

## 2. 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13)。

また、昭和基地上空における1966～2005年の特定の月別にみた月平均オゾン全量の経年変化によると(図14)、オゾンホールの出現時期にあたる9～12月は、年毎にばらつきはあるものの、長期的には1980年頃から大きな減少傾向がみられる。この中で、2002年の9～11月のオゾン全量が急増したが、これは2002年の南極域では、9月の成層圏の気温が過去50年で最高となり、極渦\*が不安定となる特異な気象条件により大規模なオゾン破壊が生じなかったからである。一方、オゾンホールが解消した後の時期に当たる1～3月にも長期的な減少傾向がみられる。本観測データについて解析を行うと、1996年から2005年までの昭和基地上空の平均オゾン全量は、1980年以前と比較すると通年で19.2%、9～11月に限ると29.7%減少している。

2005年のオゾンゾンデによるオゾン分圧の高度分布観測によると、図には示さないが、8月下旬に高度18～23km付近でオゾン分圧の低い領域が現れはじめ、9月に入ると、図15に示すようにさらに高度13～18km付近にもオゾン分圧の低い領域がみられるようになった。10月上旬から中旬の観測では15～19km付近のオゾン分圧はほとんど0になっている。10月下旬には高度25kmを中心に参照値(オゾンホールが明瞭に現れる以前の1961年～1980年の平均値)より大きい値となった。11月は高度12～20kmで参照値より大幅に低い状況が続いたが、高度24km以上で参照値を超える値となった日もあった。12月には18km以上で参照値並の値となったが、それ以下の高度では低い状態が続いた。

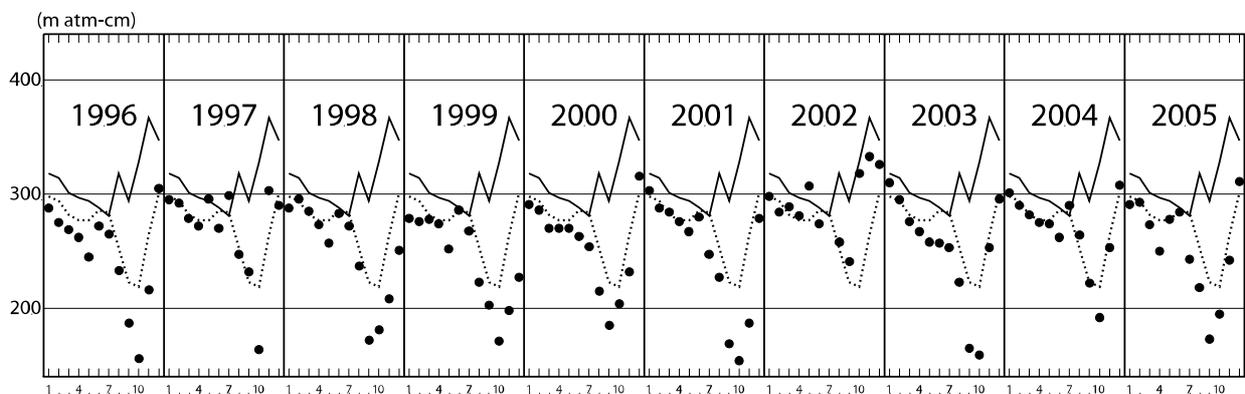


図13 南極昭和基地におけるオゾン全量の推移(1996～2005年)

印は各年の月平均値、実線は参照値(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

\* 南極域上空の成層圏において、太陽光が射さない冬季(極夜)の間に、南極点を中心としてその周りに発達する非常に気温の低い大気の渦。北極域においても南極域上空より規模は小さいが上空に渦が発生する。極夜渦ともいう。極渦の発達にはオゾン層の破壊に影響を与える(第3部参考資料 オゾン層破壊のメカニズム(p.105)参照)。

