

## 3-2. 極域のオゾン層の状況

### 3-2-1. 南極域上空のオゾン層の状況

1980 年代初め以降、南極域上空では、毎年 8~12 月にオゾン量が極端に減少し、オゾンホールと呼ばれる現象が発生する。南極域上空のオゾン層の状況に関して、オゾン全量の経年変化、高度別トレンド、及び 2013 年のオゾン全量は以下のとおりである。

#### (a) オゾン全量の経年変化

##### オゾンホールの経年変化(衛星データ)

オゾンホールの面積、最低オゾン全量、オゾン欠損量（破壊量）の極値及びオゾンホール消滅日（オゾンホールの目安である 220m atm-cm 以下の領域が消滅した日）の経年変化を図 1-3-8 に示す。南極オゾンホールの規模は 1980 年代から 1990 年代半ばにかけて急激に拡大したが、1990 年代後半以降は、年々変動による増減はあるものの、長期的な拡大傾向はみられなくなった。しかし、オゾンホールの規模は依然として大きい状態が続いている。

2013 年のオゾンホールの最大面積(2,340 万 km<sup>2</sup>)は、過去（2003~2012 年）の平均値（2,500 万 km<sup>2</sup>）と同程度だった。2013 年のオゾン欠損量の最大値（7,450 万トン）は、過去（2003~2012 年）の平均値（8,530 万トン）と同程度だった。オゾンホールはほぼ毎年大規模に形成されており、年々変動が大きいいため、現時点でオゾンホールに縮小の兆しがあるとはまだ言えず、南極域のオゾン層は依然として深刻な状況にある。

オゾンホール消滅日は、1990 年頃まで年々遅くなる傾向があった。1990 年代半ば以降は 2002 年に早く（11 月中）消滅した他は、12 月に消滅することが多く、2013 年の消滅日は 11 月 18 日であり、1990 年代以降では 2002 年、2012 年について 3 番目に早かった。

