

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南極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、オゾン欠損量の年最大値、及び年最低オゾン全量の経年変化をそれぞれ図2-4(a)、(b)、(c)に示す。これらの図から、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、1990年代半ば以降で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が、依然として大きい状態が続いている。2017年は、下部成層圏気温が例年より高く、大規模なオゾン層破壊が進行しなかったため、年最大面積は1988年以来の小さな値となった(図2-4(a))。これは、大気中のオゾン層破壊物質の濃度の変化に伴う長期的な変化だけでなく、その年の気象状況による影響を大きく反映している。

南極オゾンホールの規模を年毎の最盛期の指標である年最大面積だけでなく、その年の出現期間全体で評価する指標として日別のオゾンホール面積(オゾンホールの目安となるオゾン全量が220 m atm-cm以下の領域面積)の年積算値を定義し、その経年変化を図2-5(a)に示す。また、オゾンホールの縮小ペースの年毎の遅速の指標として、オゾンホールの消滅日の経年変化を図2-5(b)に示す。これらの指標においても年最大面積のような最盛期での指標と同様の経年変化がみられるが、オゾンホール面積の年積算値は年々変動が大きい。これは、オゾンホールの出現期間全体での評価が、最盛期での評価に比べ、極渦の偏在化や下部成層圏気温の状況などの気象要因の影響を受けやすいためと考えられる。また、オゾンホールの消滅日についても、オゾンホールの消滅する11月や12月の極渦の状況が影響していると考えられるが、2000年代と比較すると、近年は11月中に消滅する日が多くなっている。

オゾン層破壊物質の濃度は緩やかに減少しているが、依然として高い状態である。オゾン層破壊物質の濃度変化の予測では、今後も毎春(9~11月)に南極オゾンホールは出現し、1980年の水準に回復するのは今世紀半ば以降になると予測されている(WMO, 2014)。

