

第4章 北半球高緯度のオゾン層

4-1 2012年の北半球高緯度のオゾン層の状況

- 2012年春季の北半球高緯度では、極域成層圏雲に関連した大規模なオゾン全量の減少はみられなかった。
- 3月下旬にアイスランド付近からイギリス北部にかけて $310 \text{ m atm}\cdot\text{cm}$ 以下のオゾン全量の少ない領域がみられた。これは、極域成層圏雲に関連した化学的な破壊によるものではなく、対流圏の大気循環の影響によるものと考えられる。

2012年春季の北半球高緯度では、極域成層圏雲に関連した大規模なオゾン全量の減少はみられなかった。北半球高緯度の3月の月平均オゾン全量は、参照値と比較して全般に正偏差となり、北極周辺では+10%以上多かった(図 I 4-1b)。一方、アイスランドからノルウェーにかけて-5%以下の負偏差となり、特にイギリスの北部では-10%以下の負偏差がみられた。

衛星観測による北半球の3月の旬平均オゾン全量図を図 I 4-2に示す。 $310 \text{ m atm}\cdot\text{cm}$ をオゾン全量の少ない領域の目安としてみると、3月下旬にアイスランド付近からイギリス北部にかけてオゾン全量の少ない領域がみられた。これらの領域では3月、4月に例年よりも対流圏界面が高かったことがわかっており、オゾン全量の負偏差に対応していると考えられる。また、これらの領域では、2005年3月にも対流圏の大気循環による影響によってオゾン全量の顕著な減少が観測されている(気象庁, 2006)。

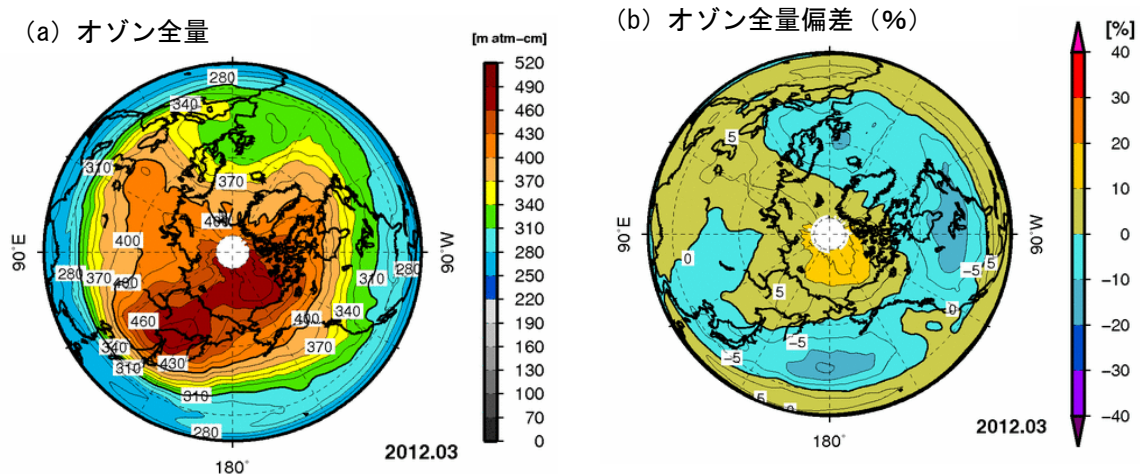


図 I 4-1 : 2012年3月の北半球の (a) 月平均オゾン全量、(b) 偏差 (%) 分布図

等値線間隔は、月平均オゾン全量については $15 \text{ m atm}\cdot\text{cm}$ 、偏差については5%。北極点付近の白色域は太陽高度角の関係で観測できない領域。比較の基準である参照値は1997~2006年の月別累年平均値。NASA提供の衛星データをもとに気象庁で作成。

