

2 2002年のオゾン層の状況

気象庁が入手した各種オゾンデータ(地上観測、地上からのゾンデによる観測及び衛星による観測に基づくデータ)を解析した結果に基づき、2002年のオゾン層の状況を全球、日本上空、南極域上空に分けて述べる。

2 - 1 全球のオゾン層

2 - 1 - 1 オゾン分布及び季節変化

図2 - 1 - 1は、TOMSによるオゾン全量の参照値(平均的な全球分布図)である。オゾン全量は赤道域で少なく、南北両半球とも高緯度で多い。特にオホーツク海上空で最も多くなっており、日本上空での南北の傾度は非常に大きい。

オゾン全量は、高緯度ほど多く(図2 - 1 - 1)、緯度平均値の年間の推移を示した図2 - 1 - 2に明らかのように、冬季から春季にかけて最大になる。このようなオゾン分布の成因は、以下のように説明される。オゾンは、熱帯上空の成層圏を中心に紫外域日射により生成され、ブリューワー・ドブソン循環(低緯度で対流圏からわき上がってきた空気が両極へと向けてゆっくりと移動し、高緯度で沈降(下降)して対流圏に戻るといふ、成層圏の循環)により中高緯度に運ばれ、そこで下降する。オゾンは下部成層圏で光化学的な消滅が小さくなり、一方で、下降にともなって気圧が高くなるので、オゾン分圧は高くなる。このため中高緯度では低い高度で最大濃度(図2 - 1 - 3)となり、しかもその濃度(オゾン分圧)は熱帯上空よりも高くなる。このような熱帯から中高緯度への輸送は冬季に最も活発となり、冬季から春季にかけて高緯度にオゾンが蓄積される。

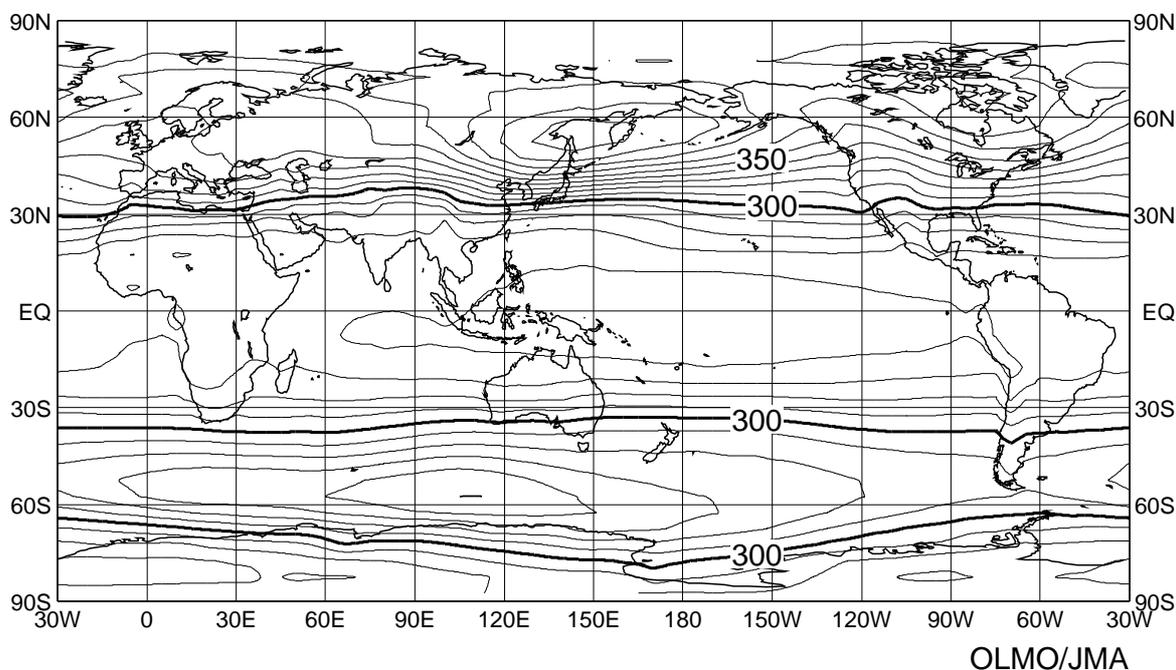


図2 - 1 - 1 : TOMS による全球のオゾン全量の参照値

ニンバス -7/TOMS データを基にして作成した全球のオゾン全量の年平均の参照値(1979-1992年)。等値線間隔は10 m atm-cm 毎。NASA 提供のデータを基に作成。

