

3. 南極域上空のオゾン層の状況

(1) 昭和基地における観測

ドブソン分光光度計で観測した南極昭和基地上空の月平均オゾン全量は、ほぼ一年を通して参照値よりも小さい状況が近年連続して現れており、特にオゾンホールが出現している期間では極めて小さくなっている(図19)。

また、1966～2001年の特定の月別にみた月平均オゾン全量の経年変化を見ると、オゾンホールの出現時期にあたる9～11月は、年毎にばらつきはあるものの、大きな減少傾向がみられる。これらの3ヶ月ほど顕著ではないが、12～3月にも減少傾向がみられる。昭和基地における観測データについてトレンド解析を行うと、過去20年間のオゾン全量は通年で $(-7.9 \pm 4.6)\% / 10 \text{年}^*$ 、9～11月で $(-15.9 \pm 11.2)\% / 10 \text{年}^*$ になっている(図20)。

2001年のオゾンゾンデによるオゾン分圧の高度分布観測結果によると、9月に入ると次第に高度14～21km付近でオゾン分圧が低くなり始め、10月にはすべての観測で14～20km(100～50hPa)付近のオゾン分圧がほとんど0になっている。11月も平均より低い状態が続いたが、高度23km(30hPa)付近でオゾン分圧が高い日もあった。12月には23km以上で参照値(1968～1980年の平均)並の値となったが、それ以下の高度では低い状況が続いた(図21)。

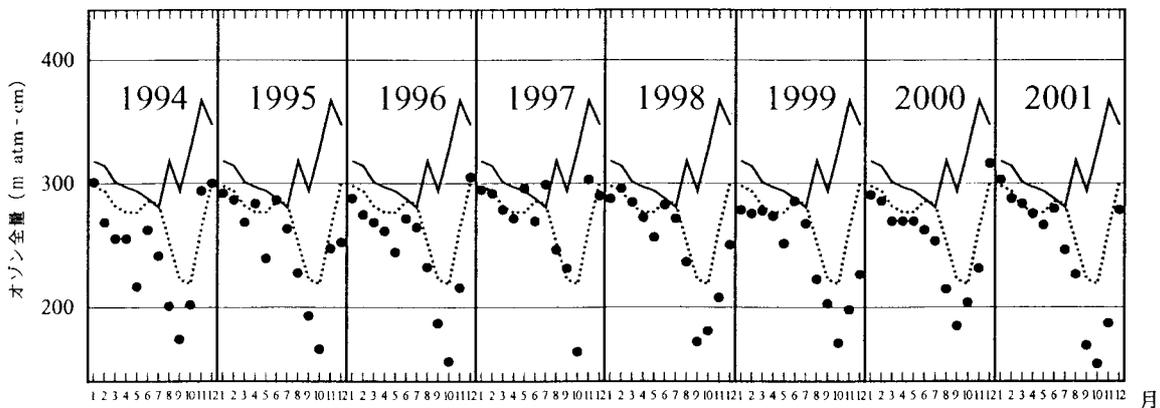


図19 南極昭和基地におけるオゾン全量の変動(1994～2001年)

