

## 2-2 南極オゾンホール の 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、及び領域最低オゾン全量の年極値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、気象状況の影響により年々変動があるものの、1980年代から1990年代半ばにかけて急激に拡大し、1990年代半ば以降では長期的な拡大傾向はみられなくなった。また、南極オゾンホール の 年最大面積とオゾン欠損量は、2000年以降、統計的に有意な縮小傾向となっている (図2-4(a)、(b))。2018年は、下部成層圏気温が例年より低く、大規模なオゾン層破壊が進行する気象状況であったが、1990年代半ばから2000年代半ばほどの規模には拡大しなかった。これらは、大気中のオゾン層破壊物質の濃度が減少しているためと考えられる。

南極オゾンホール の 規模を評価するため年毎の最盛期の指標である年最大面積だけではなく、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 縮小に関する年毎の遅速の指標として、オゾンホール の 消滅日 (オゾン全量が220 m atm-cm以下の領域がなくなった日) 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、最盛期以外の時期の極渦の偏在や下部成層圏気温の状況をもたらす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、近年は早く消滅する傾向がある。

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にある。「オゾン層破壊の科学アセスメント：2018」(WMO, 2018)では、南極オゾンホールは今後次第に縮小する見込みであり、南極オゾンホールが発生する春季のオゾン全量が1980年の水準に回復するのは2060年代と予測している。

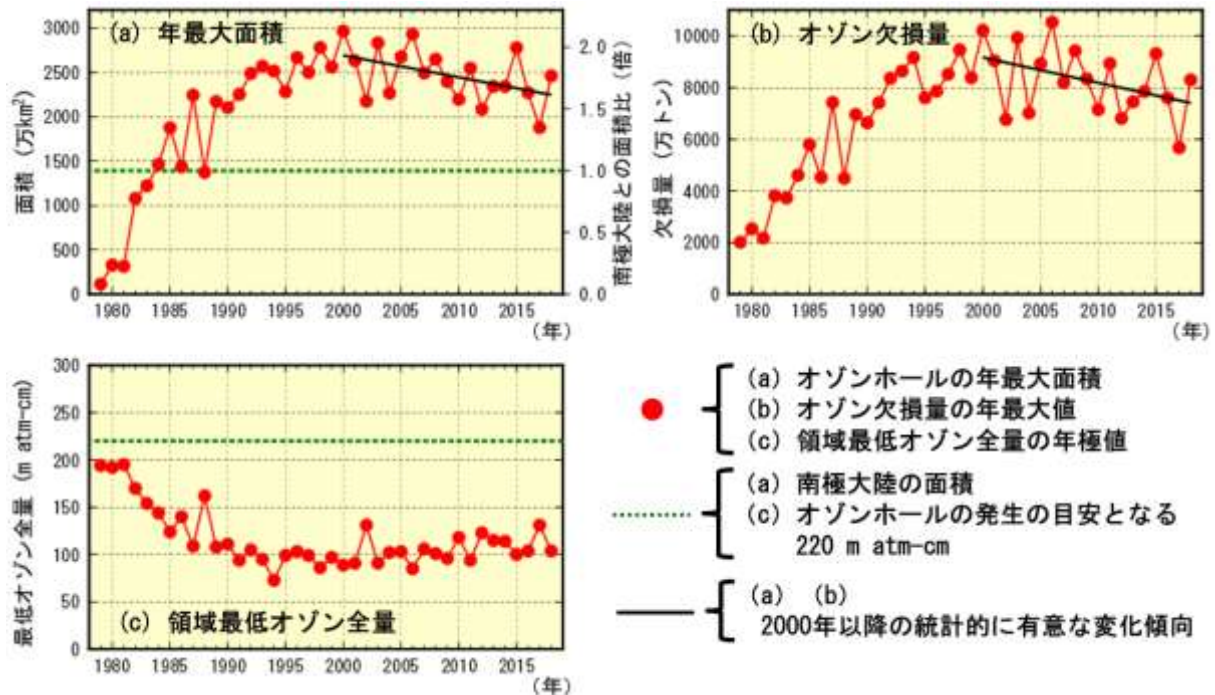
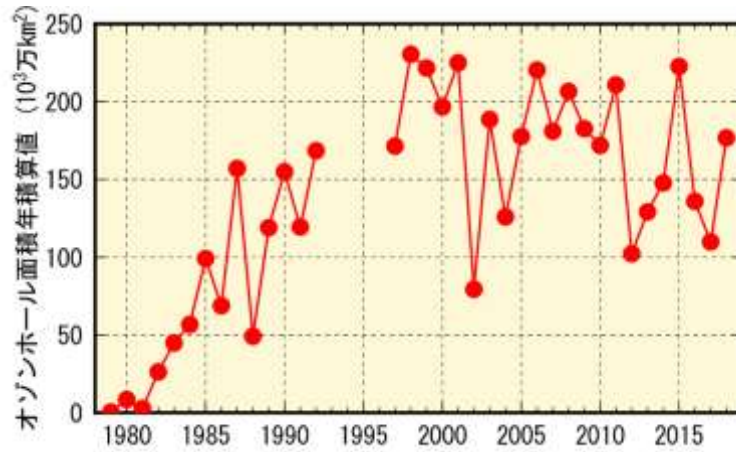