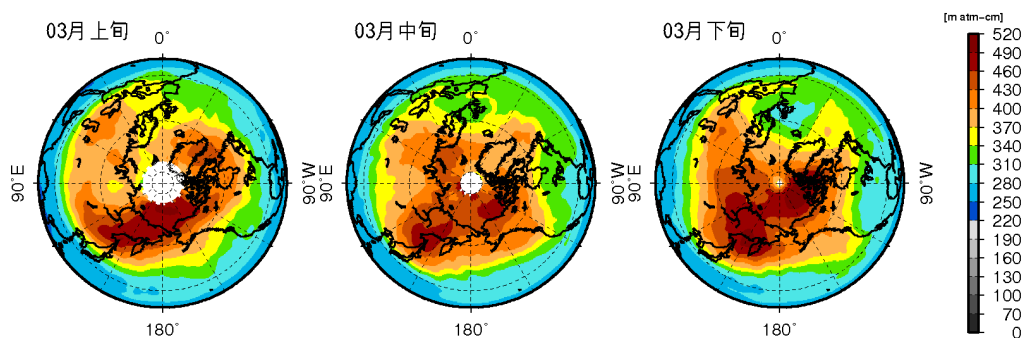


図 I 4-2 : 北半球の旬平均オゾン全量分布図 (2012年3月)

北極点付近の白色域は太陽高度角の関係で観測できない領域。NASA提供の衛星データをもとに気象庁で作成。

2011/2012年の北半球高緯度下部成層圏の気象状況

図 I 4-3aに2011/2012年の北半球高緯度における下部成層圏 (50 hPa面) の北緯60度以北の領域内における最低気温、図 I 4-3bに $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下の領域の面積を示す。下部成層圏の最低気温は、2011年11月下旬から $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下となり、2012年1月上旬までほぼ過去の平均より低く推移したが、1月半ばから下旬にかけて気温が急速に上昇し、1月下旬の一時期に過去の最高値に近くなった。その後、2月下旬以降は $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ を上回るようになった。極域成層圏雲出現の目安である $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下の領域の面積は、11月末～2012年1月上旬までほぼ過去の平均より大きく推移したが、1月半ばから面積は急減し、1月下旬にゼロとなった。その後、一時的な増加があったものの、2月以降では $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下の領域はほぼ消滅した。このように、極域成層圏雲が出現する目安である $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下の領域は、1月下旬にはほぼ消滅し、面積の大きい状況は長期間継続しなかった。このため、2012年春季には、北極域で極域成層圏雲に関係した大規模なオゾン破壊が起きなかったと考えられる。

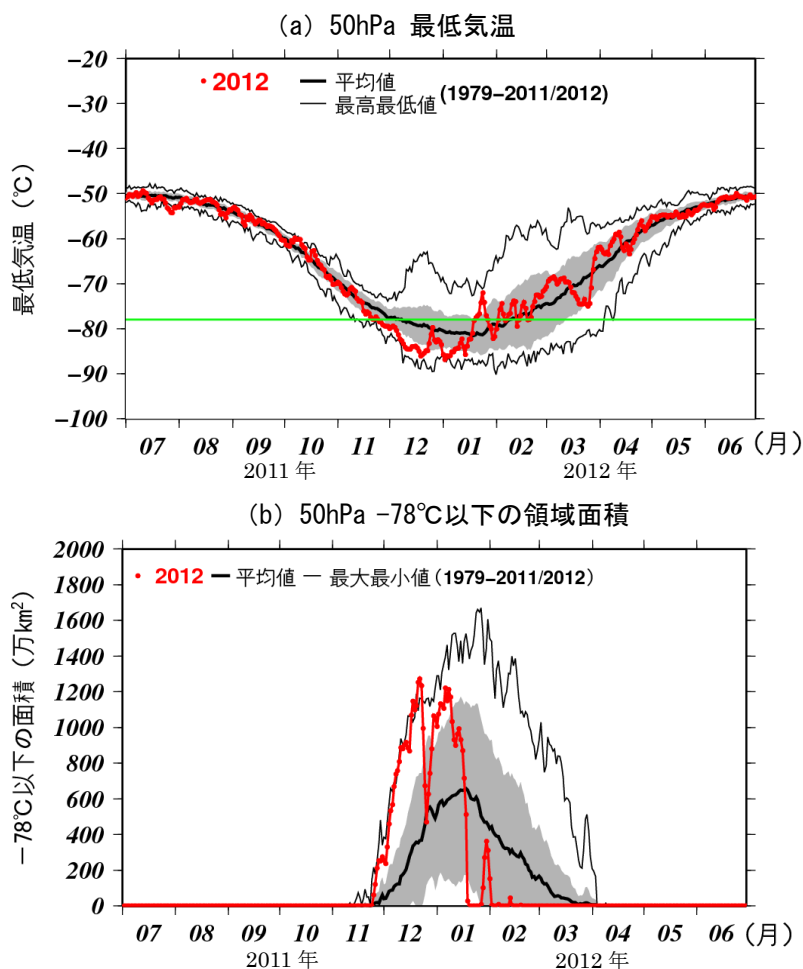


図 I 4-3 : 北半球高緯度下部成層圏の (a) 最低気温および (b) 気温が -78°C 以下の領域の面積 (2011年7月～2012年6月)