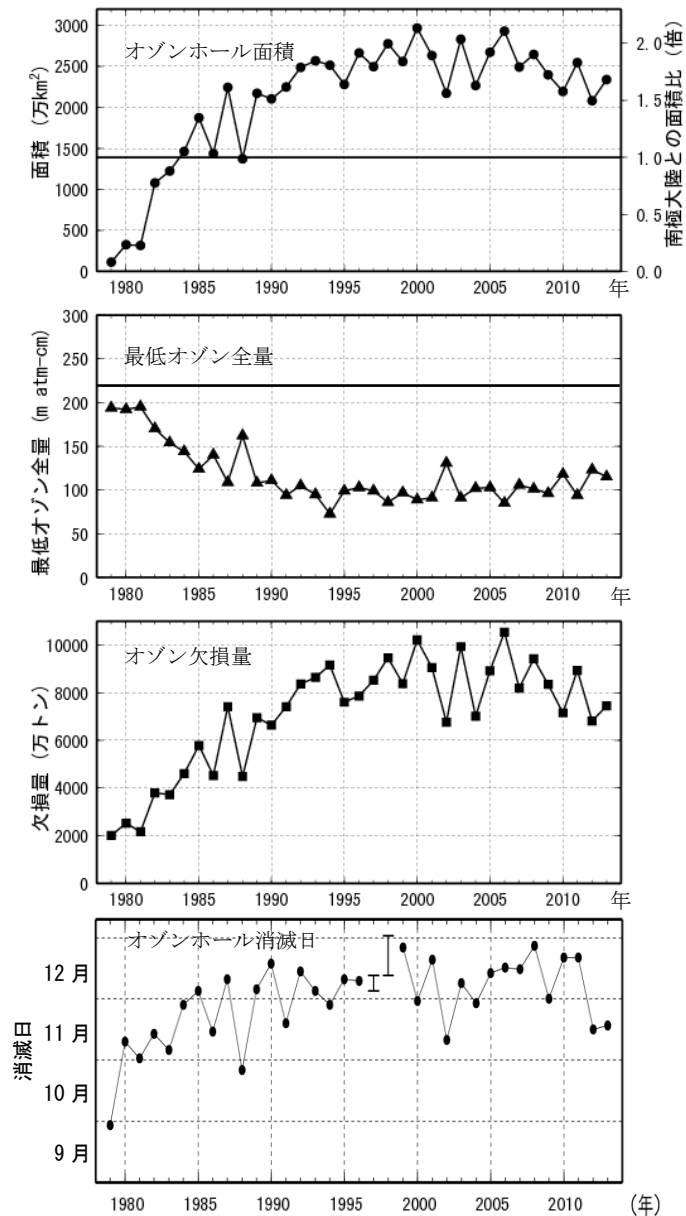


図 1-3-8 オゾンホールの規模及び消滅日の経年変化 (1979~2013 年)

1979~2013年のオゾンホールの面積、最低オゾン全量、オゾン欠損量の年極値、220m atm-cm以下の領域が消滅した時期の変化。いずれの図もNASA提供の衛星データをもとに作成。オゾンホール面積の図の横直線は南極大陸の面積、最低オゾン全量の横直線はオゾンホールの目安である220m atm-cmを表す。1995年は、オゾンホールの消滅日についてはSBUV/2を、それ以外の図はTOVSの高分解能赤外放射計のデータをもとに作成した。なお、1997年及び1998年は、衛星データの一部(1997年12月5日~13日、1998年12月13日~1999年1月2日)が得られていないため、消滅日を特定できていないが、縦棒で示した期間中に消滅したと推定される。(出典) 気象庁 オゾン層・紫外線の年のまとめ(2013年)より

**（参考） 南極オゾンホール規模の定義**

オゾンホールの規模の目安として、オゾンホールの面積、最低オゾン全量、オゾン欠損量（破壊量）の3要素が以下のように定義されている。

オゾンホール面積：南緯45度以南でのオゾン全量が220m atm-cm以下の領域の面積