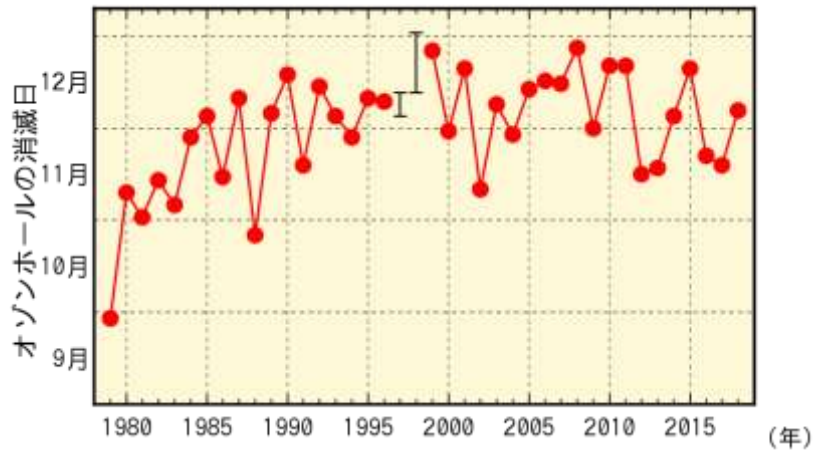
図2-4：南極オゾンホール の 規模の経年変化

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)。

(a)



(b)



**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**

1979～2018年における(a)オゾンホール面積の年積算値及び(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、欠測期間を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年代半ば以降は減少傾向がみられなくなったものの、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月下旬に成層圏突然昇温が発生して下部成層圏のオゾン層破壊の進行が抑制されるとともに、高濃度オゾンが流入したことによる。また、2009年の11月は極渦の偏在により、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、2012年の11月は極渦が安定せず、高濃度のオゾンが流入し、早期に南極オゾンホールが消滅したため、オゾン全量が多かった。

オゾンゾンデ観測による昭和基地上空の高度12～20 km（下部成層圏）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。昭和基地上空のオゾン量は、1970年代は100～150 m atm-cmであったが、1980年代から1990年代半ばにかけて急激に減少し、概ね30 m atm-cm以下となった。2010年以降は、変動が大きいものの、概ね50 m atm-cm以下で依然として少ない状態が続いている。1992年の極小は、ピナトゥポ火山噴火（1991年6月）に起因してオゾン層破壊が促進されたため（18ページの脚注6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、オゾン層破壊が少なかったためである。