赤実線は2011年7月～2012年6月の北緯60度以北の50 hPa (高度約20 km) 面における (a) 日別の最低気温と (b) 極域成層圏雲の出現する目安となる -78°C 以下の領域の面積。黒太線は累年平均値で、7～12月は1979～2010年、1月～6月は1979～2011年の平均値。陰影の外の黒細実線は同期間の最高(最大)値および最低(最小)値。陰影は標準偏差の範囲。a図の横の緑線は極域成層圏雲出現の目安である -78°C を示す。気象庁の気候データ同化システム(JCDAS)による解析値をもとに作成(累年平均値や標準偏差、最高値、最低値は、1979～1998年の間はERA-40を、1999～2004年はJRA-25を、2005年以降はJCDASを使用して算出。ERA-40、JRA-25については巻末「用語解説」を参照)。

4-2 北半球高緯度におけるオゾン層の経年変化

○春季の北半球高緯度におけるオゾン層破壊の規模の指標となる3月の最低オゾン全量は、1990年以降、1980年代と比べて少ない年が多くなり、顕著な減少が数年おきに発生している。

北半球高緯度の春季の経年変化をみるために、衛星観測（TOMSおよびOMI）データから求めた北緯60度以北の3月の月平均オゾン全量の偏差およびイギリスのラーウィック（Lerwick：北緯60度、西経1度）での地上観測による3月の月平均オゾン全量偏差を、図 I 4-4に示す。ここでは比較の基準として、オゾン全量が北半球高緯度で相対的に多い1979～1989年の累年平均値を選んだ。

衛星データによると、1990年以降、データの無い1995年と1996年を除き、 -20 m atm-cm を超える負偏差が21年のうち16回現れており、北半球高緯度でのオゾン全量が1990年以前に比べ少なくなる年が多い⁷。最近では、2011年のオゾン全量は1997年について2番目に少なかった。ラーウィックの地上観測でも、1990年以降、春季に顕著なオゾン減少が現れており、特に1996、1997、2005年は大規模であった。このうち1996年の負偏差は、約 -80 m atm-cm に達した。2012年は、衛星データとは逆に、2011年よりも負偏差が大きくなっている。これは4-1節でみたように3月のイギリス周辺では、対流圏の大気循環の影響によるオゾン全量の減少が観測されたことに対応している。

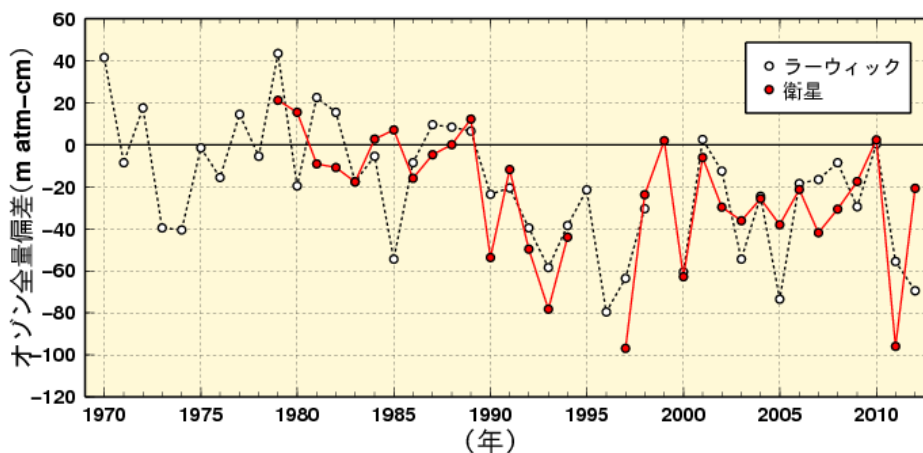


図 I 4-4：北半球高緯度の3月のオゾン全量偏差の経年変化

●はNASA提供の衛星観測（TOMSおよびOMI）データをもとに気象庁で作成した北半球高緯度（北緯60度以北）の3月の平均オゾン全量（基準値は1979～1989年の平均値）からの偏差。なお、1995、1996年はTOMSデータが欠測のため値がない。○印は、ラーウィック（英国、北緯60度、西経1度）の3月の平均オゾン全量の1979～1989年の平均値からの偏差を示す。

