

2-2 南極オゾンホール長期変化

衛星観測データからみたオゾンホールの経年変化

南極オゾンホールの年最大面積とオゾン欠損量の年最大値、および年最低オゾン全量の経年変化を図2-4に示す。これによると、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。1990年代半ば以降は、年々変動はあるものの、長期的な拡大傾向はみられなくなった。しかし、南極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。

次に、オゾンホールの規模を年ごとの最盛期だけではなく、その年のオゾンホール出現期間全体で評価する指標として、オゾンホール面積年積算値を定義し、その経年変化を図2-5aに示す。図2-4aの年最大面積では2014年は2013年と同じだったが、面積年積算値では2014年は2013年より大きく、また11月のオゾンホール面積の平均値も2013年に比べて2014年の方が大きいことから、2014年のオゾンホールが2013年に比べて面積が大きい時期が多く継続期間も長かったことに対応している。この指標でも、年ごとのオゾンホールの規模は依然として大きな状態であることがわかる。

南極オゾンホールは11～12月に消滅することが多い。そこで、オゾンホールの縮小ペースの年ごとの遅速の目安となる指標として、11月に観測された220 m atm-cm以下（オゾンホールの目安となるオゾン全量）の領域面積の平均値の経年変化を図2-5bに示す。11月平均値は年々変動が大きいものの、1986年以降急速に拡大し、近年も2006～2011年は比較的大きかった。

南極オゾンホールの規模には、オゾン層破壊物質の濃度の変化にともなう長期的な変化に加えて年々変動がみられ、2000年以降は年々変動が大きい傾向がある。このような年々変動は南極域上空の成層圏の極渦の強さや下部成層圏の気温などの大気の変動に対応している。2002年の事例では、その年の9月に発生した成層圏突然昇温によって成層圏気温が過去50年で最高となり、これに対応してオゾンホールの規模は近年としては特に小さくなった。

