

図2 - 1 - 5 : 緯度帯別オゾン全量比偏差の推移
緯度別平均したオゾン全量の参照値(1979 ~ 1992年の平均値)に
対する比偏差 (%)。

2 - 1 - 3 北半球の状況

北半球では、南極オゾンホールほど顕著ではないものの、オゾンの少ない状況が出現することがある。北半球高緯度では1990、1993、1997、2000年の春季に顕著なオゾン減少が見られ、このうち、1997年は極域成層圏雲（2 - 3 - 1節参照）の粒子表面での不均一反応（異相反応ともいう、2 - 3 - 1節参照）に関わると見られる過去最大規模のオゾン減少が観測されている。図2 - 1 - 6は1997年及び2001年の3月のTOMSデータに基づく、北半球のオゾン全量の月平均分布図及び参照値に対する比偏差図である。1997年3月にはシベリア北部上空で30%を超えるオゾンの少ない領域があるが、2001年はカナダ北東部上空で10%少ない領域があるだけで、1997年に比べると顕著なオゾン減少は見られなかった。図には示さないが、2001年3月のオゾン全量の日々の変化を見ると、カナダ北部上空では、3月上旬に参照値より20%以上少ない領域が見られたあと、ほぼ月を通して10 ~ 20%オゾンが少い領域が存在していた。その他の地域でも数日、20%以上少ない領域が見られたもののあまり持続せず、月平均ではそれほど顕著なオゾン減少にはならなかった。また、2001年2月には、日々の変化を見ると上旬にシベリア北部上空で、中旬にヨーロッパ上空でオゾンの少ない領域が見られたものの、長続きせず、月平均では顕著な減少とはならなかった。2001年の北半球高緯度（北緯60度以北）の下部成層圏（50hPa）の最低気温（図2 - 1 - 7左図）を見ると、1月は累年平均値（1988 ~ 2000年までの平均）がそれよりも低く、極域成層圏雲が出現する目安となる - 78 を下回っていたが、2月初めに成層圏突然昇温が発生し、極域の成層圏気温は上昇した。このため、2月中旬以降は極域成層圏雲が関与したオゾン破壊は起こりにくい状況となり、春季の北半球高緯度のオゾンは1997年に比べて、それほど大きな減少にはならなかったと思われる。