印は各年の月平均値、折線は参照値(1961～1980年の平均値)、点線は1981～2000年の平均値。

(出典) 気象庁提供データ

* ()内の数値は95%信頼区間を示す。

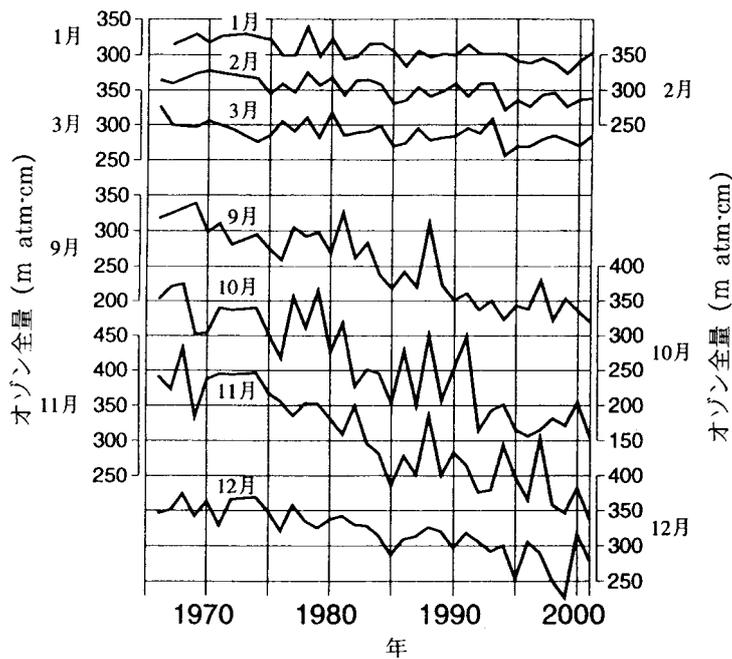


図 20 南極昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化（毎年 1～3 月、9～12 月）
 （出典）気象庁 オゾン層観測報告 2001

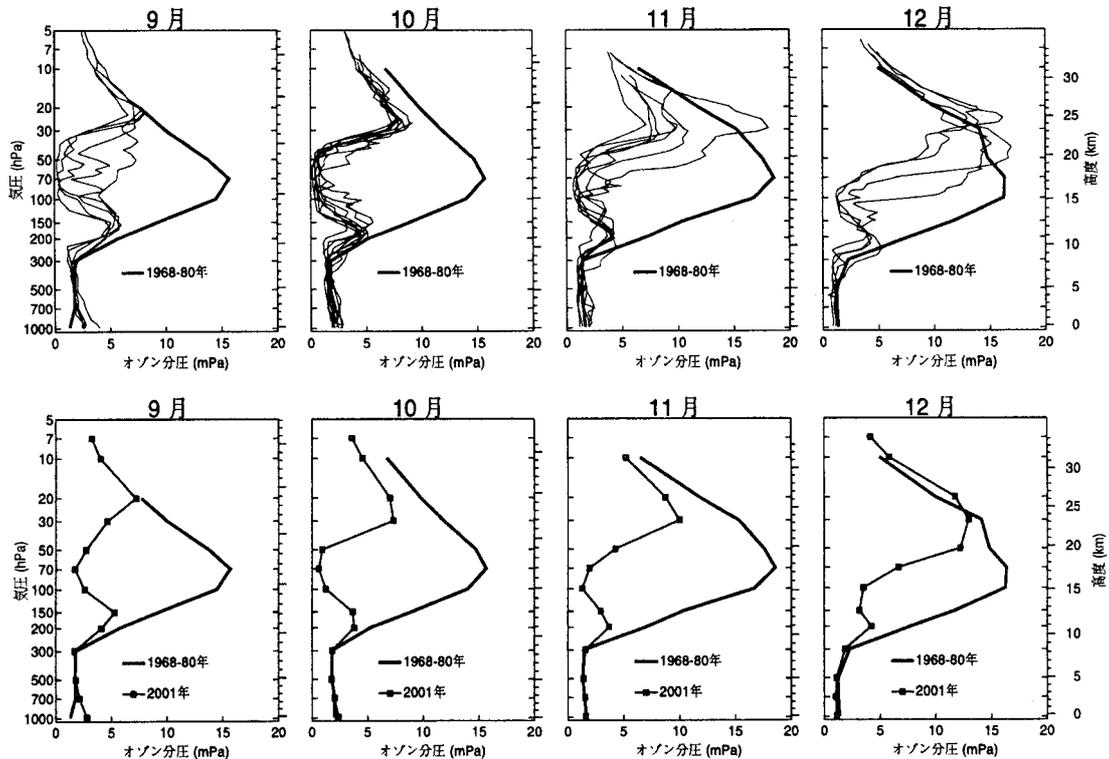


図 21 南極昭和基地におけるオゾン分圧の高度分布（2001 年 9～12 月）

2001 年 9～12 月のオゾンゾンデ観測結果。上段：図中の太実線はオゾンホールが明瞭に現れるようになる以前（1968～1980 年）の平均オゾン高度分布。上段の細実線は 2001 年の個々の観測結果。下段：太実線はオゾンホールが明瞭に現れるようになる以前（1968～1980 年）の平均オゾン高度分布（図中の右よりの実線）。- - は 2001 年の月平均オゾン高度分布。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2001