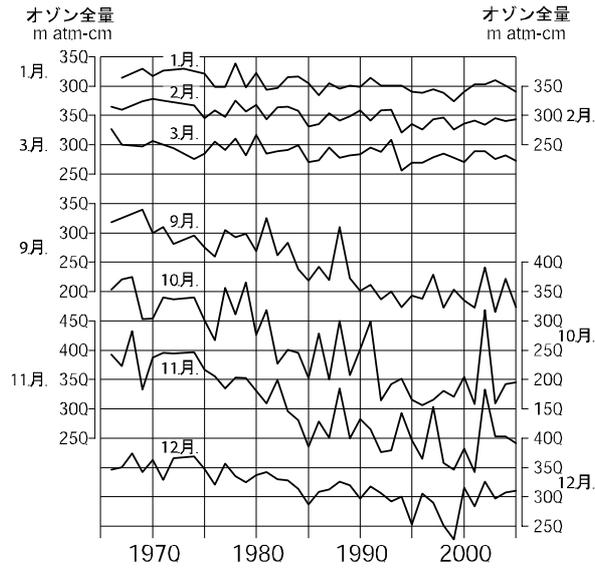


図 14 南極昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化（毎年 1～3 月、9～12 月）

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2005

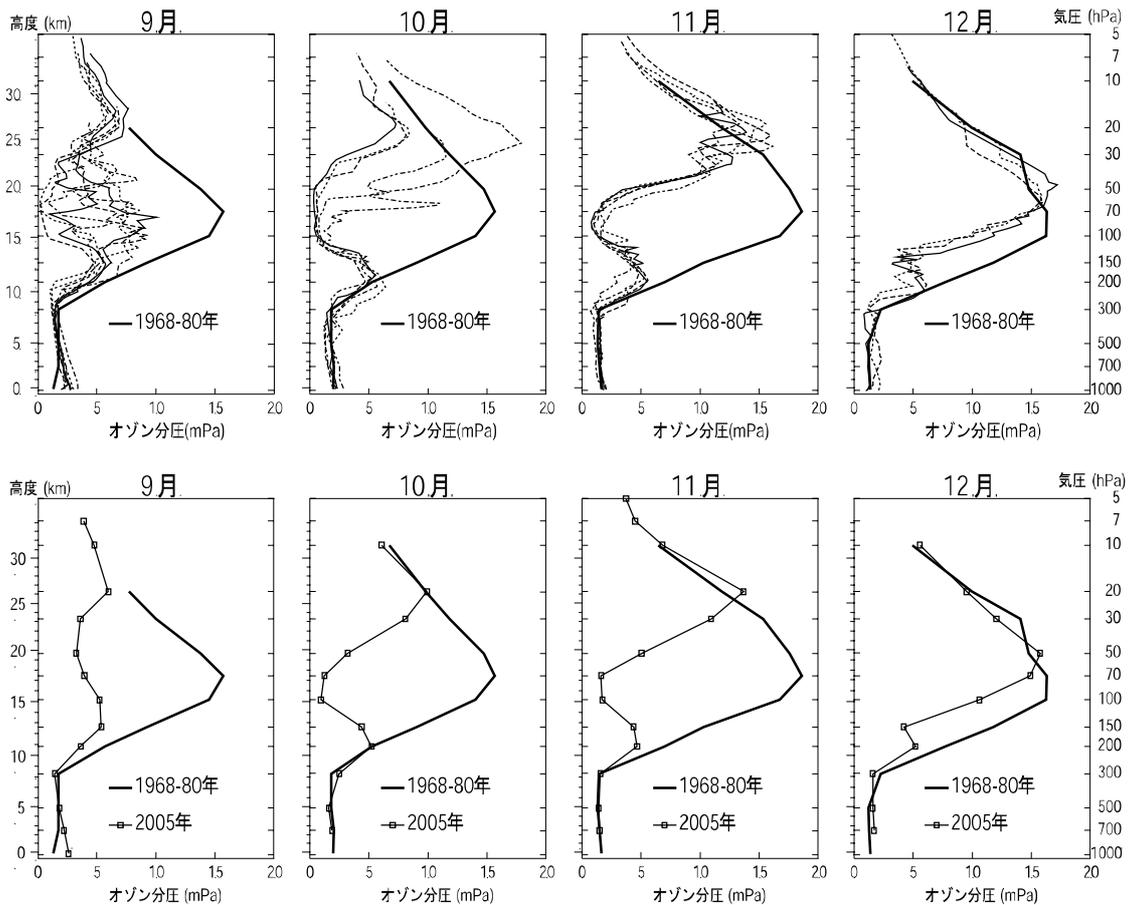


図 15 南極昭和基地におけるオゾン分圧の高度分布（2005 年 9～12 月）

2005 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以前（1968～1980 年）の平均オゾン高度分布。細実線は 2005 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 2005 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 2005

## (2) オゾンホール状況

### ア. 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 2005 年 8～12 月のオゾン全量の日々の観測値を重ねて図 16 に示す。