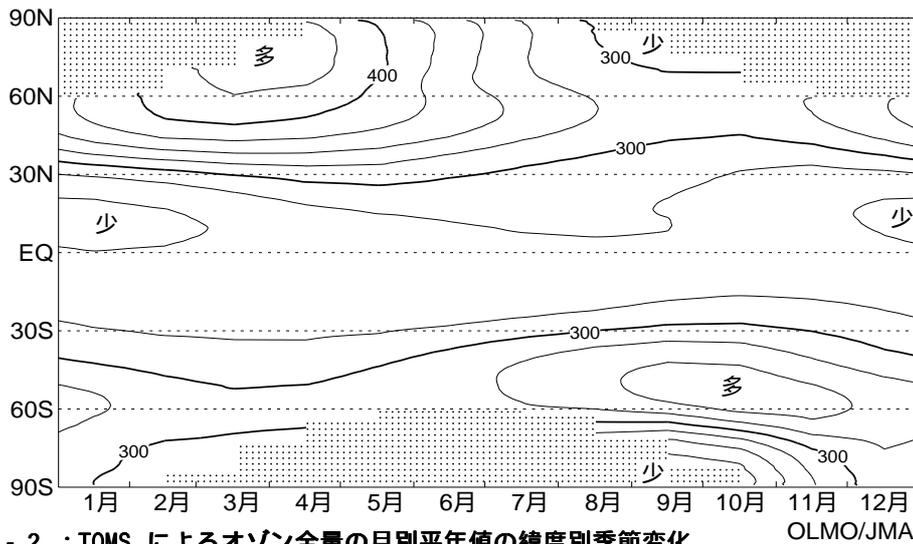


図2 - 1 - 2 :TOMS によるオゾン全量の月別平均値の緯度別季節変化
 ニンバス-7/TOMS データを基にした参照値(1979-1992年)のオゾン全量の緯度別平均値を月別に求めた分布図。等値線間隔は25m atm-cm 毎。NASA 提供のTOMS データを基に気象庁で作成。陰影部は極域でデータが取得できない領域。

2 - 1 - 2 2002 年のオゾン層の状況

2002年の全球のオゾン全量について、緯度帯別オゾン全量比偏差の推移(図2 - 1 - 4)及び月別平均オゾン全量・比偏差図(図2 - 1 - 5)に基づいて述べる。ここでは、緯度帯平均については、参照値との差が標準偏差より大きいときを「多い」、小さいときを「少ない」として記述し、月別平均オゾン全量・比偏差図については、参照値より10%以上大きいか小さい場合について特に記述した。

2002年は、全球では年の前半と年末に少ない傾向にあった。緯度帯別に見ると、北半球については、高緯度の10～12月、中緯度の1～4月、低緯度の11、12月で少なく、低緯度の8月が多かった。特に、中緯度の1、2月、高緯度の10、11月の少なさが目立った。南半球では、高緯度の1～3月、中緯度の1、2月と11月、低緯度の10～12月に少なく、中緯度の7月、低緯度の2、8月に多かった。また、標準偏差内の変動ではあるが、高緯度の9～11月で10%を超えて多かったのが目立った。

地域別に見てみると、1月から4月に北半球中緯度でオゾン量が10%以上少ない領域が見られ、特に2月はヨーロッパ、東アジア、太平洋から北米西部にかけての広い範囲で見られた。また、10月から12月に北米からヨーロッパにかけて10%以上少ない領域が見られた一方、12月には東シベリアからベーリング海にかけて10%以上多くなった。南半球では、5～7月にアフリカ大陸南方の中緯度、8～9月には太平洋からインド洋にかけての中高緯度でオゾン量が多く、所によっては30%以上多い領域があった。9月の南半球大西洋側の中高緯度ではオゾンホールの影響で10%以上少ない領域が見られたが、10～11月にかけては高緯度全体で10%以上多い領域が見られた。

2002年の南極のオゾンホールの規模は1991年以来最小(面積は過去最大であった2000年の約7割)で、面積が最大となった(9月19日)直後に大きく変形して2つに分かれ、急速に小さくなり、11月11日に消滅した。(表紙及び2-3章参照。)