(2) オゾンホール状況

(地上観測)

昭和(日本)、ハレー(英国)、ベルナドスキ(ウクライナ)/ファラデイ(英国)、ロゼラ(英国)及びアライバルハイツ(ニュージーランド)の各南極観測基地における2001年8~12月のオゾン全量の日々の観測値を重ねて図22に示す。各観測点ごとにみると、オゾン全量は、オゾンホールの変形・移動に伴い、日々大きな変動を示している。しかし、図のように数地点のデータを重ねて表示し、オゾン全量の少ない側の境界をたどることにより、オゾンホール内のオゾン全量の推移の概略を把握することができる。これによると、各観測点のオゾン全量は、8月上旬には、いくつかの観測点でオゾンホールの目安である220 m atm-cm以下の値が観測された。その後、8月下旬にはほとんどの観測点で220 m atm-cmを下回り、12月後半にオゾンホールが解消するまで、少ない状態が続いた。しかし、南極半島にあるベルナドスキ/ファラデイ、ロゼラでは、9月下旬、10月下旬、11月後半には、300 m atm-cmを超える値を観測した。太平洋側にあるアライバルハイツでも10月中旬以降、220 m atm-cmを超えるオゾン全量を頻繁に観測した。一方、昭和基地やハレーでは、8月下旬から11月中旬まで非常に少ないオゾン全量を観測した。

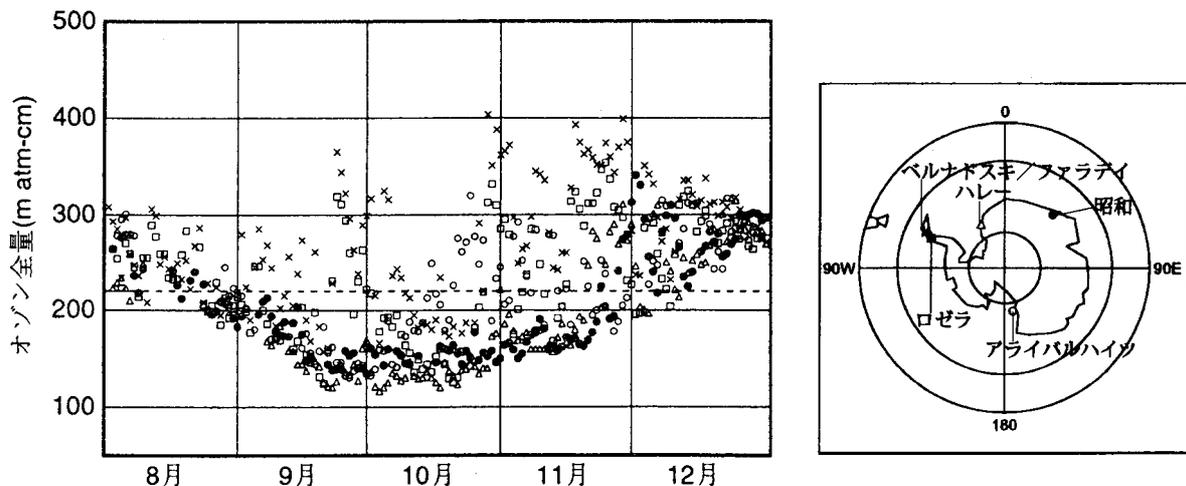


図22 南極大陸上空のオゾン全量の地上観測値の分布(2001年8~12月)