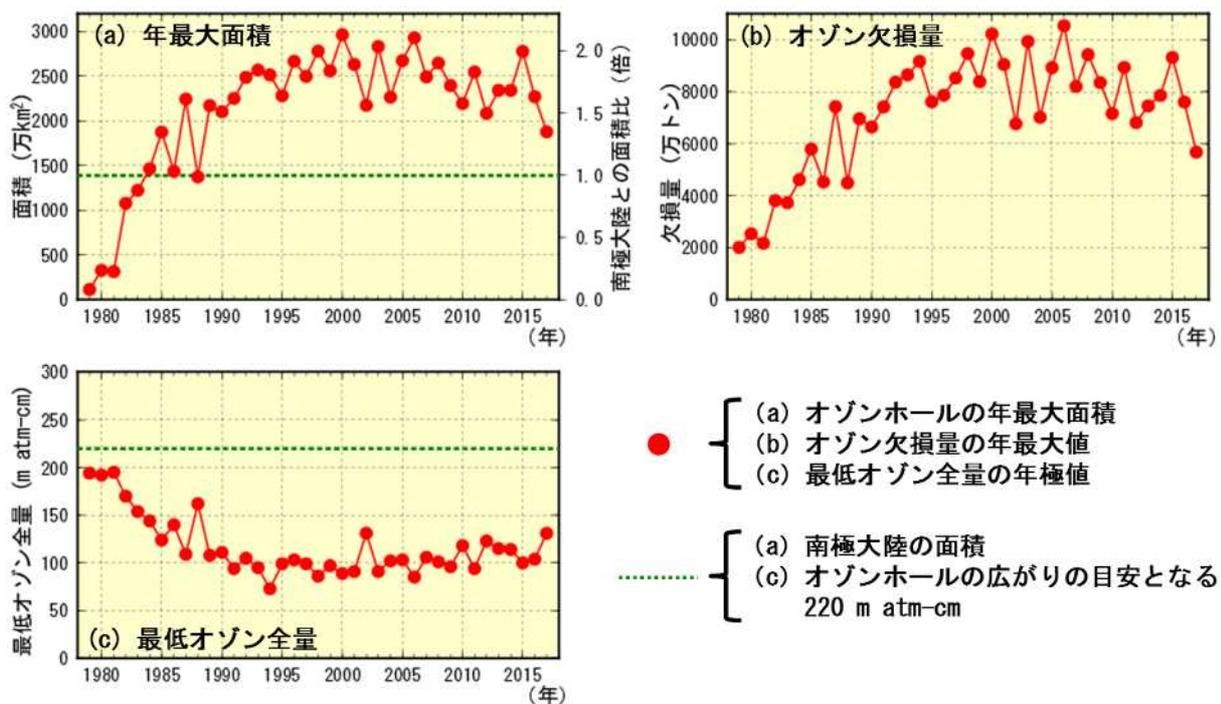


図2-4：南極オゾンホールの規模の経年変化

NASA 提供の衛星観測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)。

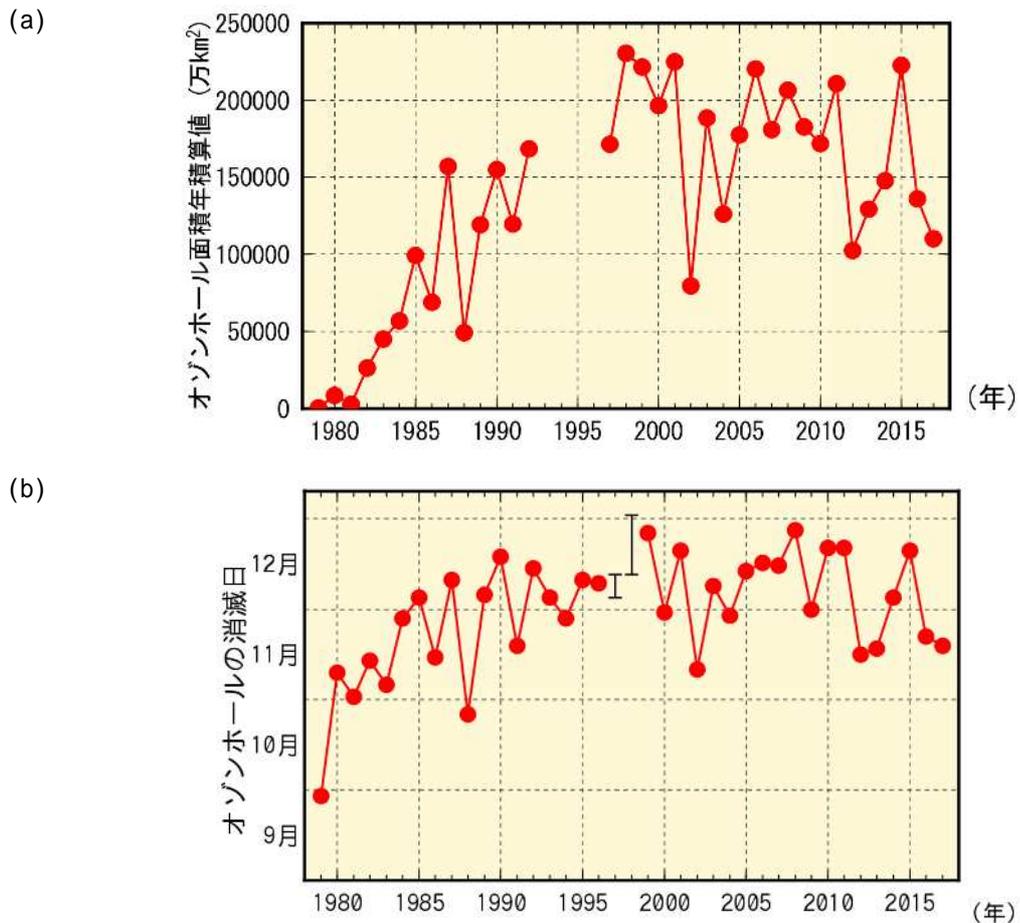


図2-5：南極オゾンホールの規模と縮小ペースの経年変化

1979～2017年における220 m atm-cm以下の領域面積の(a)年積算値及び(b)オゾンホールの消滅日の経年変化。NASA 提供の衛星観測データをもとに作成。(a)年積算値の1993～1996年はデータが十分でないため掲載せず、また(b)オゾンホールの消滅日の1997～1998年は消滅時のデータが欠測であるためエラーバーで記している。

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。2002年の10～11月にオゾン全量が前年に比べ100 m atm-cm以上急増したのは、南極域で9月に成層圏突然昇温が発生して成層圏の気温が上昇し、オゾン破壊が少なかったことによる。また、2009年の11月にオゾン全量が多かったのは、極渦の変動により南極オゾンホールが偏って、昭和基地が南極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。