最低オゾン全量：オゾンホール内のオゾン全量の最低値

オゾン欠損量：南緯45度以南のオゾン全量を300m atm-cm（オゾン全量の地球規模の平均値）に回復させるために必要なオゾンの質量

**月平均オゾン全量の経年変化(昭和基地上空)**

オゾンホールの縁辺となることが多い南極昭和基地における春～秋季にかけての月平均オゾン全量の経年変化を図1-3-9に示す。オゾンホールの時期にあたる9月から12月のオゾン全量が、1980年頃から長期的に減少している。2013年のオゾンホール時期のオゾン全量は、12月を除き1990年代半ば以降の中では多かった。なお、2002年の9月から11月にオゾン全量が大きく増加しているのは、9月に南極域で大規模な成層圏突然昇温が発生し、成層圏の気温が過去50年で最高となるような特異な気象条件となり、オゾン破壊が大規模に進まなかったことによる。

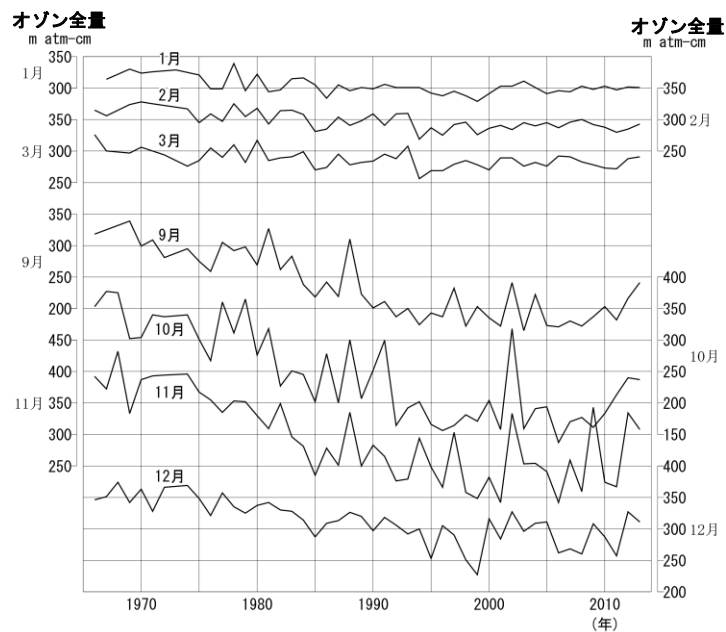


図 1-3-9 南極昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化（毎年 1～3 月、9～12 月）  
 （出典）気象庁 オゾン層・紫外線の年のまとめ（2013 年）より