昭和(●)、ハレー(○)、ベルナドスキ/ファラデイ(×)、ロゼラ(□)、アライバルハイツ(△)における2001年8~12月のオゾン全量の日々の観測値。オゾンホールが観測点の上空を覆っていると、その地点のオゾン全量は小さな値となる。数地点の観測値を同じ図に記入し、その最低値の推移に着目することで、オゾンホールの消長の概要を把握することができる。なお、ハレー、ベルナドスキ/ファラデイ、ロゼラの観測値はShanklin博士(英国南極研究所)より、アライバルハイツの観測値はClarkson博士(ニュージーランド水・大気研究所)より提供されたものである。

(出典) 気象庁 オゾン層観測報告2001

(人工衛星による観測)

図 23 - 1、2 に、T O M S データにより作成した 1979 ~ 1992、1994、1996 ~ 2001 年の 10 月及び S B U V / 2 により作成した 1995 年 10 月の月平均オゾン全量の南半球分布図を示す。1993 年 10 月については新アルゴリズムによるデータ*が公表されていないので、旧アルゴリズムから作成した図を参考に載せた。南極域上空の 10 月の月平均オゾン量は、1979 年にはオゾン全量全球平均に近い 300 m atm-cm 前後であったが、1980 年に 250 m atm-cm 以下の領域が現れ、その後 1982 年には 220 m atm-cm、1983 年に 190 m atm-cm 以下の領域も出現し、1987 年以降は 1988 年を除き毎年 160 m atm-cm 以下の領域まで下がった。特に 1993、1995、1998、1999 年には 130 m atm-cm 以下の領域も現れている。2001 年のオゾンホールは、面積、破壊量で過去 3 位を記録し、10 月のオゾンホールの月平均面積は過去最大であった。