昭和基地上空の成層圏下部にあたる、高度12～20 kmにおける10月の月平均オゾン量の経年変化を図2-7に示す。この高度のオゾン量は南極オゾンホールの発達にともな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であるが、2012年以降では、2015年を除いてやや多くなっている。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（16ページの脚注2を参照）と考えられる。また、2002年にオゾン量が多かったのは、先に月平均オゾン全量の経年変化（図2-6）で述べたとおり、南極域で成層圏突然昇温が発生して成層圏の気温が上昇し、オゾン破壊が少なかったためである。

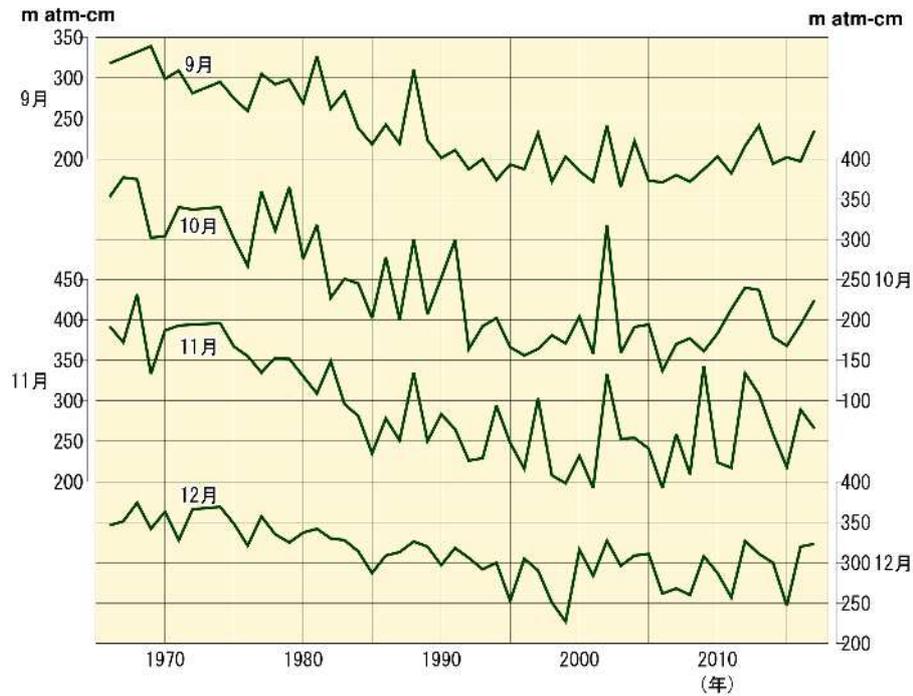


図2-6：南極昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化（9～12月）

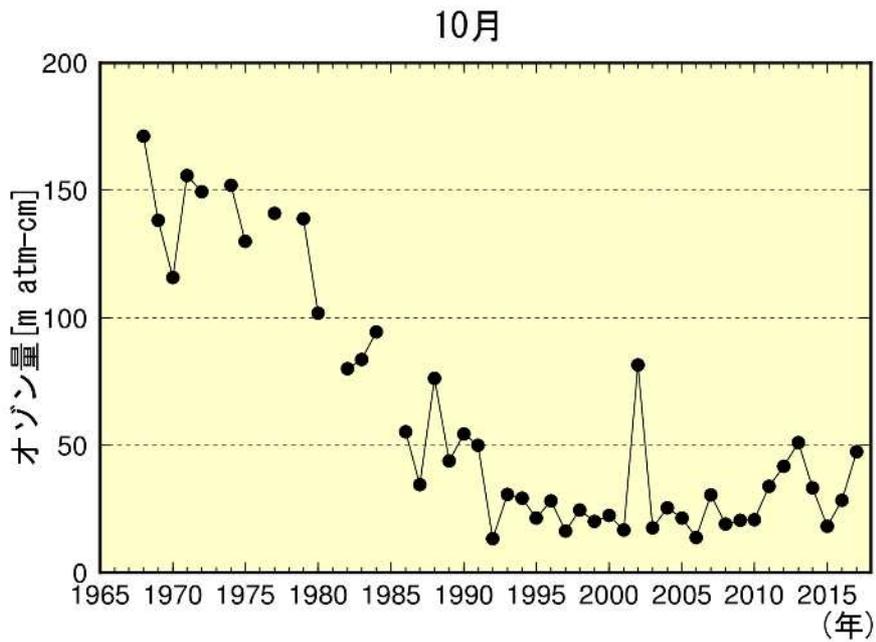


図2-7：南極昭和最地上空（高度12～20 km）の10月の月平均オゾン量の経年変化

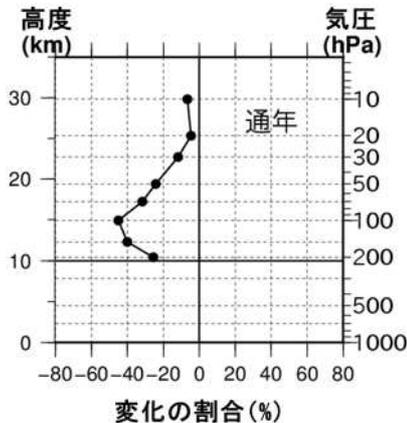
南極昭和基地上空のオゾンの長期変化傾向

南極昭和基地上空のオゾン分圧について、オゾン破壊現象が顕著に現れる以前(1970~1980年)の累年平均値と最近5年間(2013~2017年)の累年平均値の差(%)の高度分布を、通年(図2-8(a))と南極オゾンホールが発生する9~11月の春季(図2-8(b))で示す。これらの解析結果によると、通年と春季ともに高度10~30 km付近で1970~1980年の累年平均値よりも最近5年間の累年平均値の方が低く、特に高度10~20 km付近は-20%以下で顕著に低かった。