各観測地点のオゾン全量は、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たときに見られる、オゾン全量の最も少ない側の包絡線は、オゾンホール内の最低オゾン全量の推移を近似的に示しているとみることができる。これによると、2005 年のオゾンホールは 9 月中旬から下旬にかけて最盛期を迎えたとみられる。オゾンホール内の最低オゾン全量は、8 月上旬にオゾンホールの目安となる 220 m atm-cm 以下の値が観測された後、9 月中旬から下旬にかけて最も減少し、100 m atm-cm 以下の値を記録した。その後、オゾン全量は増加し始め、10 月中旬から下旬にかけて 300 m atm-cm を超える値も観測された。11 月下旬を最後に 220 m atm-cm 以下の値が観測されなくなった。

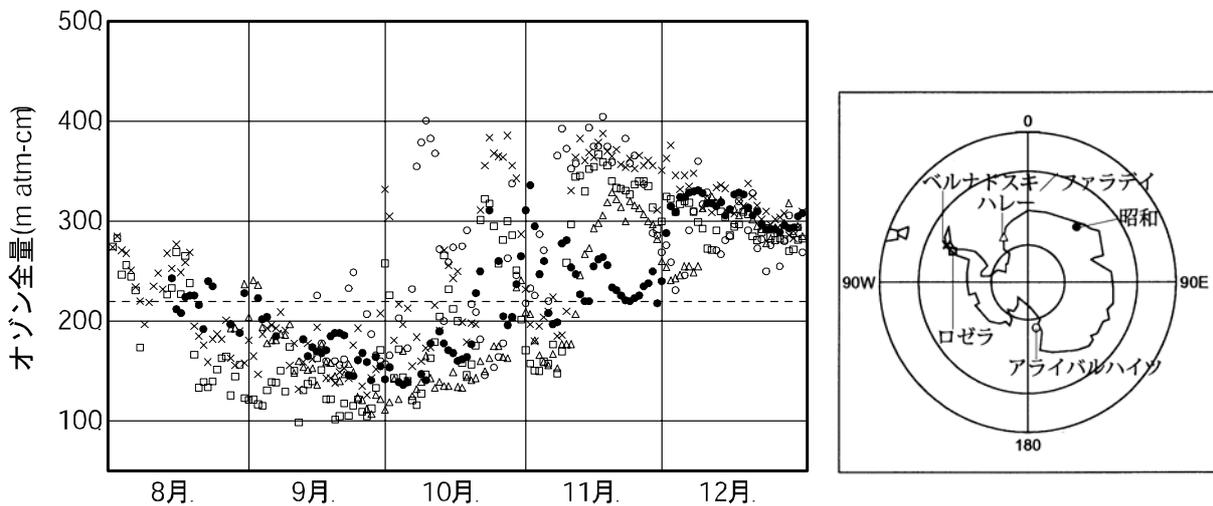


図 16 南極大陸上空のオゾン全量の地上観測値の分布（2005 年 8～12 月）

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 2005 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 2005