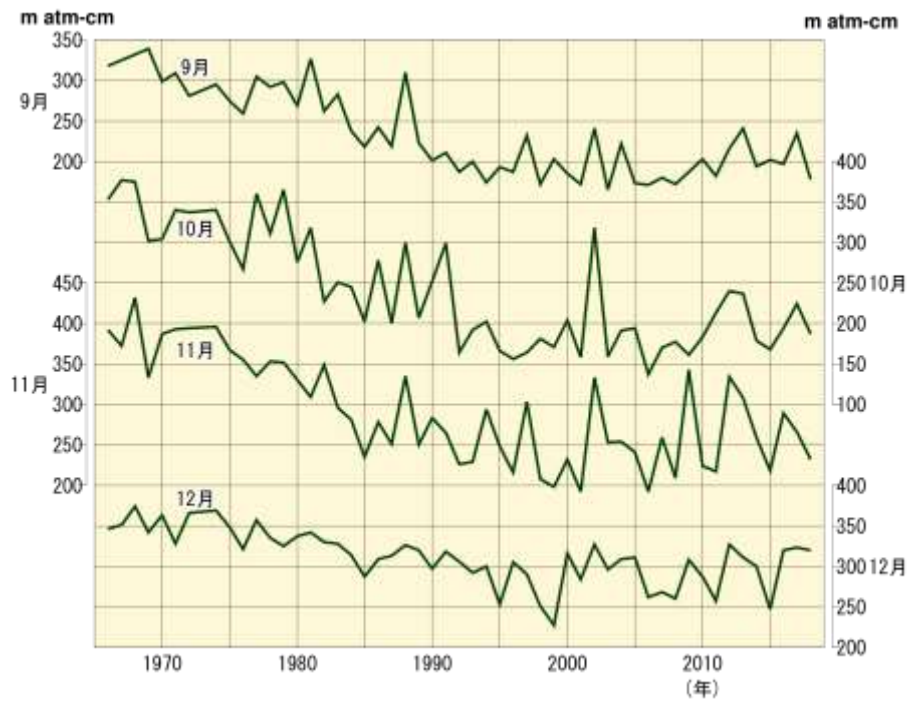


図2-6：南極昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化（9～12月）

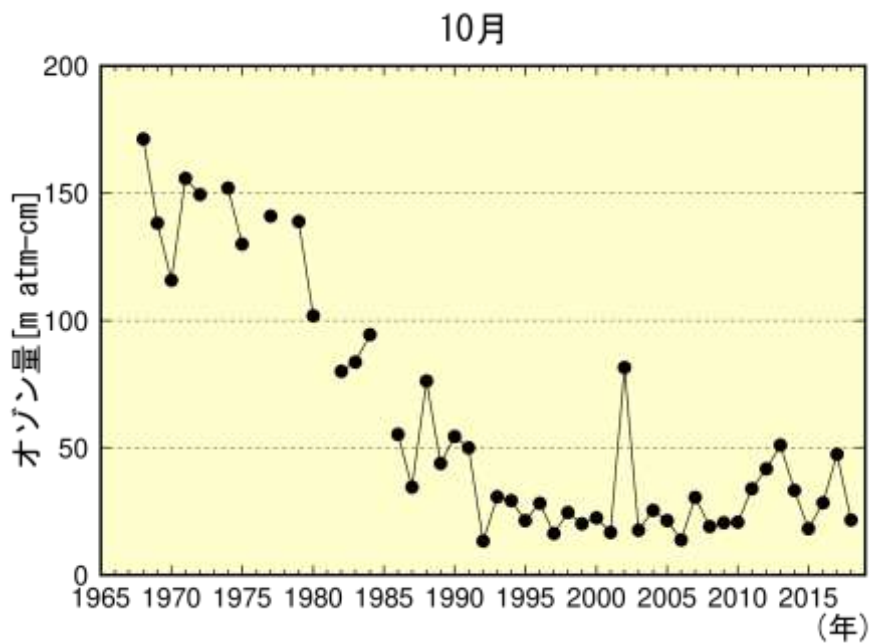


図2-7：南極昭基地上空（高度12～20 km）の10月の月平均オゾン量の経年変化

## オゾンゾンデ観測による南極昭和基地上空のオゾンの長期変化傾向

本項目は2018年版よりオゾンゾンデ観測データの均質性向上のために、過去データの再計算手法を変更したため、2017年版までの報告から大きく変更された（付録1-1参照）。最新版を参照されたい。

