年9月，綾里の地上観測は1990年1月に開始

それぞれ降水化学成分と大気混濁度に関するデータのセンター業務を同年から開始した。

国際学術連合会議(ICSU: International Council of Scientific Unions)の世界データセンターA(WDC-A ROCKETS and SATELLITES; 米国NASAのNational Space Science Data Centerが運営)は科学的研究や、教育目的のために、衛星によるオゾン、気温、エアロゾル、太陽放射、NO₂、メタン等の観測データを提供している。媒体も磁気テープやフィルム、ビデオテープ等様々で、例えばTOMS格子点値はパソコン通信によって、観測から約1カ月遅れで入手可能である。

同じ米国のNOAAにおいてはGMCC(Geophysical Monitoring for Climate Change)計画が1971年に設立され、現在も観測、研究を継続している。ここではバロー、マウナロア、サモア、南極点における微量気体、エアロゾル、太陽放射の観測値、および世界の26地点におけるCO₂、CH₄のフラスコサンプリング観測値が磁気テープで入手可能である。

また、GASP(Global Atmospheric Sampling Program)計画によって商業用航空機およびNASAの研究用航空機で観測されたオゾン他のデータがNOAAから一般に提供されている。

3. 観測精度

人工起源物質によるオゾン層の破壊が懸念されると

き、10年間で数%といわれるオゾン層破壊を観測値から確認するためには、観測精度に対する細心の注意が必要となる。ここではオゾン定常観測に用いられる測器について、観測精度の概略を解説する。なおWMO(1980, 1982)による詳細な解説があるので参照されたい。

3.1 オゾン分光光度計による全量観測

オゾン分光光度計は、太陽紫外線のうちオゾンにより強く吸収を受ける波長の光と、比較的吸収が少ない光との強度比からオゾン量を観測する測器である。地上において観測する3種の分光光度計について述べる。

3.1.1 ドブソンオゾン分光光度計

ドブソンオゾン分光光度計(以下ドブソン)は、IGY以来30年以上観測を継続しているオゾン観測網の主要測器であり、そのデータはオゾンゾンデや、衛星観測結果を補正するためにも用いられる。第1表に使用する波長組を示す。観測については気象庁(1980)、鈴木(1983)に詳しく説明されている。分光にはプリズムを使用する。

WMO 全球オゾン研究と監視計画の一環として、第1回目のドブソン国際比較観測が、1977年7~8月に米国コロラド州ボールダーにおいて行われた。同年、米国のドブソン No. 83 は、オゾン全量観測の世界標準としてWMOにより指定され、この比較に参加したオーストラリア、カナダ、エジプト、東ドイツ、インド、イギリス、ソ連、日本の各測器は、世界のそれぞれの地区の

第1表 ドブソンオゾン分光光度計で観測する波長とオゾン吸収係数および空気分子の散乱係数
(オゾン観測指針, 気象庁(1980)による)

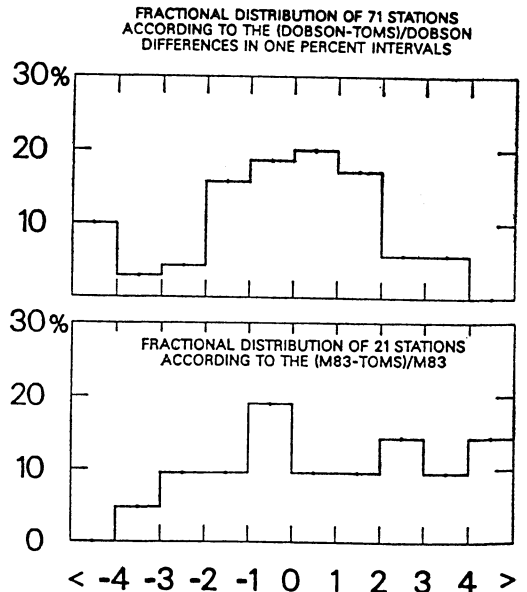
波長組	スリット	平均波長 (Å)	オゾンの吸収係数			空気分子の散乱係数			$\frac{\beta - \beta'}{\alpha - \alpha'}$
			α	α'	$(\alpha - \alpha')$	β	β'	$(\beta - \beta')$	
A	S ₂	3055	1.882		1.748	0.491		0.116	0.066
	S ₃	3254		0.120		0.375			
B	S ₂	3088	1.287		1.140	0.470		0.113	0.099
	S ₃	3291		0.064		0.357			
C	S ₂	3114.5	0.912		0.800	0.453		0.110	0.138
	S ₃	3324		0.047		0.343			
D	S ₂	3176	0.391		0.360	0.416		0.104	0.289
	S ₃	3398		0.017		0.312			
C'	S ₃	3324	0.047		0.047	0.343		-	
	S ₄	4536		0.000		-			