(b) 高度分布のトレンド

南極昭和基地上空における1980年以降のオゾンゾンデ観測による高度別オゾン分圧のトレンドを図1-3-10に示す。これは、太陽活動など既知の周期的な自然要因と相関の高い変動成分を除去した後、折れ線フィッティングにより求めた値である。

2013年のオゾン分圧の1979年からの変化の割合（%）の鉛直分布（図上段）をみると、通年では高度15km付近でのオゾン減少が大きく、春季（9～11月）は特に顕著である。また、1997年以降の変化量（図下段）には、通年では、高度10km（200hPa）～高度18km（70hPa）付近で、春季では高度13km（150hPa）～高度18km（70hPa）付近で有意な増加傾向が見られたが、それ以外の高度では有意な傾向は見られず、オゾン分圧が低い状態が続いている。

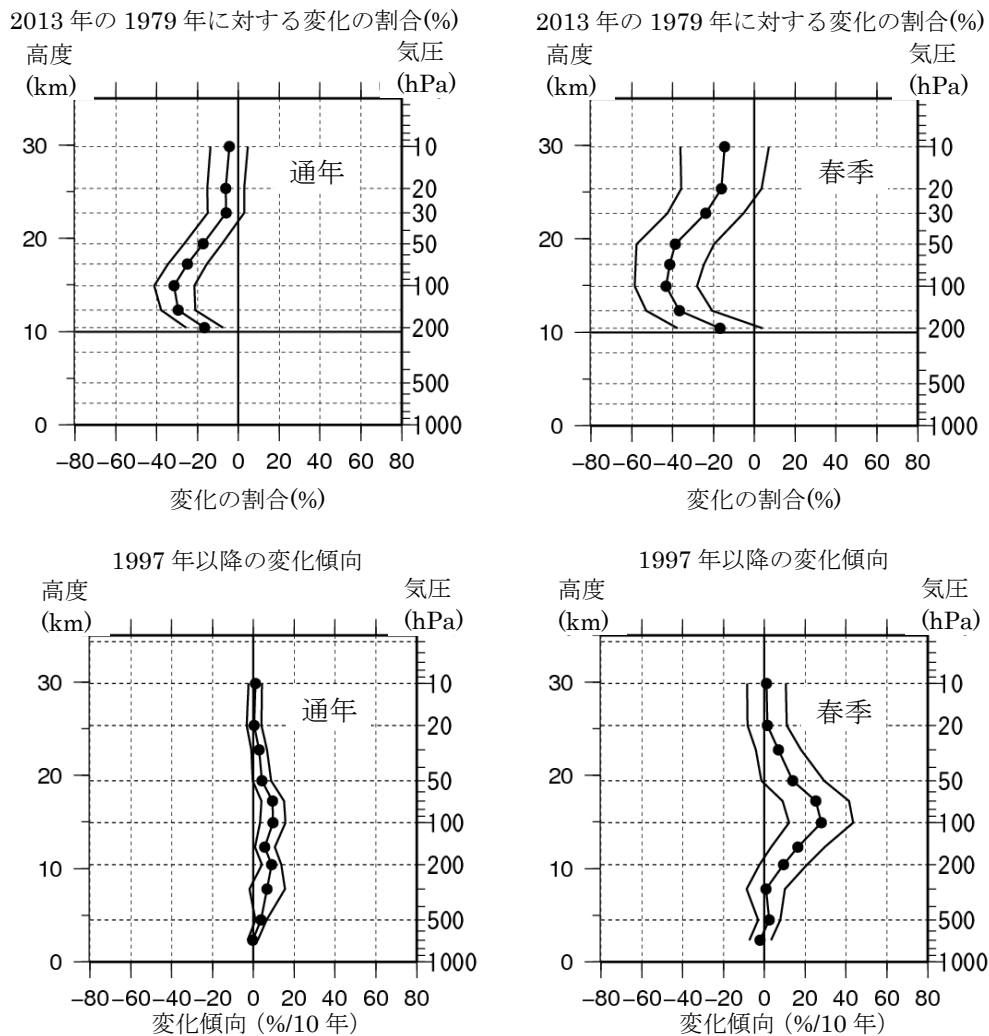


図1-3-10 南極昭和基地におけるオゾン分圧のトレンドの高度分布

●印はオゾンゾンデ観測から求めた高度別オゾン分圧のトレンド。上段は、2013年のオゾン分圧の1979年からの変化の割合（%）。下段は、1997年以降2013年までのデータを用いて求めた変化傾向（%/10年）である。横軸は変化量、縦軸は高度。外側の折線は95%信頼区間の範囲。左（通年）は月別値から、右が春季（9～11月）の値から求めた変化傾向。折れ線フィッティングによる解析から求めた。

（出典）気象庁 オゾン層・紫外線の年のまとめ（2013年）より

(c) 2013 年の南極域におけるオゾン全量  
オゾンホール規模の推移(衛星観測)

衛星観測データの日別値から求めた2013年オゾンホールの規模の推移を図1-3-11に示す。

2013年のオゾンホールは、例年と同様に8月に発生し、その面積は9月16日に今年の最大面積である2,340万km<sup>2</sup>（南極大陸の約1.7倍）まで拡大した。その後、10月上旬以降急速に縮小し、過去（2003～2012年）の同期間と比べて小さい規模で推移し、11月18日に消滅した。オゾン欠損量は、9月16日に最大となる7,450万トン、最低オゾン全量は9月29日に年最低値である115m atm-cmとなった。

2013年の最大面積は、過去10年間（2003～2012年）の平均値（2,500万km<sup>2</sup>）と同程度だった。2013年のオゾン欠損量の年最大値は、過去10年間（2003～2012年）の平均値（8,530万トン）と同程度で、最低オゾン全量の年最低値は、1990年代以降で2002年、2012年、2010年について4番目に大きかった。

2013年の最大面積は過去10年間（2003～2012年）の平均値（2,500万km<sup>2</sup>）と同程度だったが、10月以降は過去の同時期と比べて小さく推移し、早めに縮小した。これは、南極下部成層圏の気温が10月以降、例年と比べて高く推移したこと、また、極渦が安定せず、低緯度側からのオゾン量の多い空気塊の流入が促進され、オゾンホールの発達が妨げられたことが要因と考えられる。