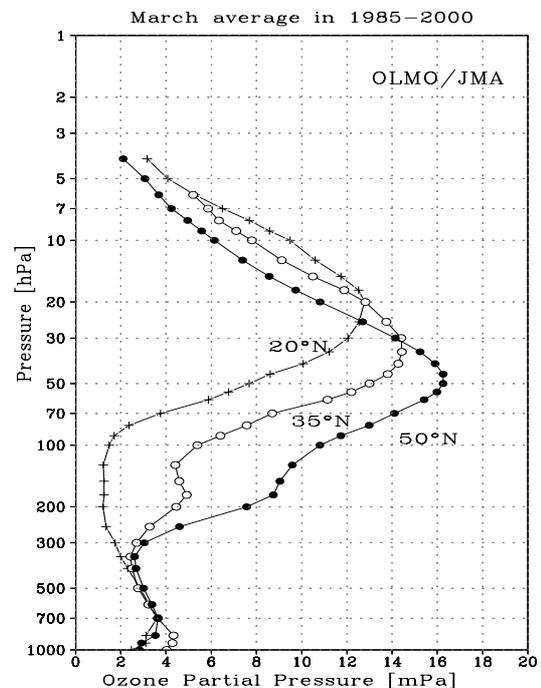


図2 - 1 - 3 : オゾン分布の緯度別高度分布
 1985～2000年に観測され、WOUDCに登録されているオゾンゾンデデータから求めた3月のオゾン分圧の緯度別高度分布。