観測測器を校正するために、同年、地区準器として指定された。WMOの「全ての地区準器を世界準器によって校正する」方針に従って、高層気象台(つくば)にある日本の地区準器 No. 116 も以後メルボルン(5カ国; 1984年)、ハワイ(2カ国; 1989年)における国際比較に参加し、精度を維持している。

ドブソンによる観測値に誤差を生じさせる要因は、不適切な大気外常数、測器内部の迷光、光学系の調整不良など、各測器の整備状況に負うところが大きい。測器間の器差を点検するため、transfer standardとして、巡回標準ランプ(Travelling Standard Lamp)を用いた国際比較が1981~1982年と1985年に実施された。

一方、オゾン衛星を transfer standard として利用した研究も多く行われている。現在のオゾン衛星による観測データ自体には経年変化があって、補正の必要なのが知られているが、ドブソン対衛星、衛星対別のドブソンという比較を繰り返すことにより、ドブソン間の比較を行う方法である。

Bojkov *et al.* (1988) は、1978~1985年の TOMS データをドブソンによって補正した後に、92の地上観測地点のデータの点検を行っている。第2図は各地点における観測値の、TOMSとの偏差(%)を示している。ドブソン観測所の約3分の2が2%以内の一致を示すが(上図)、M-83(Universal Ozone-Meter)観測所でこの良好な範囲に入るのは、その約半数である(下図)。さらに偏差の大きい地点について原因を調査し、測器の μ



第2図 (上図) 71ドブソン観測地点における観測値の TOMS との偏差(%)の分布。
(下図) 21M83 観測地点における偏差の分布(Bojkov *et al.*, 1988による)。

(オゾン層を通過する太陽光線の相対的路程)依存性、測器校正前後の観測結果の不連続、天頂光観測値の異常が認められる例をそれぞれ示している。

WMO は第40回執行委員会(1988)において、オゾ

ン観測を実施している各国に対して、“現在および過去の較正データを用いて、オゾン観測値を再度評価すること”を要請している。1989年の段階では、オーストラリア、東ドイツ、西ドイツ、ニュージーランド、イギリス、アメリカ、日本の7カ国がこれに応じて、再評価の努力を行っている。

日本ではこれまで測器定数を決定するために統計的手法（自己検定法）を用いてきたが、1989年に準器との比較較正法によって過去データの見直しを行った（梶原他、1989；気象庁、1989）。これは自己検定法の前提となる「南中時のオゾン全量が系統的に最大または最小となるような日変化は存在しない」という仮定が日本では成り立たない可能性があること（大越、1968；梶原他、1987、1988）、および世界準器をもとにした較正体制が整ってきたことによる。1989年5月以降気象庁が公表しているデータはこの見直し後の値であり、今後は各国からもWODCへ補正値が報告されると思われる。なお1987年以前の出版物「Aerological Data of Japan-Special Volume」を利用する場合は、補正を行うことが必要となるので注意されたい。

3.1.2 ブリュウワオゾン分光光度計

ブリュウワオゾン分光光度計（以後ブリュウワ）はドブソンの後継器としてカナダ・トロント大学のA.W. Brewerによって開発され、1982年に製品化された。分光用に回折格子を用いることと、光子計数方式によって直接光強度を測定する点、および高度に自動化されている点がドブソンと異なる。

ブリュウワは、ドブソンとは別の波長を用いてSO₂の成分を差し引いているため、従来のドブソンによる観測値より若干少ない値を示す。また、ドブソンがVigrouxの吸収係数を用いるのに対し、ブリュウワはBass and Paurを用いるため、ドブソンより3～4%小さい値を示す。これは、ブリュウワがドブソンとは別の測器であることを示すものであり、精度に関しても、十分な点検がなされていれば、ドブソンと同等であると思われる（林・赤木、1988；高層気象台、1989）。

1986年になって西ドイツのホーエンパイゼンベルクのブリュウワによるオゾン全量観測値が「Ozone Data for the World」に掲載されるようになった。この報告は「simulated Dobson units」、つまりドブソン観測との連続性を考慮して、ドブソンと一致するようオゾン吸収係数を選んで計算されたものである。他にイタリア、フィンランド等からも報告が入り始めたが、これらもこの一

般的な「simulation」を行ったデータであろう。

Kerr *et al.* (1988) はカナダのトロントにおける1983～1987年までの比較結果をまとめている。その結果、トロントのブリュウワ NO. 8 をドブソン No. 77 と同じ観測値へ「simulate」するための関数を作成している。この関数を支配する最も大きな因子はオゾン吸収係数の相違によるバイアスで、オゾン全量の3.8%である。そのほかに年変化、 μ 依存性、SO₂の効果が考慮されている。1988年11～12月版の「Ozone Data for the World」へトロントから報告されているTOTAL OZONEデータは、この特別な関数によって変換した値である。またこの版からは、「Independent Brewer Total Ozone Data」として、変換前のブリュウワデータが、従来とは異なるフォーマットで別途掲載されている。