### イ．人工衛星による観測

図 17-1、17-2 及び 17-3 に、TOMS データ（1979～1994、1996～2004 年）、SBUV/2 データ（1995 年）及び OMI データ（2005 年）により作成した 10 月の月平均オゾン全量の南半球分布図を示す。南極域上空の 10 月の月平均オゾン全量は、1979 年にはオゾン全量の全球平均に近い 300 m atm-cm 前後であったが、1980 年に 220 m atm-cm 以下の領域が現れ、1983 年に 190 m atm-cm 以下の領域も出現し、1987 年以降は 1988 年と 2002 年を除き毎年 160 m atm-cm 以下の領域が出現するまでに減少した。特に、1993、1995～2001、2003 年には 130 m atm-cm 以下の領域も現れている。

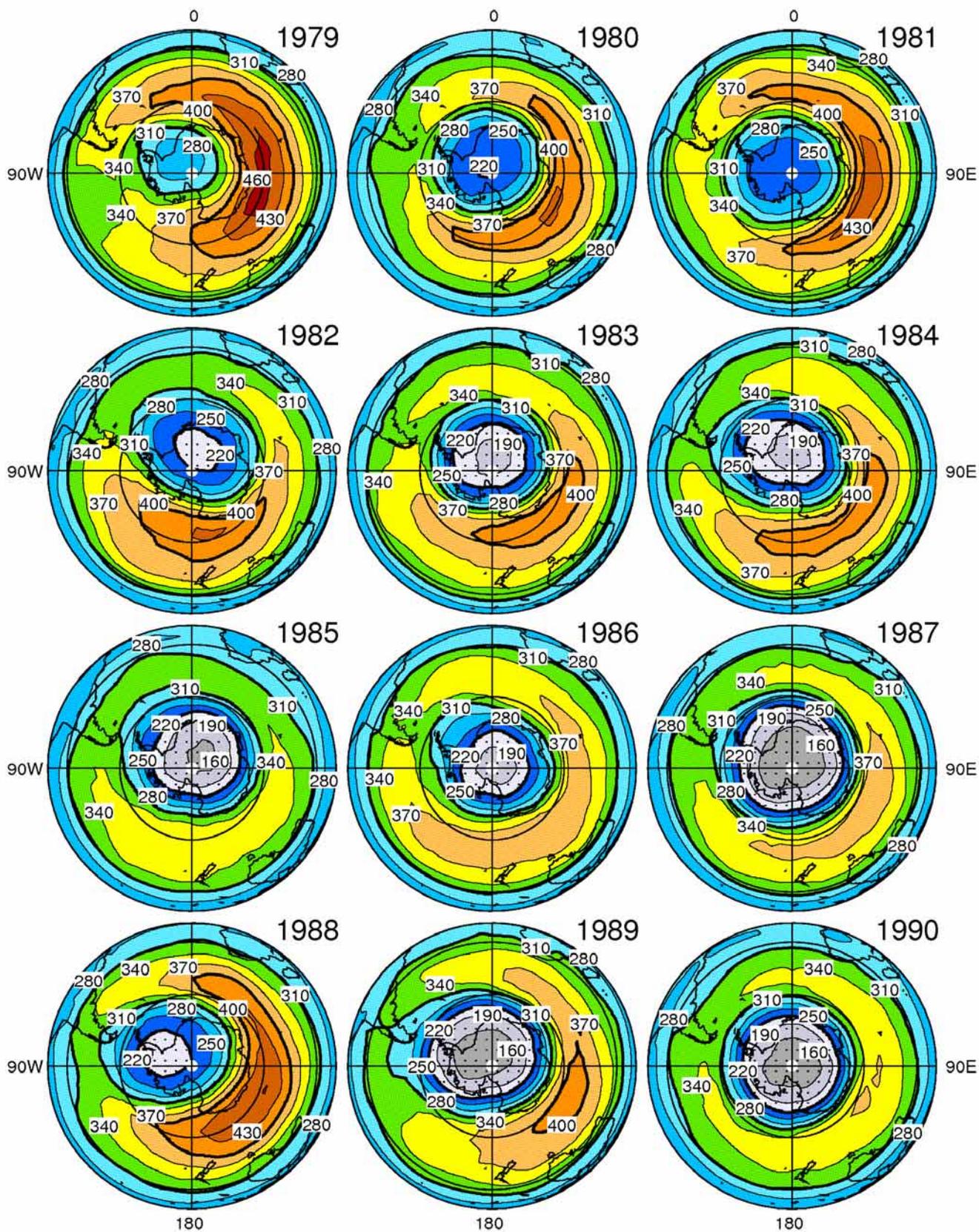


図 17-1 10月の月平均オゾン全量の南半球分布図(1979~1990年)

NASA 提供の TOMS データを基に作成。等値線間隔は 30 m atm-cm。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 2005