冬季から春季の北半球高緯度のオゾン全量の変動の要因は、成層圏におけるオゾンの輸送と化学的破壊であり、図 I 4-4に示した月平均オゾン全量の変動もこの両者による変動を反映している。そこで、オゾンの化学的破壊による影響を推定するため、その指標としてオゾンの輸送の影響が相対的に少ない極渦内部⁸の日別オゾン全量を領域平均し、その3月における最低値を図 I 4-5に示す⁹。これによると、1990年以降は、1980年代と比べて最低オゾン全量が少ない年が多く、特に1993年、1997年、2000年、2003年、2005年、2011年と数年おきに顕著な減少が発生し、特に2011年は、

⁷ 1995と1996年にはTOMSデータがないが、SBUV/2のデータを用いた解析によると、両年ともに春季にオゾン全量の大規模な減少が観測されている（NOAA, 2005）。

⁸ 実際は計算の簡便化のため等価緯度63度を極渦の境界とみなして計算している。「等価緯度」については、巻末の「用語解説」を参照のこと。

⁹ この指標は、オゾンゾンデ観測や数値モデル計算を用いて厳密に計算した各年の化学的な破壊量と相関がよいと報告されている（Müller *et al.*, 2008）。

これまで最も小さかった2000年の値を下回り1979年以降で最小となった。

極域上空の成層圏における等価実効成層圏塩素（EESC）は、2000年頃を境に緩やかに減少しているものの、依然として高い状況が継続しているため、極渦が強く安定している年には、北半球であっても大規模なオゾン層破壊が発生する可能性がある。図 I 4-5 で示された数年毎の大規模な化学的破壊は、こうした気象状況の影響と考えられる（気象庁, 2005; WMO, 2011; Manney *et al.*, 2011）。

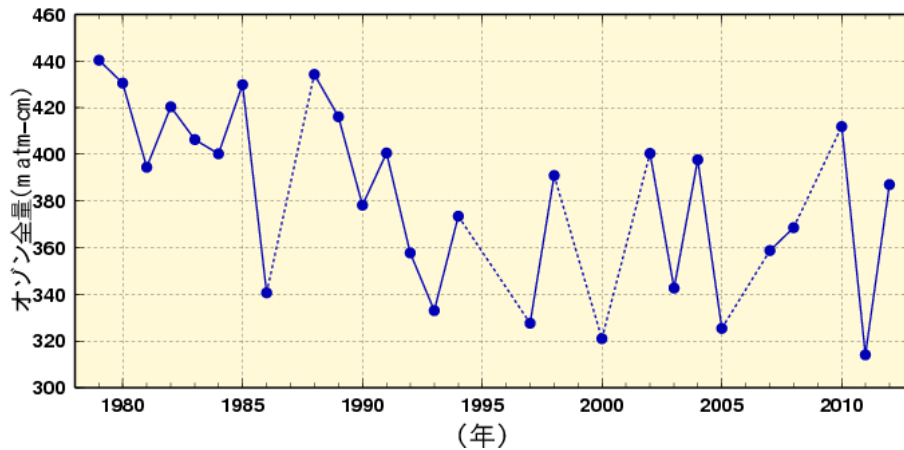


図 I 4-5 : 北半球3月の極渦内（等価緯度北緯63度以北）で平均した日別オゾン全量の月最低値の経年変化

等価緯度（巻末「用語解説」参照）に相当する渦位およびその範囲は気象庁の気候データ同化システム（JRA25とJCDAS）による渦位の解析値（等温位面475 K（高度約19km）上）から計算した。オゾン全量データはNASA提供の衛星観測データをもとに気象庁で作成した。1995、1996年はTOMSデータが欠測のため値がない。また、極渦が3月以前に消滅したと推定される年は描画していない。