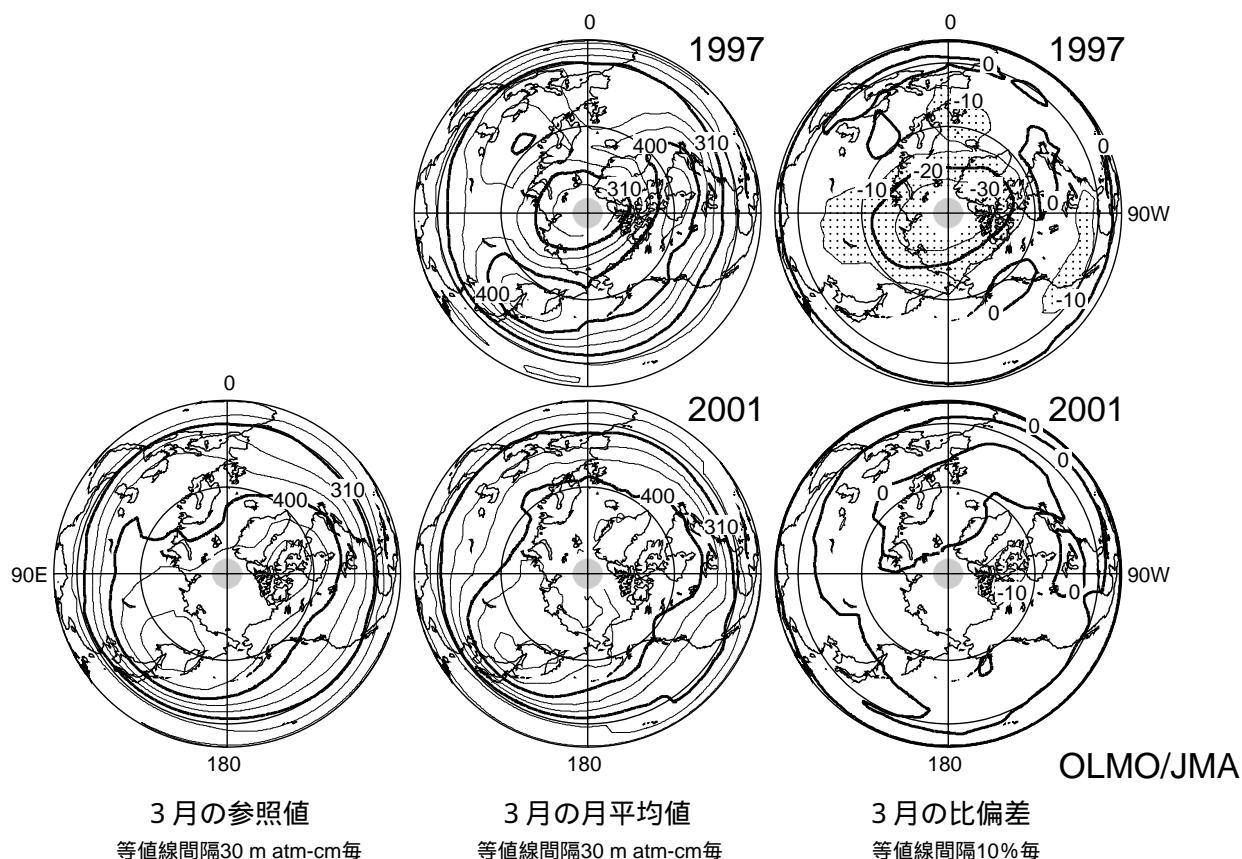


図2 - 1 - 6 : 1997年及び2001年3月の北半球のオゾン全量の状況
 一番左の図は3月の参照値(1979~1992年の平均)、中列上図は1997年3月の月平均値、中列下図は2001年3月の月平均値。右列上図は1997年3月の比偏差(%), 右列下図は、2001年3月の比偏差(%)。比偏差図の点域は10%を超える負偏差域。陰影部は太陽高度角の関係で観測できない領域。NASA提供のTOMSデータを基に作成。

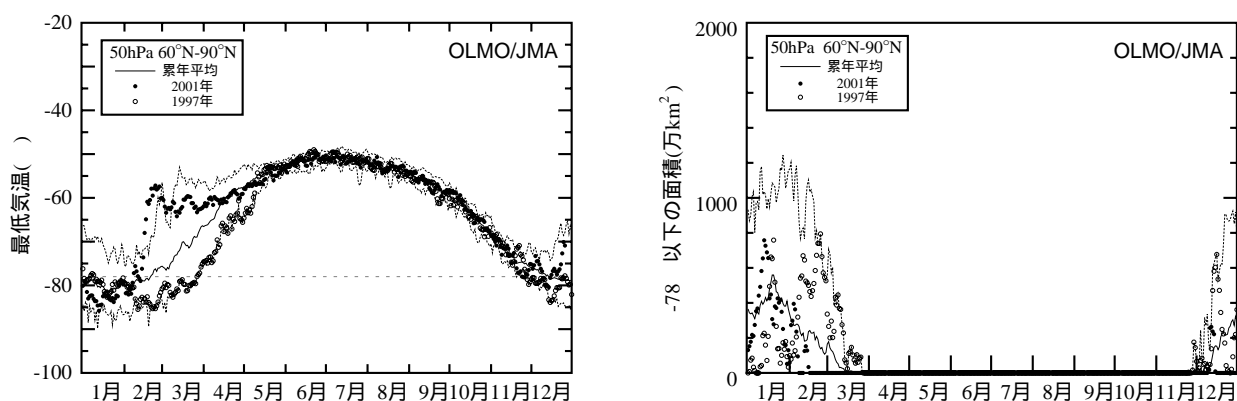


図2 - 1 - 7 : 北半球高緯度の下部成層圏の最低気温、及び気温が - 78 ℃ 以下の領域の面積の推移(北緯60度以北: 2001年1~12月)