ブリュウワは将来ドブソンにかわってGO₃OSの主要測器になるべく改良が行われている。今後さらにドブソンとの比較観測によってデータの連続性を確保すること、測器の安定性を向上させること、修理を含めた精度維持のための体制を確立することが必要であろう。

3.1.3 ユニバーサルオゾンメーター

ソ連で使用されている測器でM-83とも呼ばれる。フィルターによる分光方式で、ドブソンの項で述べたとおり、精度にやや難がある。ハンガリー、ポーランド、モザンビークでも過去に使用されたが、現在は使用されていない。ソ連ではM-83の改良型であるM-124を現在観測網に展開しているようである。

3.2 反転観測

ドブソンを用い、反転効果を利用して、オゾン鉛直分布を観測するものである。500～0.98 mbまでの大気を約5 kmごとの9層に分割し、各層の平均オゾン分圧を計算する。地上から500 mbまでの分圧は第1層（500～250 mb）と同じ値とし、0.98 mbより上では第9層（1.96～0.98 mb）の0.54倍と仮定する。統一した手法で計算する必要があることから、世界の反転観測データはすべてWODCで鉛直分布に計算される（下道、1990）。

世界で反転観測を継続している観測点は少なく、データの量と質ではスイスのアローサとつくば（館野）が有名である。しかし反転観測は全量観測のように大気中のエアロゾルによる散乱を考慮していないため、誤差を生じる可能性がある。「Ozone Data for the World (Vol. 23 No. 4以降)」には、1982年3月のエルチション火山噴火以降、つくばにおける反転観測値のうち7～9層

(7.8~0.98 mb) ではオゾン量が少なく、1~2層(500~125 mb) では逆にオゾン量が多いことが Warning として述べられている。下道(1990)は、観測誤差が計算結果に与える影響の度合は、対流圏・成層圏下部が最も大きく、成層圏上部がそれにつづくことを示した。一方、オゾン量の最大層付近は、あまり影響を受けない。

ライダーによるエーロゾル観測値を用いてこの誤差を補正する試みもある(Uchino *et al.*, 1988)。WODCではこの観点からライダーによるエーロゾル観測値を収集しており、1985~1988年現在までボールダー(アメリカ)、ハンプトン(アメリカ)、オートプロバンス(フランス)、マウナロア(アメリカ)、パース(オーストラリア)、つくば(気象研究所)から報告がある。

しかしエーロゾルも、南極オゾンホールの原因とされる極成層圏雲(PSC)と同様に、不均一系反応によってオゾン層を破壊する可能性があることが指摘されている(Hofmann and Solomon, 1989)。これは火山噴火によって特に強められるとされ、観測に及ぼす誤差の原因と併せて、今後の研究が注目される。

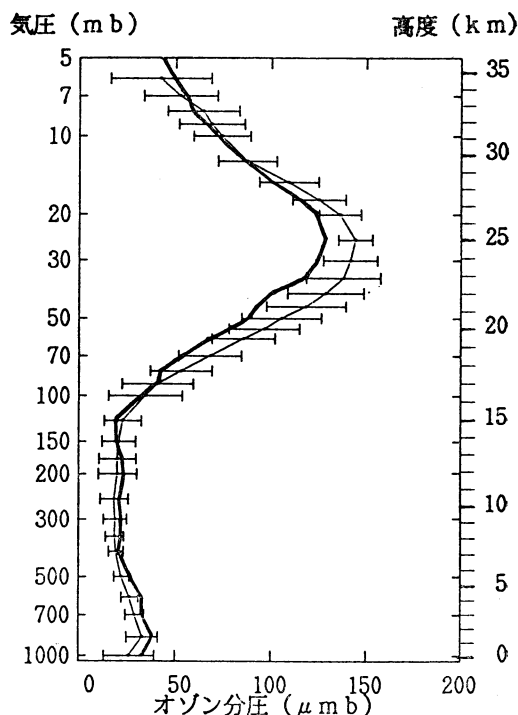
反転観測は通常C波長組を用い、太陽天頂角が約60~90°にかけて天頂光を観測するものである。しかし太陽天頂角が80~89°にかけてA, C, Dの3波長組によって観測する短縮法によれば、極域においてより多くのデータが得られる。このため昭和基地においては1987年から短縮法による反転観測を継続しているが、残念ながら鉛直分布の計算がなされていない。現在、WODCでは計算アルゴリズムの再検討を行っているところである。

ブリューワによる反転観測の処理アルゴリズムと共に、短縮法による観測結果処理方法の確立が強く望まれる。

3.3 オゾンゾンデ観測

測器を気球やロケットに乗せて飛揚し、直接オゾン層を観測すれば、反転観測よりも詳細な鉛直分布が得られる(第3図)。ここではGO₃OSにおいて定期的に行われている気球によるオゾンゾンデ観測について述べる。