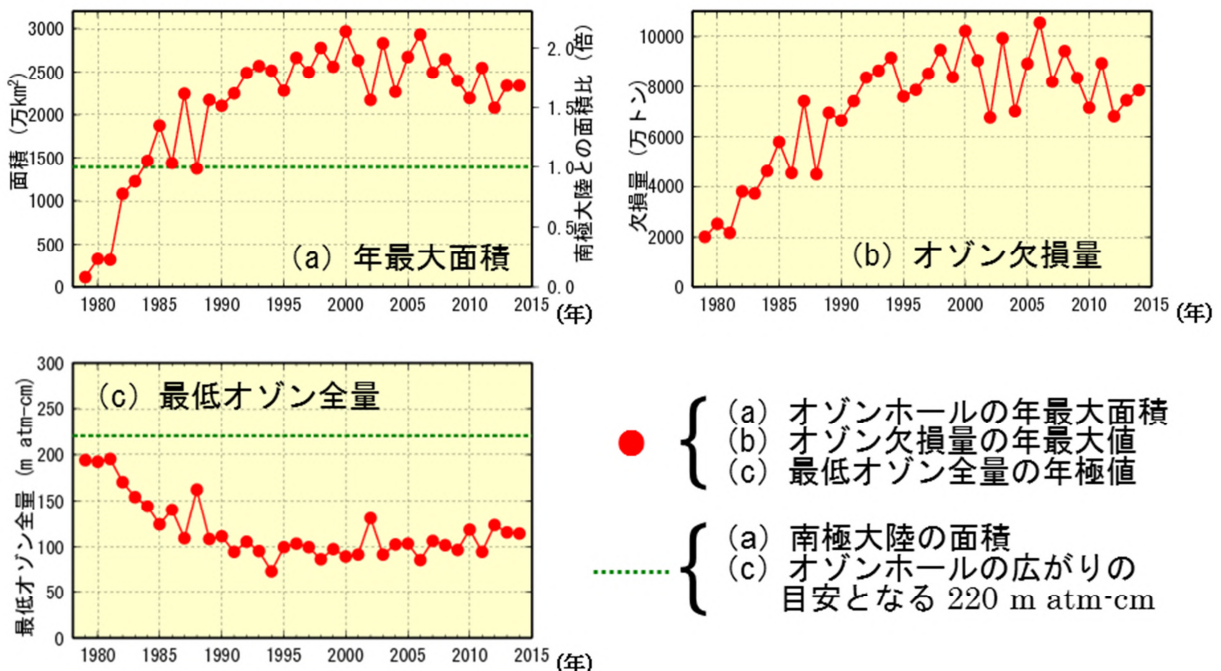


図2-4：オゾンホールの規模の経年変化

NASA 提供の衛星データをもとに作成（主に TOMS/OMI データを使用。1995 年のみ TOVS の高分解能赤外放射計のデータを使用）。

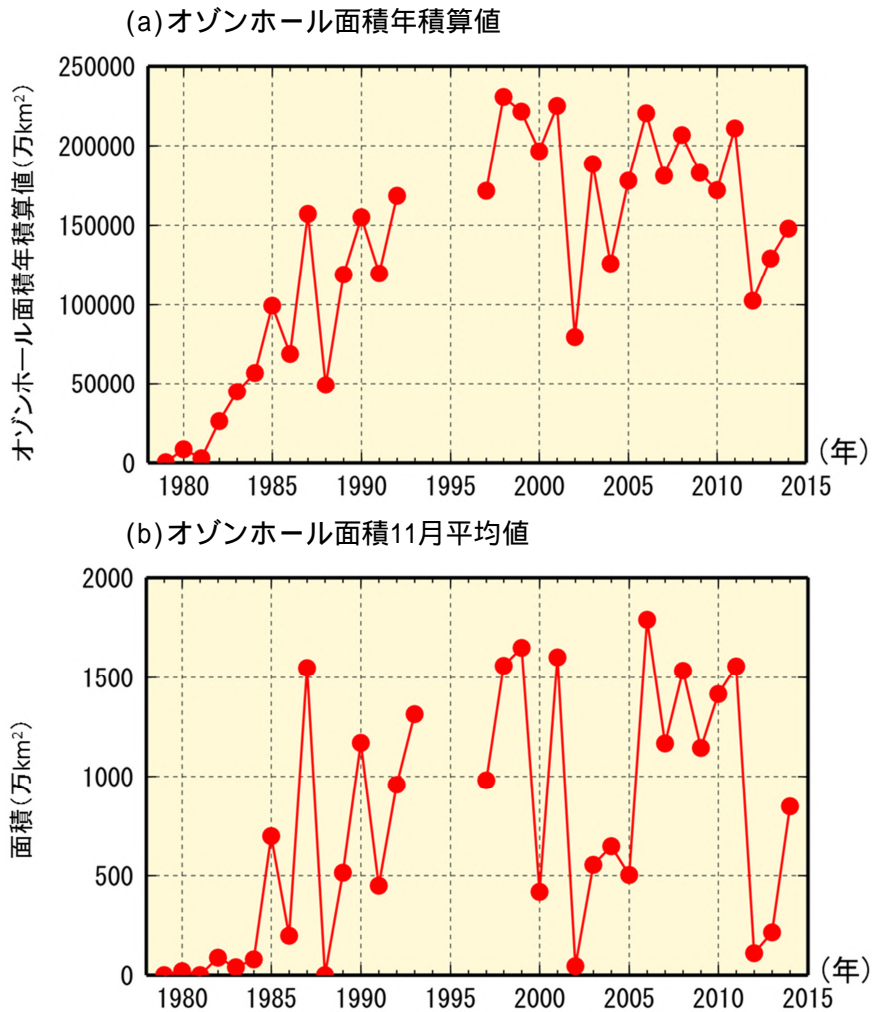


図2-5：オゾンホールの規模と縮小ペースの経年変化

1979～2014年の220 m atm-cm以下の領域面積の(a)年積算値と(b)11月平均値の経年変化。NASA提供の衛星データをもとに作成。年積算値の1993～1996年と11月平均値の1994～1996年についてはデータが十分得られていないため、面積を求めていない。

南極昭和基地上空のオゾン量の経年変化

南極昭和基地における9～12月の月平均オゾン全量の経年変化を図2-6に示す。各月とも1980年頃から減少し、1990年代半ば以降は少ない状態が継続している。9～11月の時系列において、2002年にオゾン全量が急増しているのは、前述のように成層圏の気温が特に高かったことによる。2009年の11月にオゾン全量が多いのは、大気の変動によってオゾンホールが偏って、昭和基地がオゾンホールの外に位置することが多かったためである。

図2-7に、昭和基地のオゾンゾンデ観測による10月の高度12～20 kmの層内における月平均オゾン量の経年変化を示す。この高度のオゾン量は、南極オゾンホールの発達に伴って大きく減少するため、南極オゾンホールの長期的な変化傾向についての指標になる。この高度のオゾン量は、1980年代から1990年代半ばにかけてに急激に減少した後、近年においても1970年代と比較して半分以下の状態が続いている。1992年の極小はピナトゥボ火山噴火(1991年6月)に起因してオゾン破壊が促進されたためと考えられ、2002年にオゾン全量が大きかったのは前述したように南極域で成層圏突然昇温が発生したためと考えられる。