北緯60度以北の50hPa(高度約19km)面における日別の最低気温の推移(左図)及び極域成層圏雲の出現する目安となる - 78 ℃ 以下の領域の面積の推移(右図)。●は2001年の値、○は1997年の値。実線は1988~2000年までの最低気温(面積)の累年平均値。また、破線は同期間の最低気温(面積)の最高値(最大値)及び最低値(最小値)。図中の横の破線は極域成層圏雲出現の目安となる - 78 ℃。気象庁の全球解析値を基に作成。

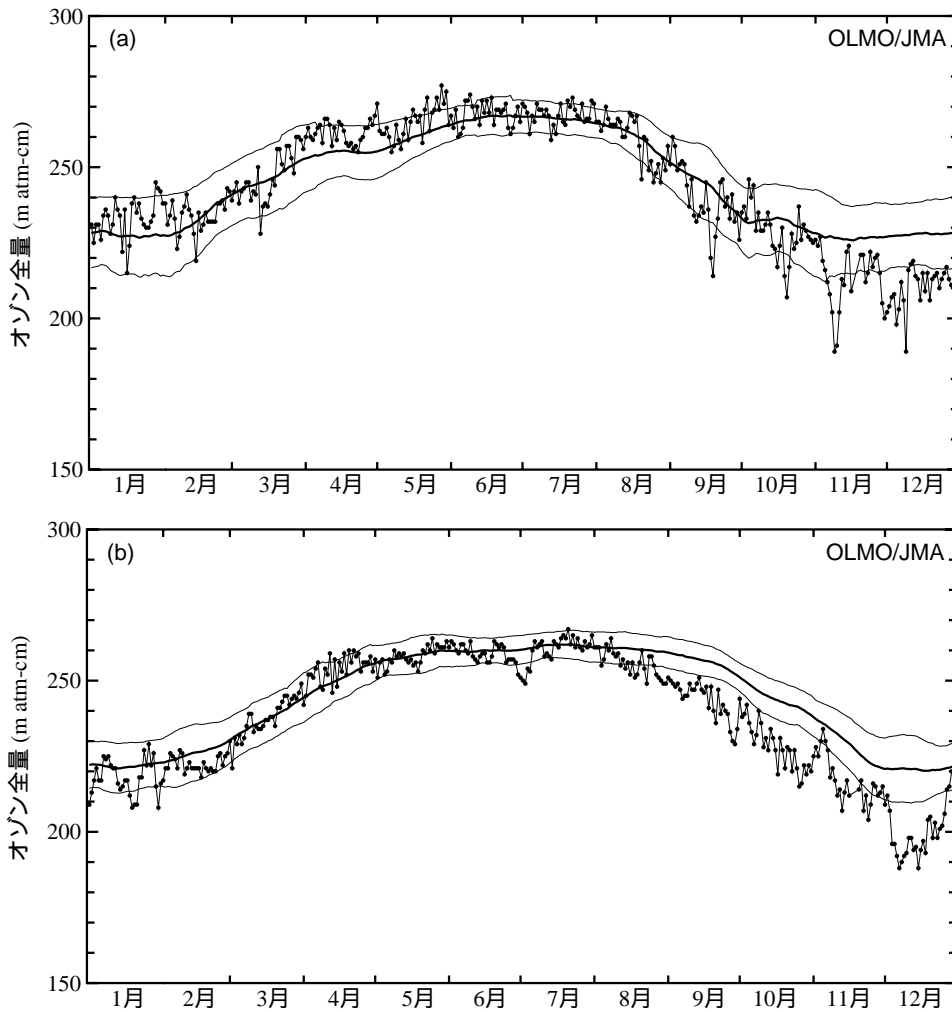


図2 - 1 - 8 : 北大西洋・ヨーロッパ域 (a) 及び日本の南海上 (b) 上空の日別最低オゾン全量の推移
折線は北大西洋・ヨーロッパ域 (北緯 20 ~ 90 度、西経 90 度 ~ 東経 60 度) 及び日本の南海上 (北緯 10 ~ 30 度、東経 100 ~ 180 度) の 2001 年の日別最低オゾン全量。太線はこの領域の最低オゾン全量の累年平均値の 15 日移動平均、細線はその標準偏差の 15 日移動平均。NASA 提供の TOMS データを基に気象庁で作成。