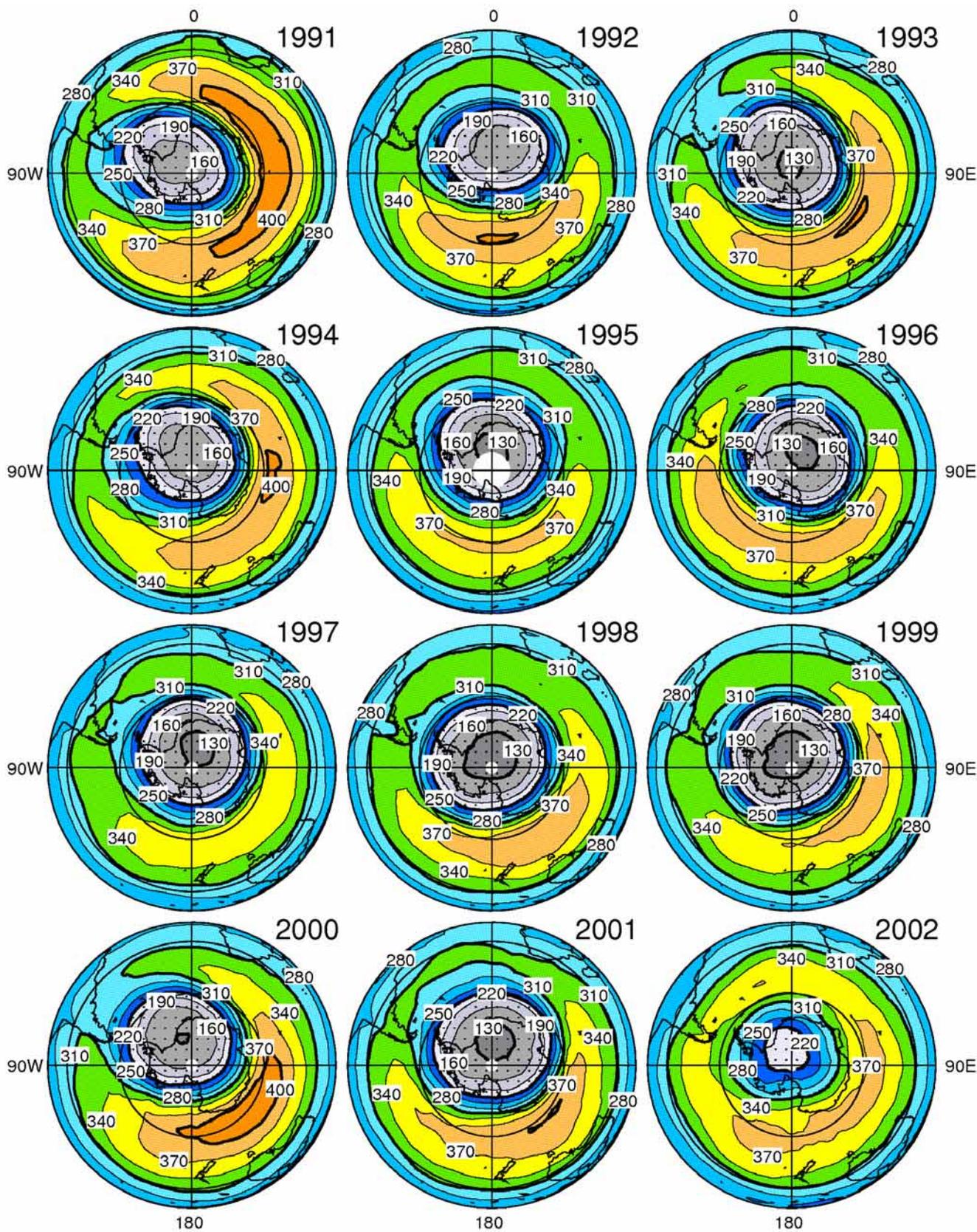


図 17-2 10月の月平均オゾン全量の南半球分布図（1991～2002年）

NASA 提供の TOMS データを基に作成。ただし、1995 年は NOAA 提供の SBUV/2 データを基に作成。等値線間隔は 30 m atm-cm。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 2005

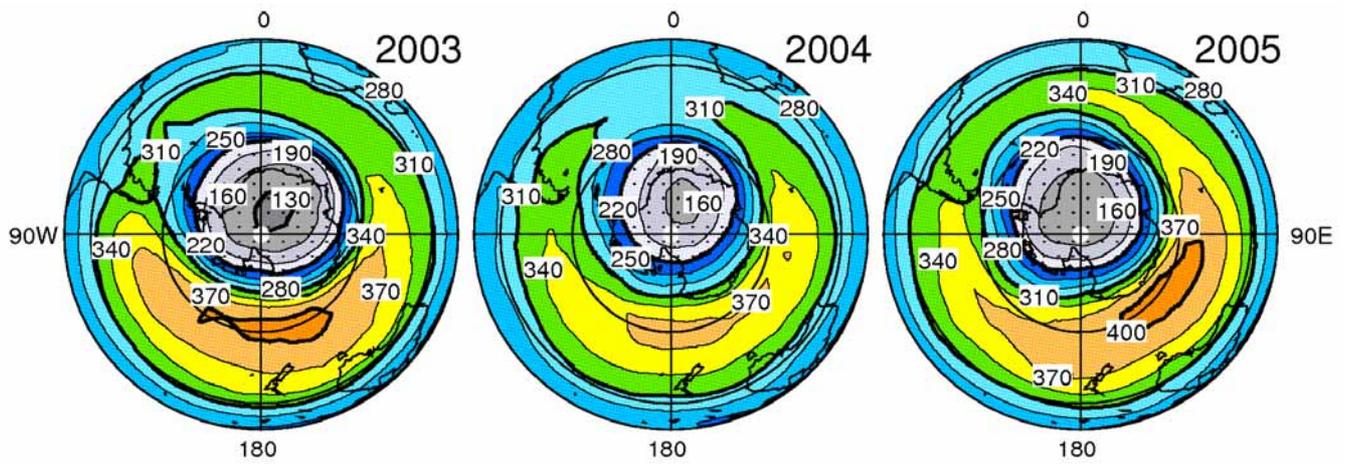


図 17-3 10月の月平均オゾン全量の南半球分布図（2003～2005年）

NASA 提供の TOMS データを基に作成。ただし、2005 年のはは OMI データを基に作成。等値線間隔は 30 m atm-cm。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 2005

## ウ．オゾンホール推移

図 18 に 2005 年のオゾンホールの規模の変化を示す。

これによると、2005 年のオゾンホールは例年より早く 8 月前半に急速に拡大し、9 月 11 日に 2005 年の最大面積である 2,673 万 km<sup>2</sup> を記録した。オゾン欠損量は 9 月 19 日に 8,887 万トンで、これらはともに過去 10 年間（1996～2005 年）では平均的な値であった。2005 年の最低オゾン全量は、10 月 1 日に記録した 102 m atm-cm であった。その後、11 月中旬からオゾンホールは急速に縮小して 12 月 14 日に消滅した。