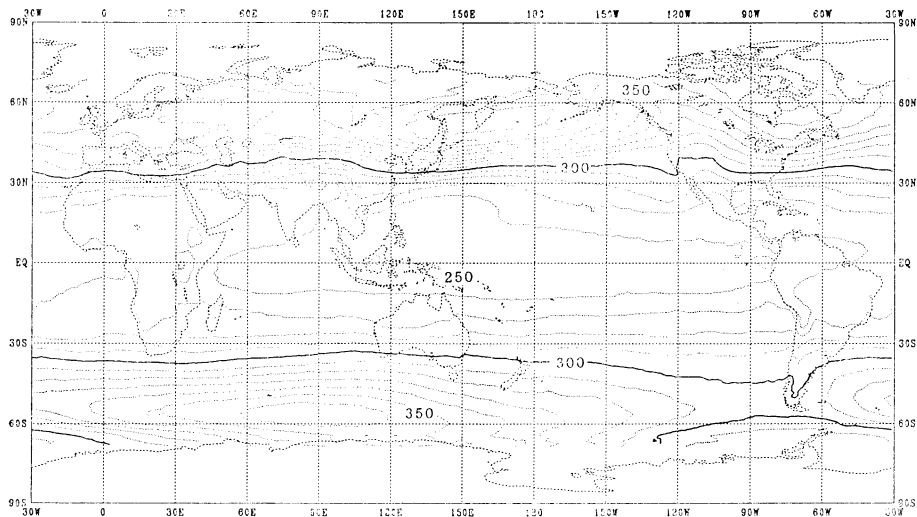
オゾンゾンデの方式には、光学的方法、電気化学的方法(wet chemical)および化学蛍光法(dry chemical または chemiluminescence)がある。現在世界ではECC(Electrochemical Concentration Cell)、Brewer/Mast、Brewer/GDR、KC-79等のゾンデが主として使用されているが、これらは全て電気化学的方法により、オゾン層を直接測定するものである。いずれも空気をポンプで吸引し、反応管内でヨウ化カリウム溶液と空気中に含まれ



第3図 つくばにおけるオゾンゾンデ観測結果
太実線は1989年11月の月平均値。細実線は11月平均値(観測開始から1980年までの平均値)と標準偏差。
(気象庁：オゾン層観測速報，1989.12.20による)

るオゾンを反応させ、反応管内に設けた電極間にオゾン量に応じた電流が流れることを利用する。測器の詳細はECC(Komhyr, 1986)、Brewer/Mast(Claude *et al.*, 1987)、KC-79(Kobayashi and Toyama, 1966; 鈴木・大野, 1969; 廣田・村松, 1986)を参照されたい。

WMOとTOC/IAMAPの援助の下、第1回オゾンゾンデ国際相互比較が1970年1月19日~2月5日にかけて西ドイツのホーエンパイゼンベルク気象台で開催され、西ドイツ(Brewer/Mast)、アメリカ(ECC)、インド(Brewer/India)、イタリア(Brewer/Italy)、東ドイツ(Brewer/GDR)、日本(KC-68)の6カ国が参加した。当時ルーチン的に使用されていた西ドイツ、アメリカ、イタリア、日本のゾンデは、ドブソン比(ドブソンによるオゾン全量観測値に合わせるための補正係数)を乗ずると、相互間の系統的な差は小さくなるが、実験段階にあった他のゾンデはやや不安定であった(観測部高層課, 1972)。



第4図 世界のオゾン全量年平均値分布 (1988年, 単位: m atm-cm)

NIMBUS-7/TOMS (NASA) のデータに気象庁がドブソン分光光度計による補正を加えて作成

第2回の比較は1978年4月5～20日に同気象台で行われ、西ドイツ、アメリカ、東ドイツ、日本が参加した。報告書 (Attmannspacher and Dutsch; 1981) は、測器そのものの特質のみでなく観測者による飛揚前準備の正確さが、オゾンゾンデ観測の精度に強く影響を与えることを強調している。

オゾンゾンデ観測に誤差を与える要因として、オゾンがない場合にも流れる暗電流 (background current) の存在や、低圧でのポンプ吸引効率の低下等が挙げられる。これらの振舞いは調査され、ルーチンのオゾンゾンデ観測データの補正に経験式として用いられている。しかし暗電流の原因については厳密に理解されているわけではなく、ポンプや気圧計についてもなお改良の努力がなされている。

現状においてはドブソンとの比較が不可欠であり、ドブソン観測値が得られていないデータや、ドブソン比が1.0から大きくずれているデータ、到達高度が低いために (約 30 mb 以下) 有意な全量の計算ができないデータ等を利用する場合には注意が必要である。また、10 mb より上空になると、ポンプ吸引効率の低下のため、現状では信頼性がやや低くなる。