また、北半球では、秋から初冬は1年のうちで最もオゾンの少ない時期であり、しばしば極端に少ないオゾン全量を観測することがある。2001年にも11～12月にかけて、北アメリカ大陸東部、北大西洋からヨーロッパで少ないオゾン全量が観測された。このようなオゾン減少は通常数日で解消するもので、南極のオゾンホールとは、その規模・期間において大きな違いがある。

北大西洋・ヨーロッパ域におけるオゾン変動については、低緯度のオゾンの少ない空気塊の移流とともに、空気塊の上昇によってオゾンの少ない対流圏の空気塊がオゾンの多い下部成層圏の空気塊にとって替わることで、オゾン全量が減少することが知られている (Robbe 他、1995)。顕著な事例として1985年10月30日 (TOMS データから求めた北大西洋・ヨーロッパ域 (北緯 20 ~ 90 度、西経 90 ~ 東経 60 度) での最低オゾン全量 : 167 m atm-cm)、1999年11月30日 (同 : 165 m atm-cm) がある。2001年11～12月にも北大西洋からヨーロッパにかけてオゾン全量の少ない領域が現れた。図2 - 1 - 8(a)に2001年の北大西洋・ヨーロッパ域での日別最低オゾン全量の推移を示す。これによると、11、12月に顕著に少ないオゾン全量を観測している (11月9日、12月9日とともに189 m atm-cm) が、2000年の同域の最低オゾン全量 (気象庁、2001) よりも多かった。11月は成層圏気温 (図2 - 1 - 7) が高く、極域成層圏雲が発生していないと考えられるため、この時期のオゾンの減少は主にオゾンの少ない低緯度からの水平移流及び上昇といった力学的影響によると思われる。一方、12月前半の成層圏上空の気温を見ると、-78 以下の領域が大きく広がっていることから、12月には力学的な影響だけでなく、極域成層圏雲と関連したオゾン破壊が進行していた可能性がある。

また、日本の南海上（北緯 10 ～ 30 度、東経 100 ～ 180 度）において、220m atm-cm よりも少ないオゾン全量が 12 月に頻繁かつ広範囲に観測された（図 2 - 1 - 8 (b)）。この領域では、12 月の最低オゾン全量の平均値が約 220m atm-cm であり、この値を下回することは過去にも観測されている。2001 年の特徴として 8 月中旬以降、平均値に比べ少ない状態が続いていることが挙げられる。

2 - 2 日本上空のオゾン層

2 - 2 - 1 オゾン全量の状況

ここでは、国内 4 地点（札幌、つくば、鹿児島、那覇）における、ドブソン分光光度計によるオゾン全量データ及び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データに基づき、2001 年における日本上空のオゾン層の状況について述べる。図 2 - 2 - 1 に月平均オゾン全量の推移を示す。

札幌では、1、3 月に参照値（1971 ～ 2000 年の平均、那覇では 1974 ～ 2000 年の平均）より多く、他は並であった。つくばでは、2 月に少なく、その月として観測開始以来 3 番目に少ない値を記録した。また 3、8、10 月に多かった。8 月はその月として 3 番目に多かった。鹿児島では、2 月に少なく、3 ～ 5、7、8、11 月に多かった。8 月はその月として観測開始以来 2 番目に多かった。那覇では 3、4、7、8、11 月に多かった。4 月はその月として観測開始以来 3 番目に多く、11 月はその月として観測開始以来 2 番目に多く、8 月は観測開始以来の最大値を記録した。