*搭載された分光光度計の波長の再校正、地表面及び雲の反射率の設定等の改訂によりアルゴリズムが変更された。

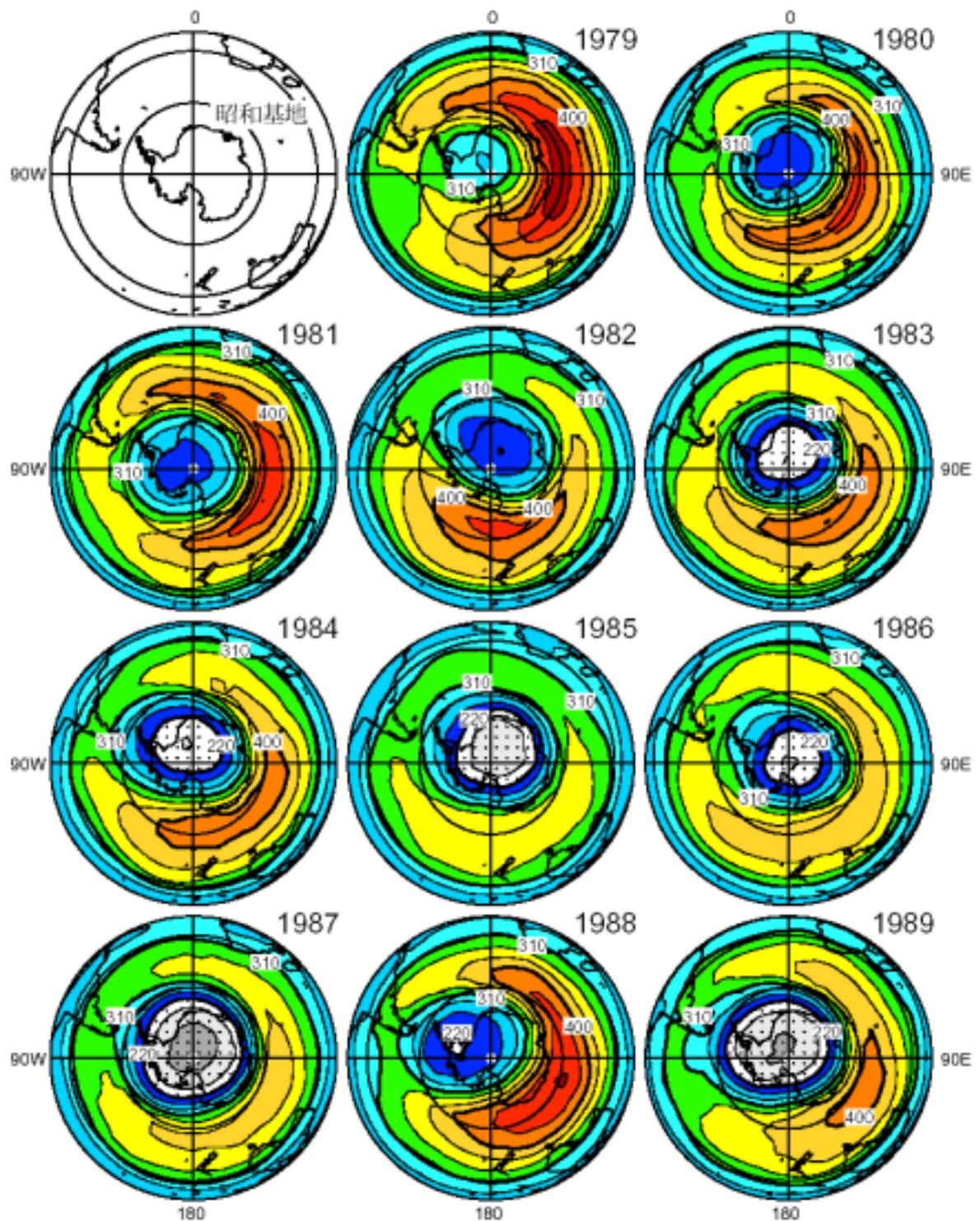


図 23 - 1 10月の月平均オゾン全量の南半球分布図（1979～1989年）

NASA提供のTOMSデータをドブソン分光光度計による観測値と比較検討の上作成。等値線間隔は30 m atm-cm毎。なお、点域は220 m atm-cm以下の領域を示す。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2001