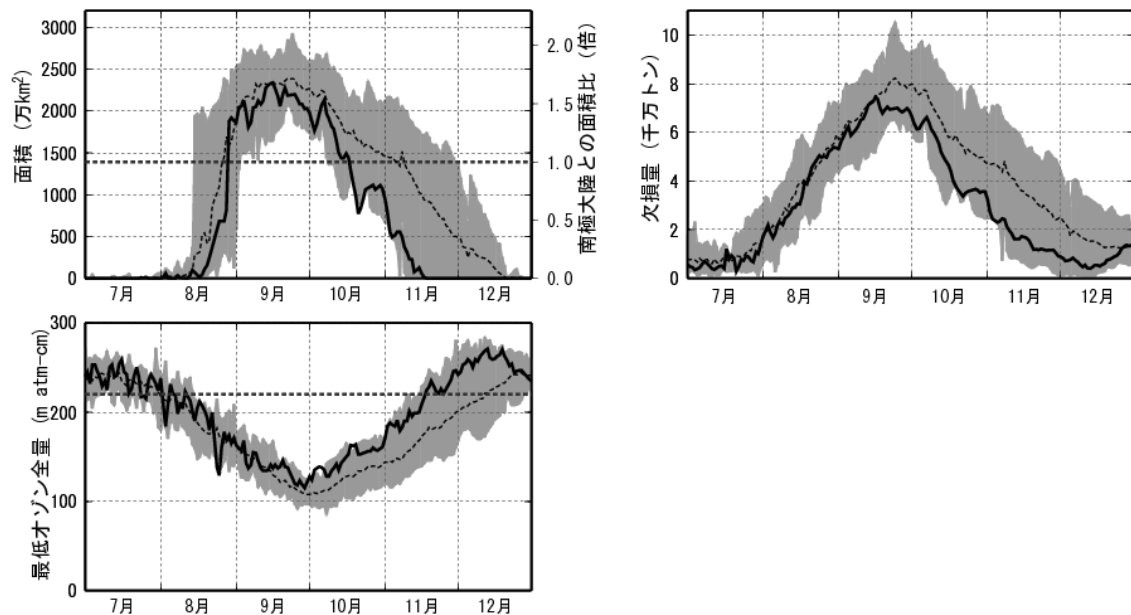


図 1-3-11 オゾンホールの規模の推移（2013年7月～2013年12月）

実線は2013年、破線は過去10年間（2003～2012年）の平均値、陰影部の上端と下端は、同期間の最大（最高）値と最小（最低）値を示す。また、面積の図の横破線は南極大陸の面積、最低オゾン全量図の横破線はオゾンホールの広がりを目安となる220 m atm-cmを表す。NASA提供の衛星データをもとに気象庁で作成。（出典）気象庁 オゾン層・紫外線の年のまとめ（2013年）より

### 月平均オゾン全量・日別オゾン全量(南極昭和基地の地上観測)

昭和基地上空の月平均オゾン全量を図1-3-12に示す。2013年は、1994～2008年の平均値と比較すると、オゾンホール期間の9～11月に「多い」となった。

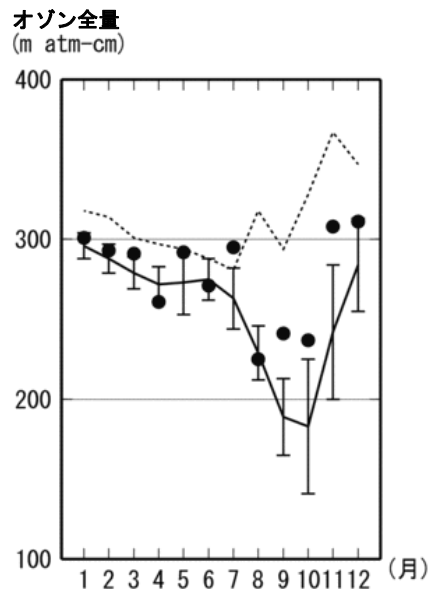


図 1-3-12 南極昭和基地における月平均オゾン全量 (2013 年)

●印は2013年の月平均値。点線はオゾンホールが出現する以前の1961～1980年の平均値。折線（実線）は1994～2008年の平均値で、縦線はその標準偏差である。

（出典）気象庁 オゾン層・紫外線の年のまとめ（2013年）より

昭和基地で観測したオゾン全量の日代表値の変動を図1-3-13に示す。

9月下旬にオゾンホールの目安である 220m atm-cm を大きく下回り、9月25日に2013年の最小値である 161m atm-cm を記録した。その直後から10月中旬には、オゾン全量が 220 m atm-cm を上回ることが多くなった。特に10月はじめには過去の最大値となる日もあった。11月6日以降は 220 m atm-cm よりも高くなり、以後ほぼ 300～370 m atm-cm の範囲で推移した。