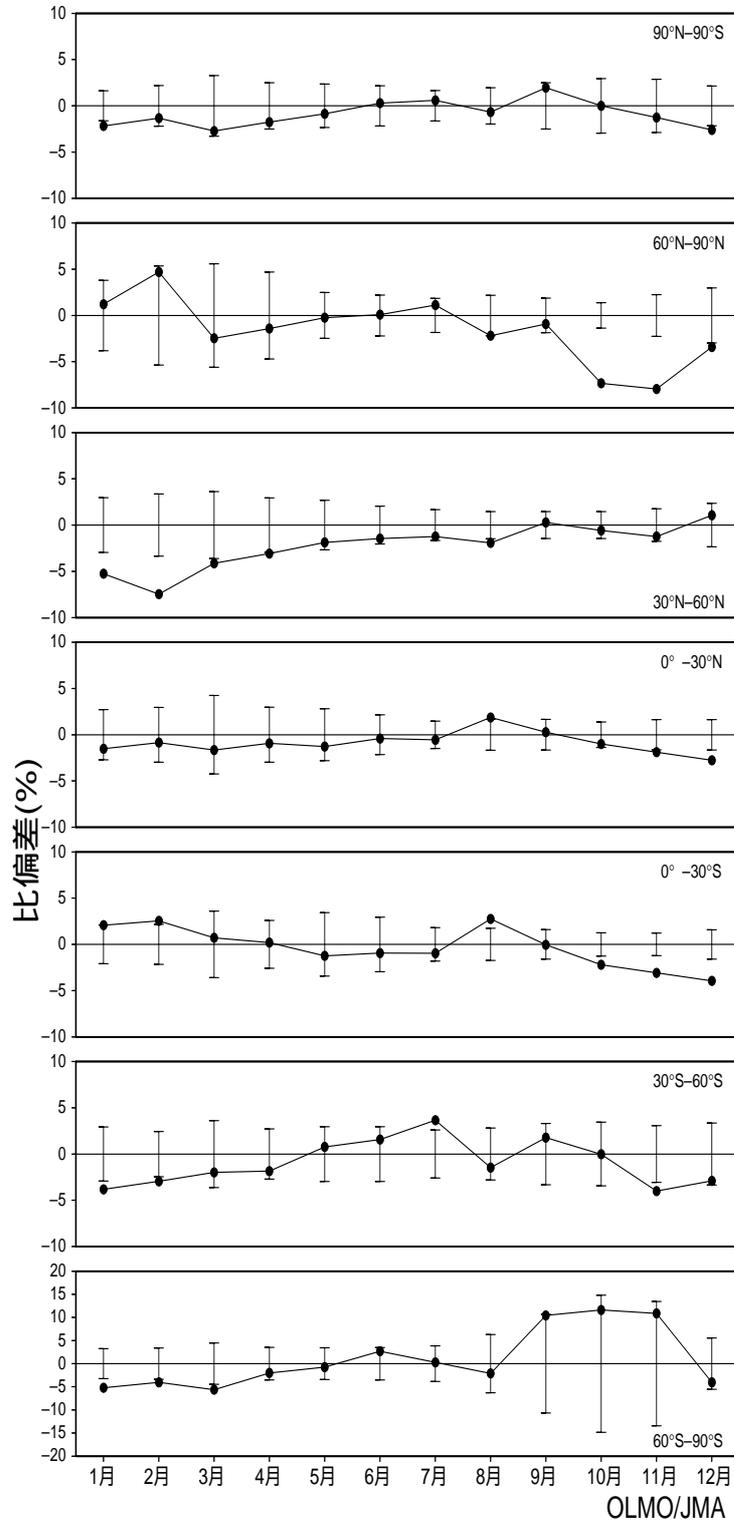


図2 - 1 - 4 : 緯度帯別オゾン全量比偏差の推移

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(%)。縦線は参照値の標準偏差。

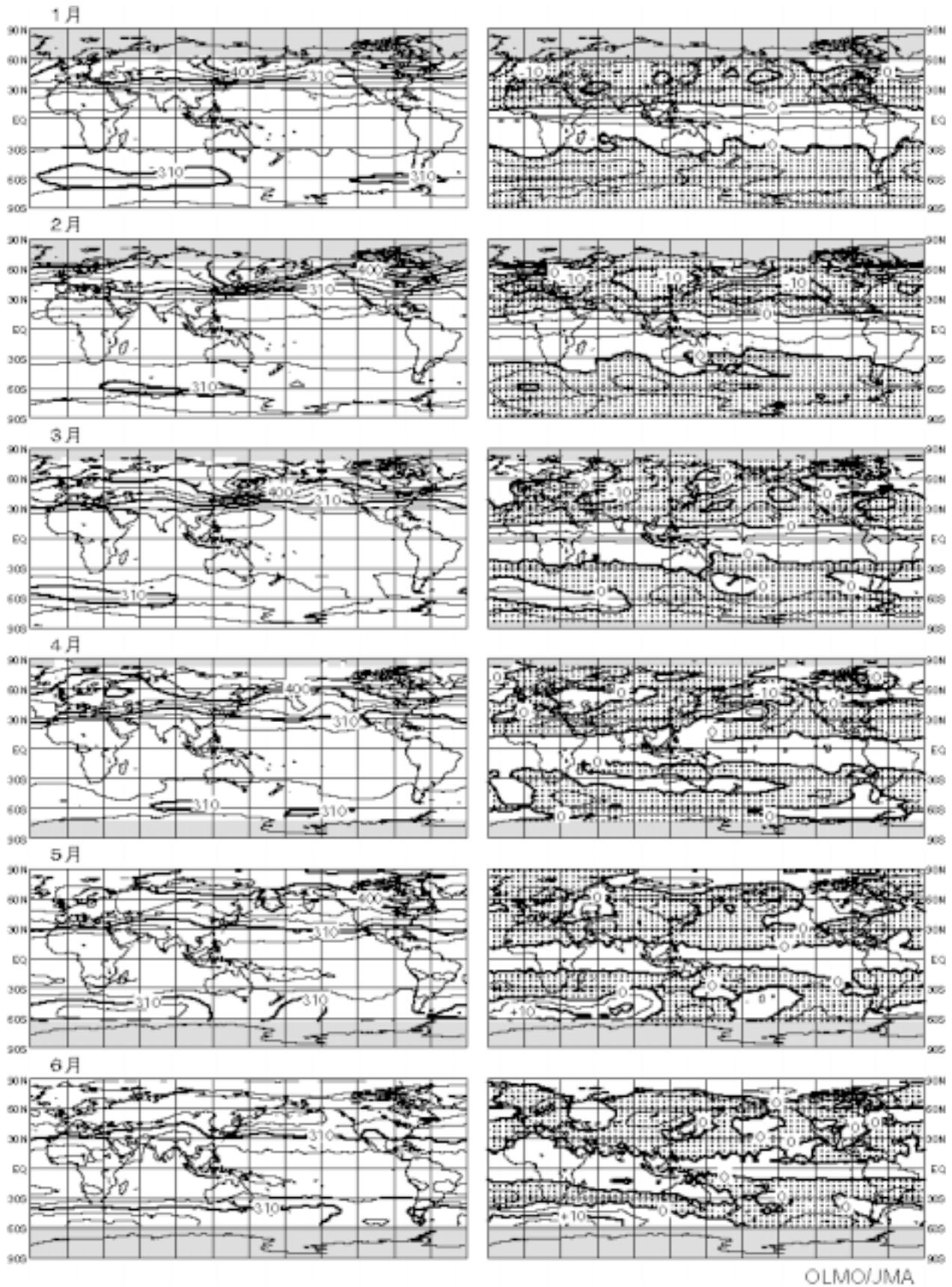


図2 - 1 - 5(1): 2002年の月別平均オゾン全量・比偏差の全球分布

等値線間隔は、平均オゾン全量（左図）については30m atm-cm 毎、比偏差（右図）については5% 毎。陰影部は極域でデータが取得できない領域。点域は参照値より少ない領域。NASA 提供の TOMS データを基に気象庁で作成。