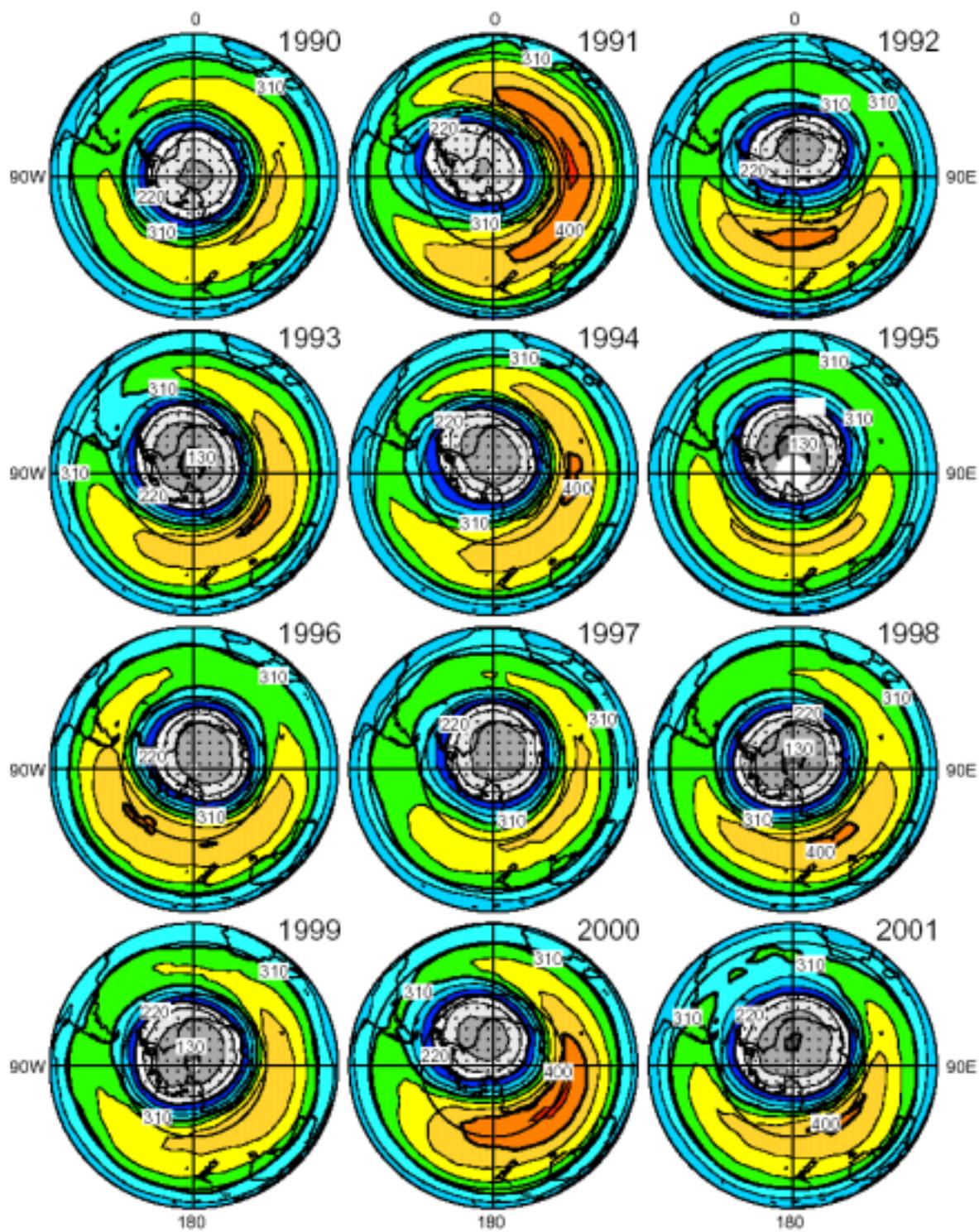


図 23 - 2 10月の月平均オゾン全量の南半球分布図（1990～2001年）

1987～1992、1994、1996～2001年はTOMSデータ（第7版）、1993年はTOMSデータ（第6版）をドブソン分光光度計による観測値と比較検討の上作成、1995年はSBUV/2データを用いて作成。等値線間隔は30 m atm-cm毎。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告2001

(オゾンホールの推移)

図 24 に 2001 年のオゾンホールの規模の変化を示す。

オゾンホールの面積は、8 月下旬に急速に拡大しており、2000 年よりもやや遅く発達した。9 月 17 日に 2001 年最大の面積 (2,647 万 km^2 、過去 3 位) を記録し、10 月中旬まで 2,300 ~ 2,500 km^2 で推移した。オゾンホールの面積は 9 月以降 11 月中旬頃まで 1990 年以降の記録の中で最大規模の状態 (10、11 月月平均の面積が過去最大) を維持しつつ、次第に縮小した。11 月中旬以降、急激に縮小し、12 月 20 日に 2001 年のオゾンホールは消滅した。これは、12 月後半の衛星のデータが得られなかった 1998 年を除くと過去 2 番目に遅い消滅であった。

また、オゾン破壊量は 8 月までは 1990 年代以降の平均的な規模とほぼ同じかやや大きい程度だったが、面積同様に 9 月中旬から 11 月中旬にかけて過去最大規模で推移した。2001 年のオゾン破壊量の最大値は、8,841 万トン (9 月 24 日、過去 3 位)、最低オゾン全量は 99 m atm-cm (9 月 26 日、過去 6 位) であった。

また、図 25 にはオゾンホールの目安である 220 m atm-cm 以下の領域が消滅した日の経年変化を示す。2001 年のオゾンホールは、衛星のデータが得られなかった 1998 年を除いて、1999 年に次いで 2 番目に遅い消滅だった。

図 26 にオゾンホールの面積、最低オゾン全量及びオゾン破壊量の極値の経年変化を示す。オゾンホールの面積とオゾン破壊量は 1992 年から大きな状態で推移しており、また最低オゾン全量は 1993 年から 100 m atm-cm 前後の値で推移している。