9月下旬から10月中旬以降のオゾン全量が多くなった原因は、昭和基地がオゾンホールの外側のオゾン全量の多い領域に入ったことに対応している。

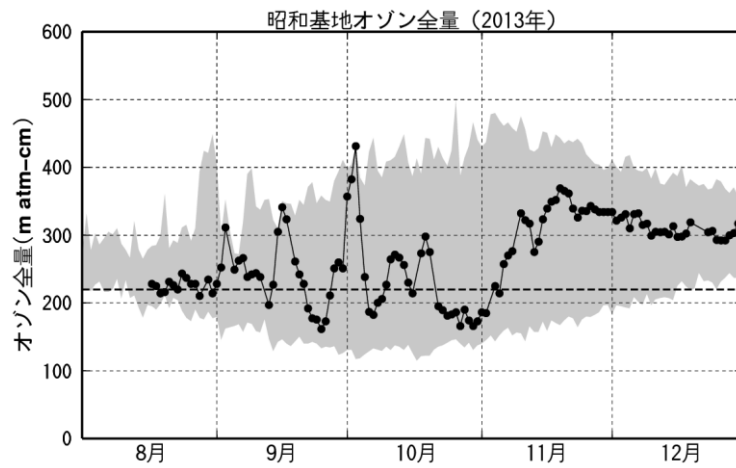


図 1-3-13 南極昭和基地における日別オゾン全量の推移（2013年8月～2013年12月）  
●は2013年の観測値（日代表値）。陰影部の上端と下端は観測開始（1961年）以来の最大及び最小値。横破線はオゾンホールを目安である220m atm-cmの値。  
（出典）気象庁 オゾン層・紫外線の年のまとめ（2013年）より

（参考） 南極域上空の最低気温等の推移（2013年）

オゾンホール形成に大きな役割を果たす極域成層圏雲は、 $-78^{\circ}\text{C}$ 以下の低温状態が持続する場合に生成される。

図1-3-14に、2013年の南極域上空の下部成層圏の最低気温及び気温が $-78^{\circ}\text{C}$ 以下の面積の推移を示す。2013年の南極域の50hPaの日最低気温\*は、例年と同じ5月中旬から10月上旬まで $-78^{\circ}\text{C}$ 以下となり、8月中旬までは過去の平均値（1979～2012年）より概ね低く推移した。その後過去の平均値を中心に上下し、10月中旬以降はほとんどの期間で過去の平均値より高い状態だった。 $-78^{\circ}\text{C}$ 以下の面積の推移を見ると、6月下旬まで過去の平均値より大きく推移したが、7月から9月中旬までは過去の平均値を中心に上下し、9月下旬以降は概ね過去の平均値より小さくなり、10月上旬に面積がゼロとなった。

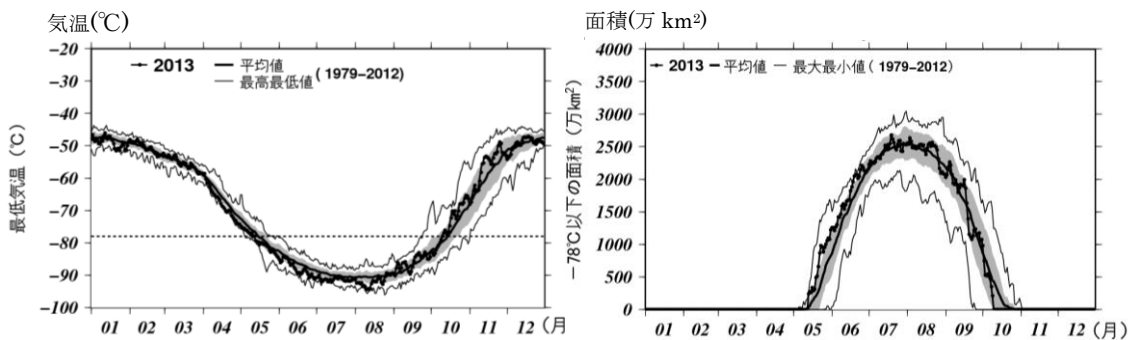


図 1-3-14 南極域上空の下部成層圏の最低気温（左）及び気温が $-78^{\circ}\text{C}$ 以下の領域の面積（右）の推移（2013年1月～2013年12月）

南緯60度以南の50hPa(高度約20km)面における日別の最低気温の推移(左図)と極域成層圏雲の出現する目安となる $-78^{\circ}\text{C}$ 以下の領域の面積の推移(右図)。●印は2013年の値を示す。陰影中の太実線は1979～2012年の平均値。陰影外の細実線は同期間の最高(最大)値及び最低(最小)値。陰影は標準偏差の範囲。左図中の横の直線は極域成層圏雲出現の目安である $-78^{\circ}\text{C}$ 。

(出典) 気象庁 オゾン層・紫外線の年のまとめ(2013年)より

\* 「オゾン層・紫外線の年のまとめ(2011年)」までは、南極下部成層圏として30hPaの気温データを用いていた。しかし、WMOの報告等では50hPaのデータが用いられることが多く、最大オゾン欠損量との相関も良いことが確認されているため、「オゾン層・紫外線の年のまとめ(2012年)」よりこれを用いている。