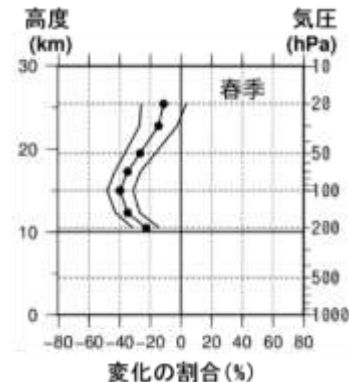
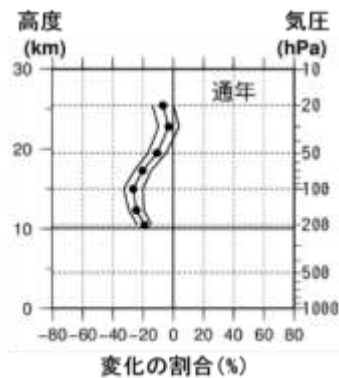
南極昭和基地上空のオゾン分圧について、オゾン層の破壊が進んだとみられる1979～1996年の長期変化傾向（10年あたりの変化率（%））を全年（図2-8(a)）と南極オゾンホールが発生する9～11月の春季（図2-8(b)）で示す。これらの解析結果によると、全年では高度約10～20kmで有意な減少傾向を示し、特に15kmの減少率が大きい。春季では、全年よりもさらに減少率が大きく、また高度約22kmでも有意な減少傾向を示している。これらの減少率が大きい高度は、極渦内におけるオゾン層破壊の影響が大きい下部成層圏にあたるため、昭和基地上空のオゾン分圧の減少は極渦内で起こった化学的なオゾン層破壊の影響が考えられる。

同様に、2000～2018年の長期変化傾向（10年あたりの変化率（%））の高度分布を全年（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、全年では全高度で大きな増減はみられず、また統計的に有意な増減もなかった。春季では高度約15～18km付近で高い増加率となっているが、統計的に有意ではなかった。また10km以下の高度で減少率がやや高く、統計的に有意となる高度があった。

このように、南極オゾンホールの規模が顕著になった1980年頃から1990年代半ばにかけて、南極昭和基地上空10～25km付近のオゾン分圧は大きく減少した。2000年以降、同高度での回帰直線から求めたオゾン分圧の増加率は正となっているが、統計的に有意な増加傾向とはなっていない。

(a) 1979～1996年の変化傾向（%/10年）

(b) 1979～1996年の変化傾向（%/10年）



(c) 2000～2018年の変化傾向（%/10年）

(d) 2000～2018年の変化傾向（%/10年）

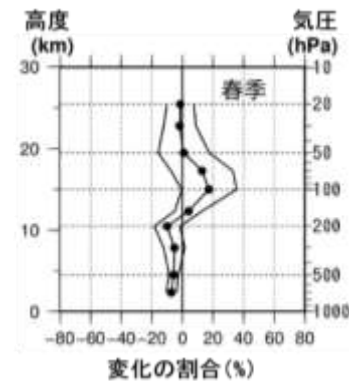
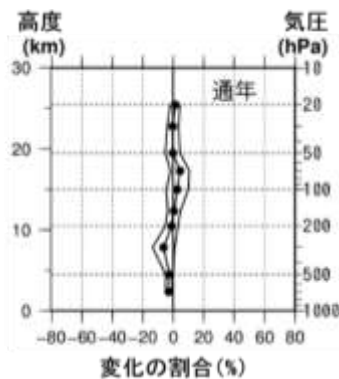


図2-8：南極昭和基地におけるオゾン分圧の長期変化傾向の高度分布

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1979～1996年におけるオゾン分圧の変化傾向（%/10年）、下段(c)、(d)は2000～2018年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）。縦軸は高度、横軸は変化量で、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。