3.4 地上オゾン観測

対流圏オゾンの観測には、オゾンゾンデの他に、地上に設置したオゾン濃度計が用いられる。対流圏オゾン代表するよう注意深く観測所を選定すれば、時間的に連

続したデータが得られる利点がある。

測器にはオゾンゾンデと同様、wet chemical, dry chemical および光学的方法があり、いずれも GO_3OS において観測に用いられている。ただし光学的方法はオゾンゾンデのように太陽紫外線を測定するのではなく、人工的な紫外線の、オゾンによる減衰を測定するものである。

3.5 衛星オゾン観測

衛星によるオゾン観測測器には、例えば太陽光の後方散乱波を利用する TOMS, SBUV, BUUV や大気周縁の赤外線を利用する LRIR, LIMS, SME および大気周縁を通過する太陽放射の減衰を測定する SAGE がある。

衛星のデータは広い地域をカバーする利点があるが、ニムバス7号に搭載された TOMS は、1978年10月以降現在まで、10年以上観測を継続しており、オゾントレンドの解析にも有効なデータとなりつつある (SBUV は1987年に停止した)。第4図に TOMS による全球オゾンの観測例を示す。

SBUV は衛星の直下点しか観測しないため、観測の空白域が残るが、全量とともに大まかな鉛直分布が得られる。TOMS は全量のみを観測であるが、軌道と直角にスキャンしつつ飛ぶので、全球を180(緯度方向)×288(経度方向)に分けた密な格子点値が得られ、南極オゾンホール発見にも威力を発揮した (Stolarski *et al*, 1986)。

第2表 オゾン全量観測資料のフォーマット

フォーマット

1411288	0200323	0200310	0309322	0309305	0200291	0200315	0200294	0300294	
1日目		2日目		3日目		4日目		5日目	

オゾン全量 (n atn-cm)
 観測の方法 0=直射太陽光、1=直射月光、2=晴天天頂光、3~7=曇天天頂光、8・9=その他
 観測に使用した波長組 0=A、D、1=B、D、2=C、D、3=C、C' 通常の方法による
 4=A、D、5=B、D、6=C、D、7=C 焦点像法による
 観測時刻(グリニッジ時) または観測回数 8、9 その他
 西暦年号の下2桁
 月
 行番号(1の時、1~8日のデータ行。2の時、9~16日のデータ行。...4の時、25~31日と月平均値のデータ行。5の時、注釈行。)
 オゾン観測地点番号

例	1	2	3	4	5	6	7	8	
.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0
1411288	0200323	0200310	0309322	0309305	0200291	0200315	0200294	0300294	
1421288	0305288	0500284	0300275	0300276	0304288	0200278	0000295	0300324	
1431288	0300351	0300348	0500305	0500308	0309323	0300341	0300302	0300292	
1441288	0300323	0300332	0100337	0300324	0200301	0300300	0300302	307	
1451288	S=9-0DS. ON SUN THROUGH THIN CLOUD, P06 OR HAZE.								

第3表 オゾン反転観測資料のフォーマット

フォーマット

1251288	3233112	22.	47.	87.	133.	128.	85.	41.	17.8	6.6	326.1	325.0	14	0.27	
第1層		第2層		第3層		第4層		第5層		第6層		第7層		第8層	
500-250		250-125		125-62.5		62.5-31.2		31.2-15.6		15.6-7.8		7.8-3.9		3.9-1.96	
nb		nb		nb		nb		nb		nb		nb		nb	

オゾン分圧 (μmb)
 観測時の最小天頂角 10=70°、11=65°、12=60°
 " 大 " 1=90°、2=89°
 オゾン鉛直分布を算出するのに要した計算の繰り返し数(1~9、ただし10回以上の場合は*)
 観測に使用した波長組 1=A、2=B、3=C、4=D
 1=午前、2=午後、0=不明
 西暦年号の下2桁
 月
 グリニッジ時による日
 分布の型 1=オゾン全量値が中程度の場合、2=オゾン全量値が小さい場合、3=オゾン全量値が大きい場合

例	1	2	3	4	5	6	7	8						
.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....05.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0.....5.....0					
1251288	3233112	22.	47.	87.	133.	128.	85.	41.	17.8	6.6	326.1	325.0	14	0.27
1261288	33112	24.	74.	95.	131.	122.	82.	41.	17.2	6.0	340.6	339.0	14	0.52
1261288	33112	17.	59.	95.	136.	128.	85.	43.	18.1	6.6	333.7	332.0	14	0.52
1271288	33110	37.	73.	83.	121.	118.	81.	39.	15.8	5.4	337.7	337.0	14	0.54
1281288	33112	34.	62.	80.	121.	118.	81.	39.	16.3	5.8	327.7	327.0	14	0.53
2291288	132112	23.	33.	64.	116.	134.	84.	37.	17.5	6.3	298.8	299.0	14	0.55
2301288	132112	14.	41.	77.	121.	133.	83.	39.	18.3	6.8	302.4	301.0	14	0.34