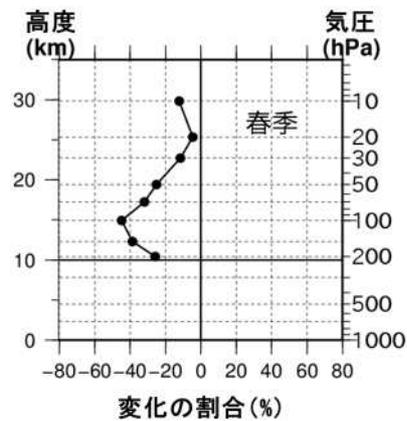
同様に、南極昭和基地上空のオゾン分圧について、2000年以降の長期変化傾向(10年毎の変化率(%))の高度分布を通年(図2-8(c))、春季(図2-8(d))で示す。これらの解析結果によると、通年では高度約10~20 km付近で有意な増加傾向がみられ、春季では15 km付近で有意な増加傾向がみられた。

これらのことから、南極昭和基地上空のオゾン分圧は、2000年以降、一部の高度で有意な増加傾向が確認できるが、顕著なオゾン破壊現象が現れる以前と比べると、依然としてオゾン分圧の低い状態が続いている。

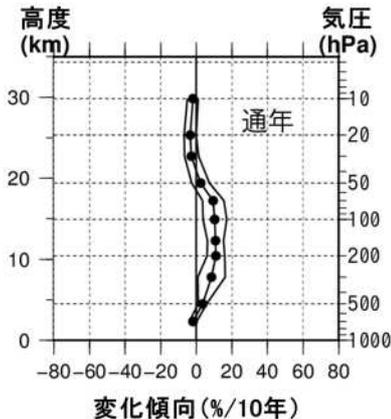
(a) 1970~1980年平均と最近5年平均の差(%)



(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(%/10年)



(d) 2000年以降の変化傾向(%/10年)

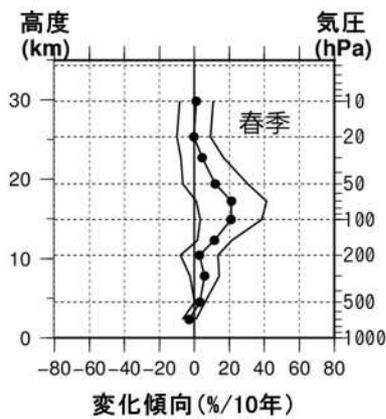


図2-8：南極昭和基地におけるオゾン分圧の長期変化傾向の高度分布

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について1970~1980年の累年平均値と最近5年間(2013~2017年)の累年平均値の差(%)を示しており、月別平均値から季節変動成分のみを除去したデータから求めた。下段(c)、(d)は2000年以降におけるオゾン分圧の変化傾向(%/10年)を示しており、月別平均値から季節変動及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%信頼区間をそれぞれ示す。左(a)、(c)は1~12月の月別値から、右(b)、(d)は春季(9~11月)の月別値からそれぞれ求めた。