以上より、オゾンホールは、その面積、最低オゾン全量及びオゾン破壊量の値から、1992 年以降その大きな規模を維持しており、その消滅の時期は遅くなる傾向がある。

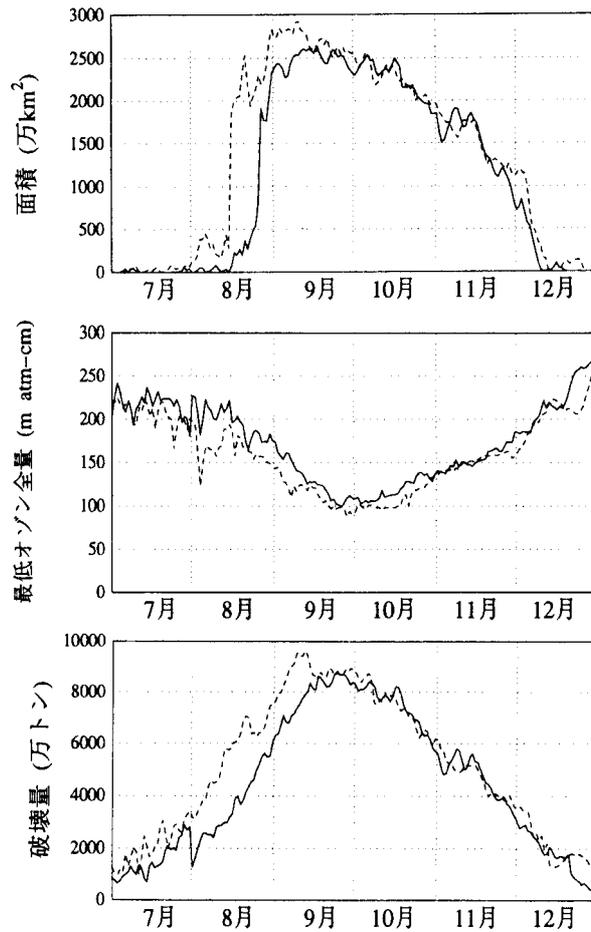


図 24 オゾンホール規模の変化 (2001 年 7 ~ 12 月)

上段からオゾンホールの面積、最低オゾン全量、オゾン破壊量を示す。これらは、南緯 45 度以南で定義され、面積は、オゾン全量が 220 m atm-cm 以下の領域の面積、最低オゾン全量は、オゾン全量の最低値、オゾン破壊量はオゾン全量を 300 m atm-cm に維持するために補充を要するオゾンの質量。太線は 2001 年の値を示し、破線は 1978 年から 2000 年までの観測値のうち、最大値 (面積、破壊量) 及び最小値 (最低オゾン全量) を示す。

(出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2001

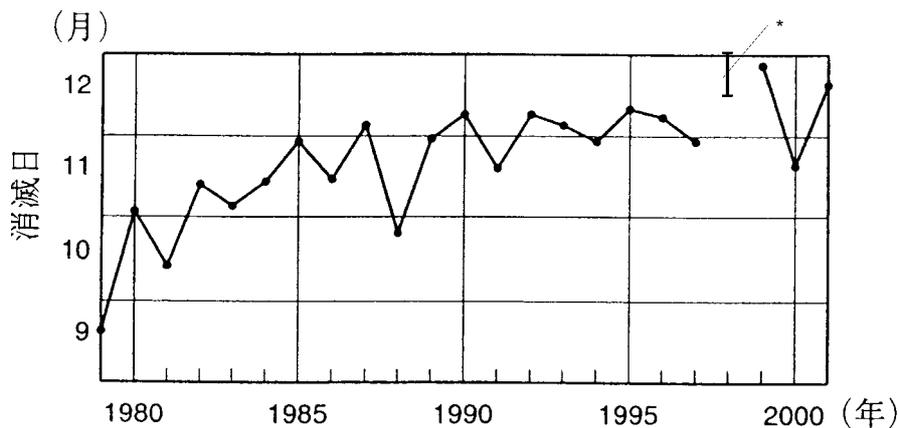


図 25 オゾンホール消滅時期の推移 (1979 ~ 2001 年)