SBUV/TOMS の観測精度については Fleig *et al.*, (1984, 1986A, 1986B, 1988) 等によって調査されている。SBUV/TOMS の共通部分である diffuser plate に劣化が生じ、オゾン全量計算値が1年にコンマ数パーセントずつ見かけ上減少傾向にある。次期打ち上げ予定の TOMS の diffuser plate は改良が加えられる予定であるが、現在の衛星データを利用する場合にはドブソンやオゾンゾンデを ground truth とした補正が必要である。

3.6 その他

ロケットゾンデやオゾンライダーによるオゾン観測も

研究的に行われている。これらはオゾンゾンデの到達高度よりも高い高度における詳細なオゾン鉛直分布が測定可能である。現在は GO₃OS に組み込まれていないが、近い将来、これらのデータも WODC によってまとめられ、出版されることが望まれる。

また、これらの測器は、太陽光を用いるものではないので、夜間(特に極夜)における観測に有効である。昭和基地では月光を用いて、ドブソンによる全量観測を行っているが、その他にも、これらの測器や、オゾンゾンデの改良、衛星搭載用オゾンライダーの開発を行うことが、極夜での観測に必要なである。

第4表 オゾンゾンデ観測資料のフォーマット

フォーマット

第1行
14 1111187 6 00286257161.092

注 釈

- 補正係数 (ドブソン比)
- 測器の型
- 光学式オゾンゾンデの場合は、ゾンデが到達した高さより上のオゾン量 (a ata-cm)
- 化学式オゾンゾンデの場合は、ゾンデが到達した高さより下のオゾン量 (a ata-cm)
- オゾン全量観測によるオゾン全量 (a ata-cm)
- 観測の方法 (第2表と同じ)
- 観測に使用した波長組 (第2表と同じ)
- 放球時刻 (グリニッジ時)
- 西暦年号の下2桁
- 月
- グリニッジ時による日
- 行番号
- 地点番号

第2行以降
14 2111187 6 1023 59 19 1000 59 17 700 33 1 500 23-15

第1行と同じ

- 左と同様
- 風速 (m/s)
- 風向 (deg)
- 気温 (°C)。または気温 (0.1°C)。ただしこの場合末尾が偶数の時は正、奇数の時は負の値。
- オゾン分圧 (μmb)
- 大気圧 (mb)

例

	1	2	3	4	5	6	7	8
14 1111187 6	00286257161.092							
14 2111187 6	1023 59 19	1000 59 17	700 33 1	500 23-15				
14 3111187 6	300 15-45	200 23-58	150 25-61	100 51-62				
14 4111187 6	70.0 68-63	50.0123-61	30.0131-55	20.0115-51				
14 5111187 6	10.0 66-40	7.0 46-41	240 12-57	67.8 68-64				
14 6111187 6	910 44 10	596 26 -5	226 13-57	213 23-57				
14 7111187 6	142 26-62	90.4 54-62	80.6 93-60	71.8 68-63				
14 8111187 6	57.0 94-64	50.8124-61	40.0115-57	25.0140-52				
14 9111187 6	22.0116-51	16.9108-50	11.3 70-43	5.3 37-40				

第5表 オゾン観測地点資料のフォーマット

フォーマット

14 2 47646 36.03 140.08 31 JAPAN TATENO

緯度 (度,分) 経度 (度,分) 高度 (m) 国名 地点名

国際地点番号 (WMO番号)

地域 1=アフリカ, 2=アジア, 3=南アメリカ, 4=北・中央アメリカ, 5=南西太平洋, 6=ヨーロッパ, 7=南極

地点番号

例

	1	2	3	4	5	6	7	8
125 1 60571	31.38	-2.15	806	ALGERIA	COLOMB-BECHAR			
2 1 60680	22.48	5.31	1395	ALGERIA	TAMANRASSET			
61 1 64076	1.30	30.15	1239	CONGO	BUNIA RUAMPARA			
1 1	-4.18	15.33	450	CONGO	LEOPOLDVILLE			
168 1 61996	-37.50	77.34	27	FRANCE	ILE NOUVELLE AMSTERDAM			
62 1 61998	-49.21	70.17	14	FRANCE	PORT AUX FRANCAIS			

4. 観測資料

気象庁のオゾン層解析室が公開している資料について述べる。

世界のオゾンデータは、WODCが提供するデータに、気象庁が誤データチェック、重複チェック、ソーティング等の編集作業を行って磁気テープの貸出を行っている。これらは貸出用磁気テープ1巻(2,400 ft, 6,250 bpi)にまとめられている。全量、反転およびオゾンゾンデ観測