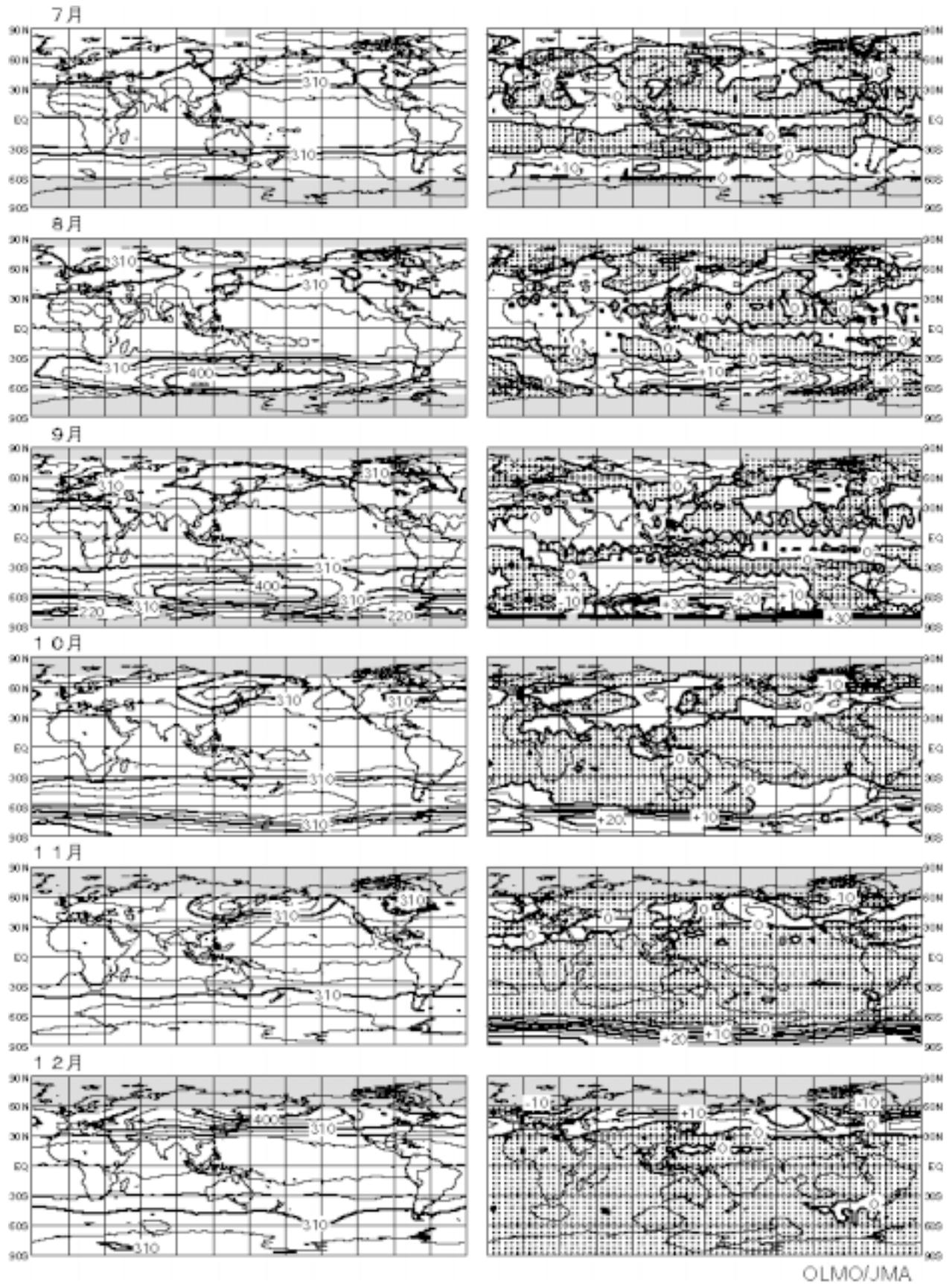


図2 - 1 - 5(2): 2002年の月別平均オゾン全量・比偏差の全球分布

等値線間隔は、平均オゾン全量(左図)については30m atm-cm 毎、比偏差(右図)については5% 毎。陰影部は極域でデータが取得できない領域。点域は参照値より少ない領域。NASA 提供のTOMS データを基に気象庁で作成。

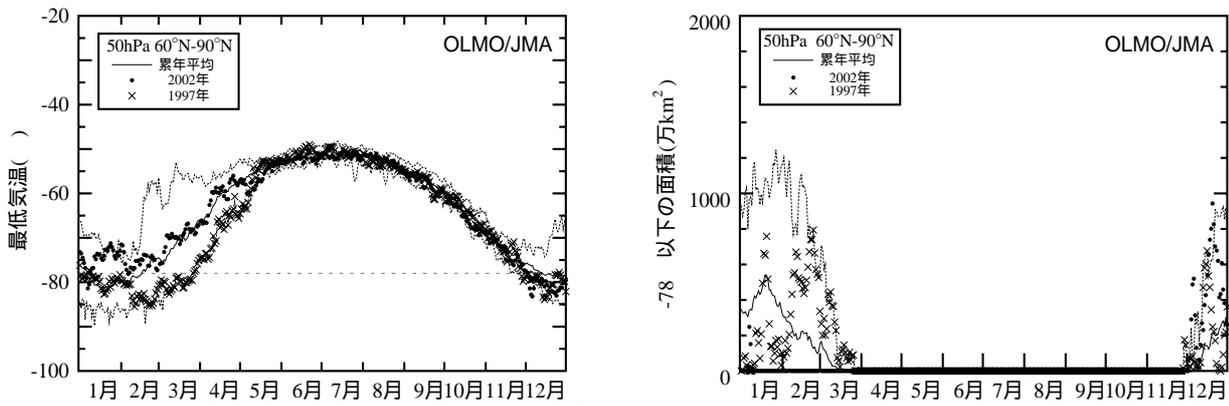


図2 - 1 - 6 : 北半球高緯度の下部成層圏の最低気温、及び気温が - 78 以下の領域の面積の推移(北緯60度以北 : 2002年1 ~ 12月)

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2002年の値、×は1997年の値。実線は1988 ~ 2001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。

2 - 1 - 3 北半球の状況

北半球でも、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に北半球高緯度(北緯60度以北)の下部成層圏(50hPa)の気温を解析した図を示す。2002年は極域成層圏雲が出現する目安となる - 78

を下回っていた領域が、1月上旬と12月に見られた。これに対応してオゾン全量の日々の変化を見ると、1月上旬にノルウェー海付近からヨーロッパにかけて、12月にグリーンランドから北ヨーロッパにかけて参照値より30%以上少ない領域が見られ、これらの領域では不均一反応によるオゾン減少が起こったと考えられる。特に12月の減少に関しては、ノルウェー上空で極域成層圏雲が観測されたことがノルウェー大気研究所から報告されており、このことを裏付けている。1月中旬以降、極域の成層圏気温は上昇し、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は示さなかった。

また、極域成層圏雲の関与がない場合であっても、北半球の秋から初冬に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。この現象の説明として、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(Rabbe 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 : 167m atm-cm)、1999年11月30日(同 : 165m atm-cm)がある。図には示していないが、2002年10月下旬から11月上旬にかけての北米大陸中緯度の太平洋側のオゾン全量が少なかったことについても、空気塊の軌跡解析などから同様の現象と考えられる。

また、2002年の北半球では図2 - 1 - 4から分かるように、中緯度の広い範囲で1月から3月にオゾン全量が顕著に少ない領域が現れた。オゾン全量の変動に関しては、成層圏のオゾン輸送に係る準2年周期振動(QB0; 赤道域の成層圏風の自然変動で、約26ヶ月の周期を持つ)と関連があることが知られており(口絵1)、この現象との関連も考えられる。QB0との関連については、2 - 2 - 2章で詳しく述べる。