1979 ~ 2001 年の 220 m atm-cm 以下の領域が消滅した時期の推移。なお 1998 年のオゾンホールの消滅は 12 月 16 日以降であるが衛星のデータで得られなかったため、詳細な期日は不明。NASA 提供の TOMS データを基に作成。1995 年については SBUV / 2 のデータを基に作成。なお 1998 年のオゾンホールの消滅は 12 月 16 日以降 (1 月 2 日以前) であるが衛星のデータで得られなかったため、詳細な期日は不明 (*)。

(出典) 気象庁 オゾン観測報告 2001

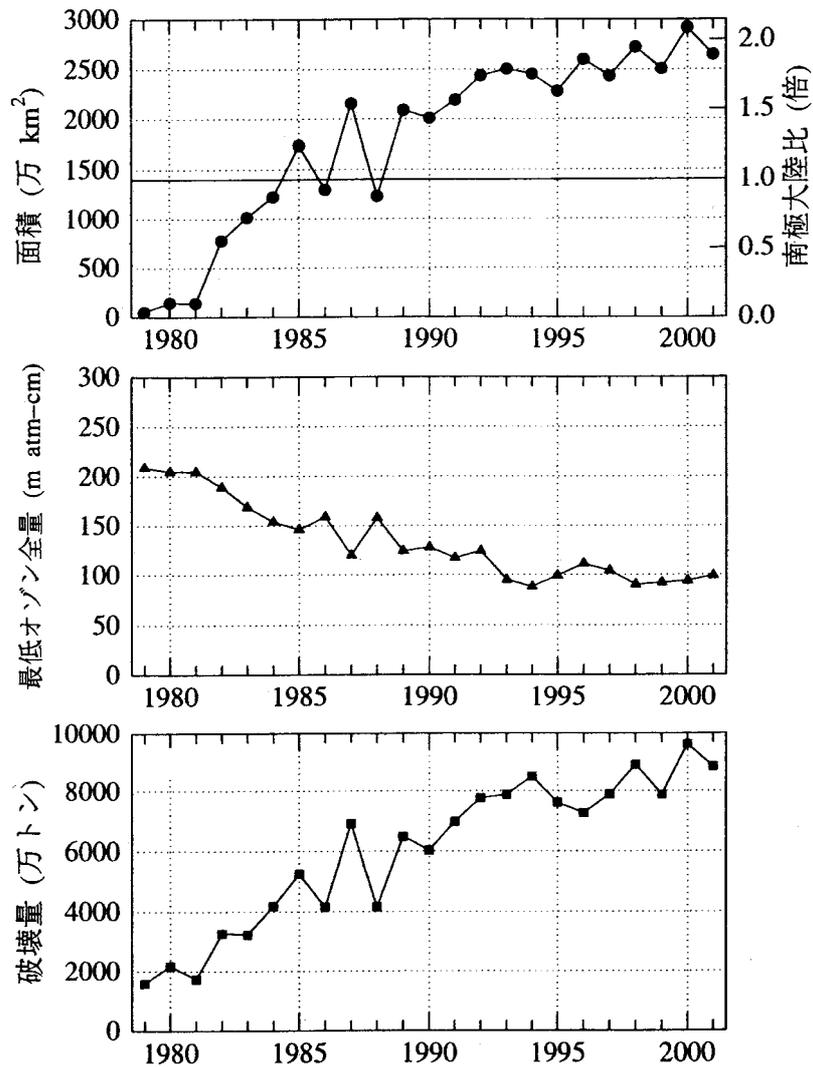


図 26 オゾンホールの三要素の経年変化 (1979 ~ 2001 年)

上段から順に、オゾンホールの面積、最低オゾン全量、オゾン破壊量の年極値の経年変化。オゾンホール3要素は、南緯45度以南で定義され、面積は、オゾン全量が220 m atm-cm以下の領域の面積、最低オゾン全量は、オゾン全量の最低値、オゾン破壊量はオゾン全量を300 m atm-cmに維持するために補充を要するオゾンの質量。NASA提供のTOMSデータをドブソン分光光度計による観測値と比較検討の上作成。1995年についてはTOVSのデータを基に求めた。

(出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2001