資料のフォーマットの概略を、それぞれ第2表、第3表、第4表に示す。また、第5表にオゾン観測地点資料のフォーマットを示す。さらに詳しいデータフォーマットとデータの蓄積状況については、観測部高層課(1984, 1988)に解説がある。

国内の観測資料は、年1回「Acrological Data of Japan-Special Volume」として刊行されている。全量観測については1日3~5回の全観測資料が掲載されてい

る。

その他、国内観測所の約20年間のデータをまとめた「日本上高層資料オゾン20年報(1984)」, および世界の観測データに対する調査と統計を行った「ドブソン分光光度計等によるオゾン観測データ特性検討調査報告書(1989)」の貸出を行っている。

5. あとがき

1989年6月, WMO は第41回執行委員会において, 全球大気監視(GAW: Global Atmosphere Watch)を発足させた。これまでGO₃OS, BAPMoN や, 他の全球および地域観測網によって別々に行われていた観測, 研究を統一し, さらに発展させることによって, オゾン層破壊, 地球温暖化, 酸性雨といった地球環境問題の一層の解明を目指したものである。また, 日本においてもGAWのデータセンターのひとつとして, 気象庁が温室効果気体に関するデータ収集と解析機能を整備しつつある。

オゾン層の保護, 地球温暖化の問題をはじめ, 関連するさまざまな分野で, オゾン観測資料が有効に活用されることを期待する。また本文が, 資料利用のための一助となれば幸いである。

最後に, 本文を書く機会と, 内容に関する助言をいただいた気象庁オゾン層解析室の山川弘室長と松原廣司調査官に深く感謝いたします。

参考文献

Attmannspacher, W. and H.U. Dutsch, 1981: 2nd International Ozone Sonde Intercomparison at the Observatory Hohenpeissenberg 5-20 April 1978, *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, Nr. 157.
 Bhartia, P.K., K.F. Klenk, C.K. Wong, D. Gordon, and A.J. Fleig, 1984: Intercomparison of the NIMBUS 7 SBUV/TOMS Total Ozone Data Sets With Dobson and M83 Results, *Journal of Geophysical Research*, **89**, 5239-5247.
 Bojkov, R.D., C.L. Mateer, and A.L. Hansson, 1988: Comparison of Ground-Based and Total Ozone Mapping Spectrometer Measurements Used in Assessing the Performance of the Global Ozone Observing System, *Journal of Geophysical Research*, **93**, 9525-9533.
 Claude, H.R., Hartmannsgruber, and U. Kohler, 1987: Measurement of Atmospheric Ozone Profiles using the Brewer/Mast Sonde, WHO Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 17.

Fleig, A.J., P.K. Bhartia, and D.S. Silberstein, 1986 A: An Assessment of the Long-term Drift in SBUV Total Ozone Data, Based on Comparison with the Dobson Network, *Geophysical Research Letters*, **13**, 1359-1362.
 ———, ———, C.G. Wellemeier, and D.S. Silberstein, 1986 B: Seven years of total ozone from the TOMS instrument-A report on data quality, *Geophysical Research Letters*, **13**, 1355-1358.
 ———, D.S. Silberstein, C.G. Wellemeier, R.P. Cebula, and P.K. Bhartia, 1988: An Assessment of the Long-Term Drift in TOMS Total Ozone Data, Based on Comparison with the Dobson Network, *Geophysical Research Letters*, **15**, 1133-1136.
 林 則雄・赤木万哲, 1988: ブリュウワオゾン分光光度計について, *測候時報*, **55**, 273-278.
 廣田道夫・村松久史, 1986: KC79型オゾンゾンデ用オゾンセンサーの性能試験, *研究時報*, **38**, 115-118.
 Hofmann, D.J., and S. Solomon, 1989: Ozone Destruction Through Heterogeneous Chemistry Following the Eruption of El Chichor, *Journal of Geophysical Research*, **94**, 5029-5041.
 梶原良一, 1987: ドブソンオゾン分光光度計の光学くさび検定誤差およびオゾン量の日変化に伴う測定誤差について, *高層気象台彙報*, **47**, 33-36.
 ———・荒井芳子・成田 修, 1988: 館野におけるオゾン全量の日変化, *高層気象台彙報*, **48**, 43-45.
 ———・小林政人・小城良友・成田 修・廣田道夫, 1989: オゾン過去資料の見直しについて, *高層気象台彙報*, **49**, 32-37.
 観測部高層課, 1972: オゾンゾンデ国際比較観測の結果, *測候時報*, **39**, 1-17.
 ———, 1984: オゾン観測資料の磁気テープについて, *測候時報*, **51**, 21-34.
 ———, 1988: オゾン観測資料の磁気テープについて(Ⅱ), *測候時報*, **55**, 125-138.
 Kerr, J.B., I.A. Asbridge, and W.F.J. Evans, 1988: Intercomparison of Total Ozone Measured by the Brewer and Dobson Spectrophotometers at Toronto, *Journal of Geophysical Research*, **93**, 11129-11140.
 気象庁, 1957-1988: Aerological Data of Japan-Special Volume
 ———, 1980: 「オゾン観測指針」
 ———, 1984: 「日本上高層資料オゾン20年報」
 ———, 1989: 「ドブソン分光光度計等によるオゾン観測データ特性検討調査報告書」
 Kobayashi, J. and Y. Toyama, 1966: On Various Methods of Measuring the Vertical Distribution of Atmospheric Ozone(Ⅲ)-Carbone-iodine Type