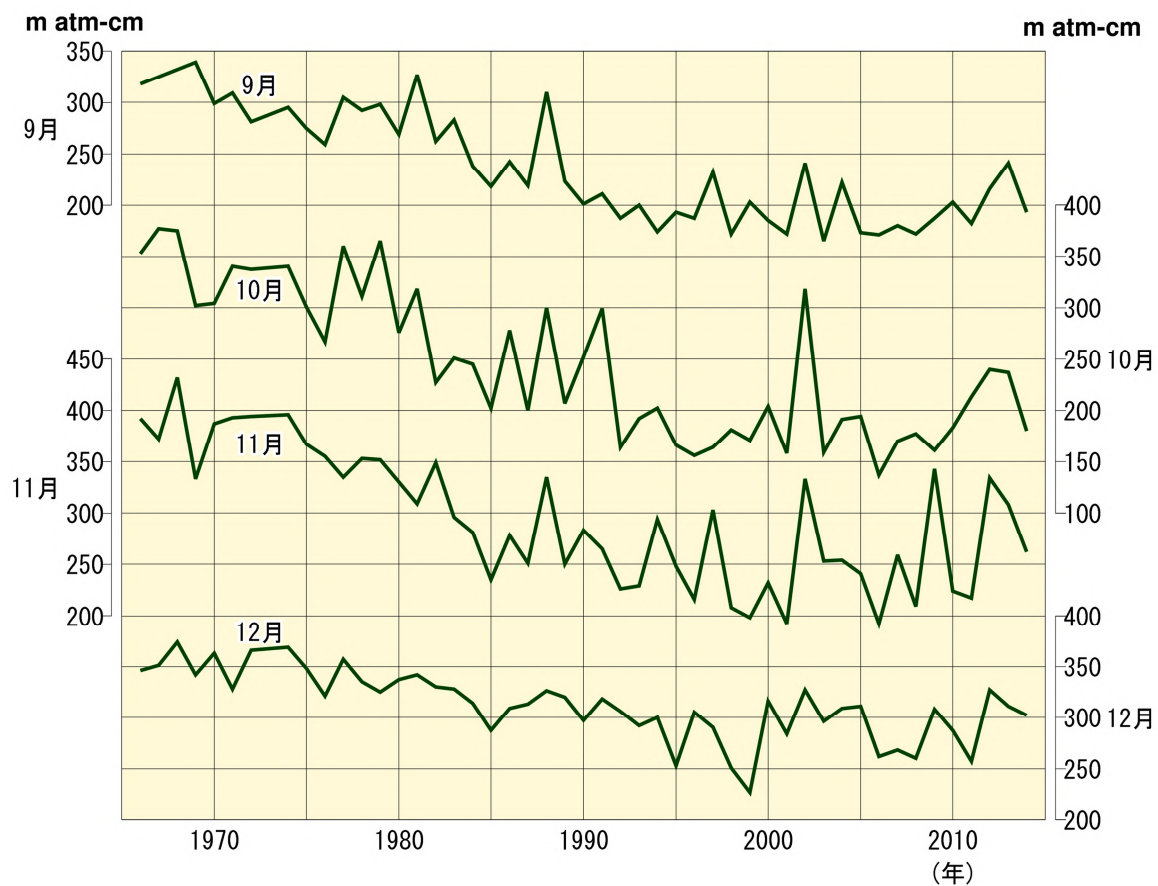


図2-6：南極昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化（9～12月）

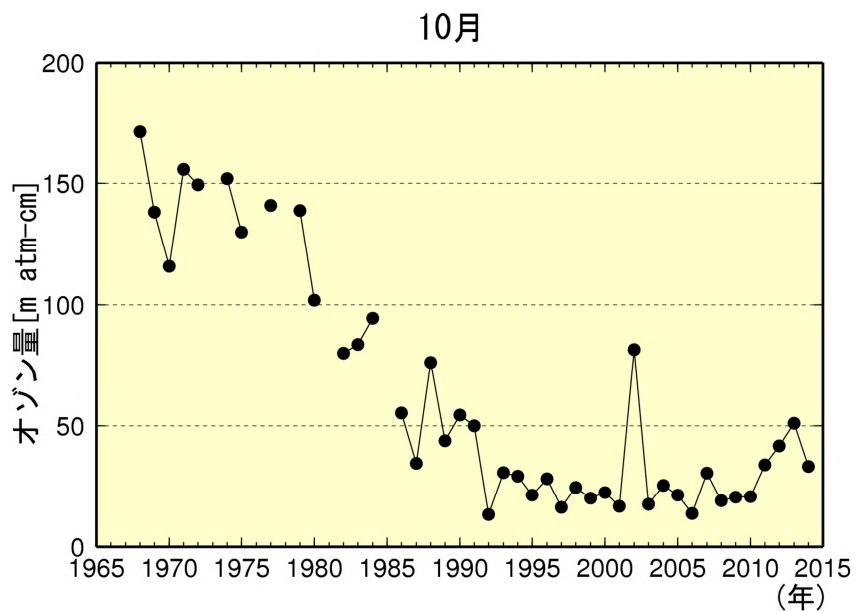


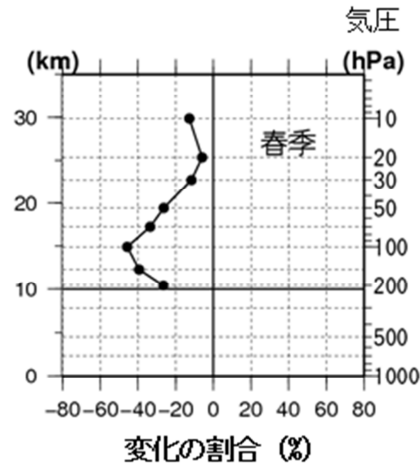
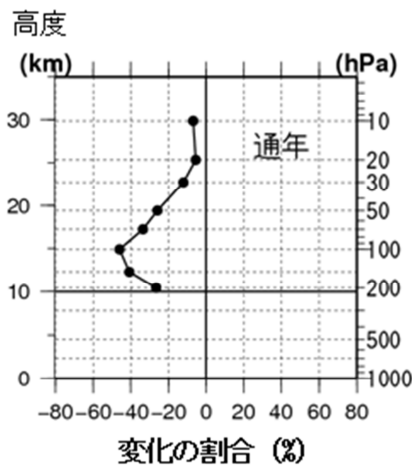
図2-7：南極昭和最地上空（高度12～20km）の10月の月平均オゾン量の経年変化

南極昭和基地上空のオゾンの長期変化傾向

南極昭和基地上空のオゾンの鉛直分布の長期変化傾向を示すため、1970～1980年平均と最近5年平均の差(%)の高度分布を図2-8a、bに示す。これは、オゾンゾンデ観測による高度別オゾン分圧について、1970～1980年平均(この時期にはオゾン層破壊現象がまだ現れていないと見なしうる)と最近5年(2010～2014年)平均の差である。これをみると、通年、春季ともに高度10～30 km付近の全ての高度で1970～1980年平均よりも最近5年平均のほうが低く、特に高度10～18 km付近で顕著である。