以上をまとめると、つくば、鹿児島で 2 月に少なかった他は、並か多かった。

また、南鳥島では 1994 ～ 2000 年の平均と比較して 3 ～ 8 月が多めで、9 月は平均と同じ値でそれ以外の月は少なめだった。

なお、札幌、つくば、鹿児島、那覇において、参照値との差が標準偏差以内にあるときを「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。また、南鳥島では、統計期間が短いため、標準偏差は計算していない。このため、1994 ～ 2000 年までの平均値より多い場合を「多め」、少ない場合を「少なめ」とした。

上記のような国内のオゾン全量の多い・少ない等の評価は、基準となる平均をとる期間に依存するものであり、TOMS データ（1979 ～ 1992 年の平均を参照値として採用）を用いたオゾン全量の状況とは単純に比較

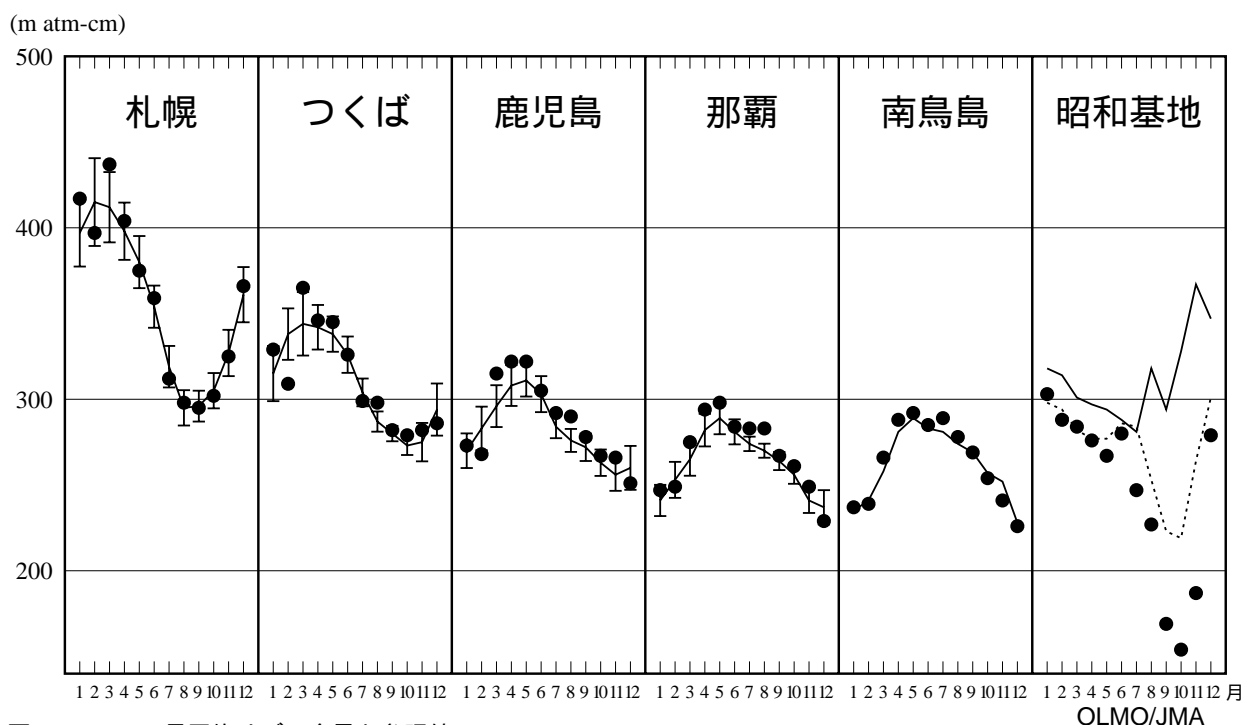


図 2 - 2 - 1 : 月平均オゾン全量と参照値

国内 5 地点（札幌、つくば、鹿児島、那覇、南鳥島）及び南極昭和基地における月平均オゾン全量の推移。印は 2001 年の月平均値、折線は参照値（1971 ～ 2000 年の平均値）、縦線はその標準偏差。ただし、南鳥島の参照値は、1994 ～ 2000 年の平均値、昭和基地は 1961 ～ 1980 年の平均値。昭和基地の点線は 1981 ～ 2000 年の平均値。