- Chemical Ozone-sonde, Pap. Met. Geophys., 17, 113-126.
- Komhyr, W.D., 1986: Operation Handbook-Ozone Measurements to 40-km Altitude with Model 4A Electrochemical Concentration Cell (ECC) Ozone-sondes (Used with 1680-MHz Radiosondes), NOAA Technical Memorandum ERL ARL-149.
- 高層気象台・観測第三課, 1989: プリューワー分光光度計によるオゾン観測, 高層気象台彙報, 49: 28-31.
- Molina, M.J., F.S., Rowland, 1974: Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone, Nature, 249, 810-812.
- NASA/WMO, 1988: Executive Summary of the Ozone Trends Panel, Press Conference.
- 小川利紘・柴崎和夫, 1987: オゾンの南極域春季減少-オゾン・ホール, 天気, 34, 431-440.
- 大越延夫, 1968: 大気オゾン全量の日変化, 研究時報, 19, 627-644.
- 下道正則, 1990: オゾン層の観測, 天気, 37, 20-25.
- , 1990: 反転観測によるオゾン鉛直分布導出のプログラムについて, 高層気象台彙報, 50, (印刷中)
- Stolarski, R.S., A.J. Krueger, M.R. Schoeberl, R.D. McPeters, P.A. Newman, and J.C. Alpert, 1986: Nimbus 7 satellite measurements of the springtime Antarctic ozone decrease, Nature 322, 808-811.
- 鈴木剛彦・大野勇太, 1969: カーボン電極型オゾンデの現業化のための試作と試験, 天気, 16, 549-556.
- , 1983: ドブソン分光光度計によるオゾン観測, 天気, 30, 237-253.
- 通商産業省フロン等規制対策室, 1990: オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書作業部会「議定書改定に関する第3回会合」の概要, プレス発表資料.
- Uchino, O., I. Tabata, K. Kai, and I. Akita, 1988: Five-year Lidar Observational Results and Effect of El Chichon Particles on Umkehr Ozone Data, Journal of the Meteorological Society of Japan, 66, 635-643.
- UNEP/WMO, 1989: Scientific Assessment of Stratospheric Ozone.
- WMO, 1980: Report of the WMO Meeting of Experts on Assessment of Performance Characteristics of Various Ozone Observing System, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 9.
- , 1982: Report of the WMO Meeting of Experts on Sources of Errors in Detection of Ozone Trends, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 12.
- WODC (1960-1989): Ozone Data for the World, Vol. 1-30.

平成2年度(第12回)沖縄研究奨励賞推薦の応募について

- ・沖縄研究奨励賞(以下奨励賞)の推薦にあたっては奨励賞規定にもとづき実施します。
- ・推薦候補者(以下候補者)の年齢は原則として50歳以下(7月15日現在)とします。
- ・対象者がグループの場合はその1グループを1名とみなします。なお、グループの代表者(1人)を決めて下さい。
- ・対象者の国籍または出身地などは問いません。
- ・対象となる研究は継続中のものでも結構です。
- ・応募の際は別紙「沖縄研究奨励賞推薦応募用紙」を使用して下さい(学会事務局にあります)。
- ・選考資料として、①候補者の論文や著書などの研究成果物、②研究内容の要旨、および③研究業績目録を必ず

添付して下さい。なお、選考審査資料の返却のご要望には応じかねます。ただし、再度の応募に当たっては、著書に限り、以前に提出したもの(沖縄協会内の事務局に保管)を利用できますので、ご一報下さい。

- ・候補者の研究の分類(自然科学, 人文科学, 社会科学)を推薦者の方で示して下さい。二つ以上の分野を指示しても構いません。
- ・応募の締切りは9月30日ですが、郵送の場合当日消印も有効とします。9月27日以降の郵送は速達でおねがいいたします。
- ・その他推薦応募に関して疑問の点がありましたら、沖縄協会・沖縄研究奨励賞事務局(Tel. 03-580-0642)までお問合せ下さい。