2000年以降の変化傾向を図2-8c、dに示す。通年では高度10～18 km付近で、春季では高度13～18 km付近で有意な増加傾向がみられ、特に春季に明瞭だが、それ以外の高度では有意な傾向はみられなかった。このように、昭和基地上空のオゾンは、2000年以降一部高度で有意な増加傾向もみられるが、オゾン層破壊が起こる前と比べれば、依然として広い高度範囲でオゾン分圧の低い状態が続いているといえる。

(a) 1970～1980年平均と最近5年平均の差(%) (b) 1970～1980年平均と最近5年平均の差(%)



(c) 2000年以降の変化傾向

(d) 2000年以降の変化傾向

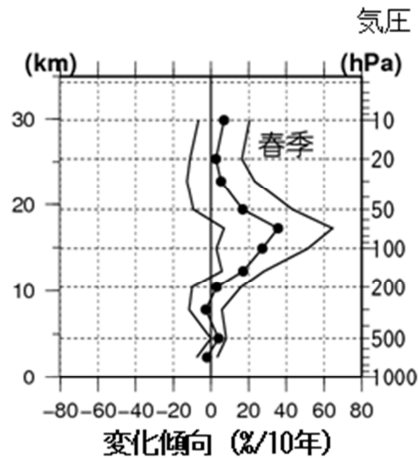
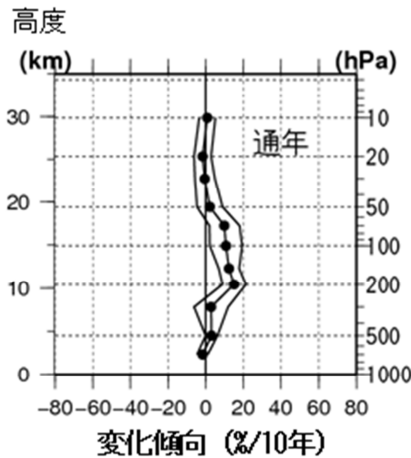


図2-8：南極昭和基地におけるオゾン分圧の長期変化傾向の高度分布

オゾンゾンデ観測から求めた高度別オゾン分圧の長期変化傾向。上段(a)(b)は成層圏におけるオゾン分圧の1970～1980年平均と最近5年間(2010～2014年)の平均との差(%)で、月別平均値から季節変動成分のみ除去したデータから求めた。下段(c)(d)は2000年以降の変化傾向(%/10年)で、月別平均値から季節変動および既知の自然変動による影響を除去した時系列データの回帰直線から求めた(付録2参照)。横軸は変化量、縦軸は高度。下段(c)(d)の外側の折線は95%信頼区間。左(a)(c)は、通年で月別値(1～12月)から、右(b)(d)は春季で、月別値(9～11月)の値から求めた。