図 19 に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。消滅日は 1990 年頃まで年々遅くなる傾向があったが、その後は 11 月と 12 月の間で変動している。2005 年の消滅日は、大規模なオゾンホールの発生年の中では平均的であった。

図 20 にオゾンホールの面積、最低オゾン全量及びオゾン欠損量の極値の経年変化を示す。2002 年と 2004 年のオゾンホールの規模は最近の他の年と比較すると小さかったものの、これは気象条件によるものである。

図 21 には 2005 年の全球の解析データによる南緯 60 度以南の下部成層圏（30hPa）の最低気温と極域成層圏雲の出現の目安となる -78 以下の面積の推移を示す。通常、南極周辺の 30hPa 面の最低気温は、5 月頃に -78 より低くなり始め、7、8 月に最も低くなり、10 月に -78 を上回る季節変動を示す。2005 年の南極域の気象条件は、1988～2004 年の平均と比較すると 8 月後半以降はやや低めの気温で推移した。その結果、-78 以下の領域の面積（右図）は、9 月下旬まで平均より大きめに推移し、極域成層圏雲の中で生ずる活性塩素の発生が促進され、オゾンが破壊されやすい気象条件であったと考えられる。

2005 年のオゾンホールは、これまでと比較して、早い時期から発達したが、面積、オゾン欠損量はともに、過去 10 年の中では平均的な値となった。このように、オゾンホールはほぼ毎年大規模に形成されており、年々変動が大きいために現時点でオゾンホールに縮小の兆しがあるとは判断できず、南極域のオゾン層は依然として深刻な状況にある。

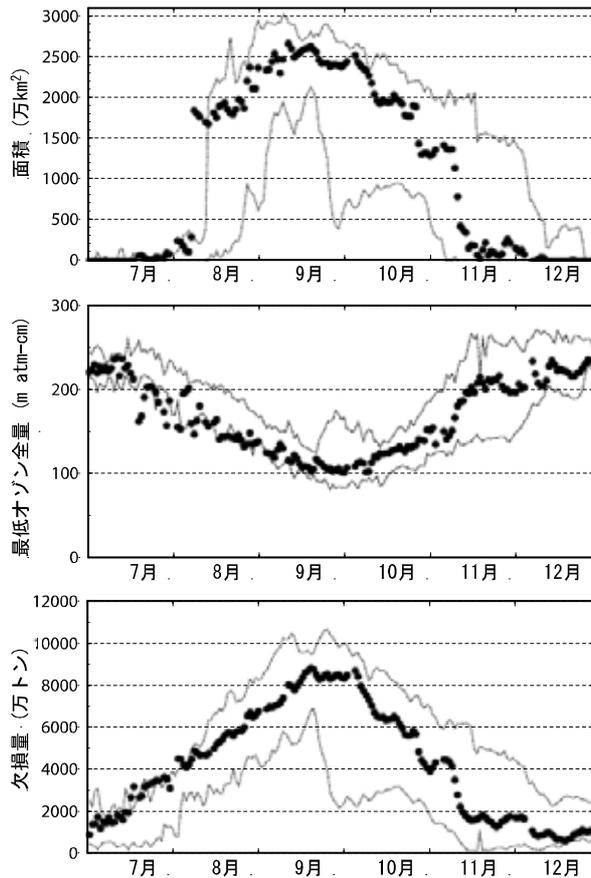


図 18 オゾンホール規模の変化（2005年7～12月）

上段から、南緯45度以南におけるオゾンホールの面積、最低オゾン全量、オゾン欠損量。面積はオゾン全量が220 m atm-cm以下の領域の面積を、最低オゾン全量はオゾン全量の最低値を、オゾン欠損量はオゾン全量を300 m atm-cmに維持するために補充を要するオゾンの質量をそれぞれ示す。は2005年の日々のオゾンホールの規模の推移を示し、破線は過去10年（1995～2004年）の日別の最大値及び最小値を示す。NASA提供のOMIデータを基に作成。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告2005

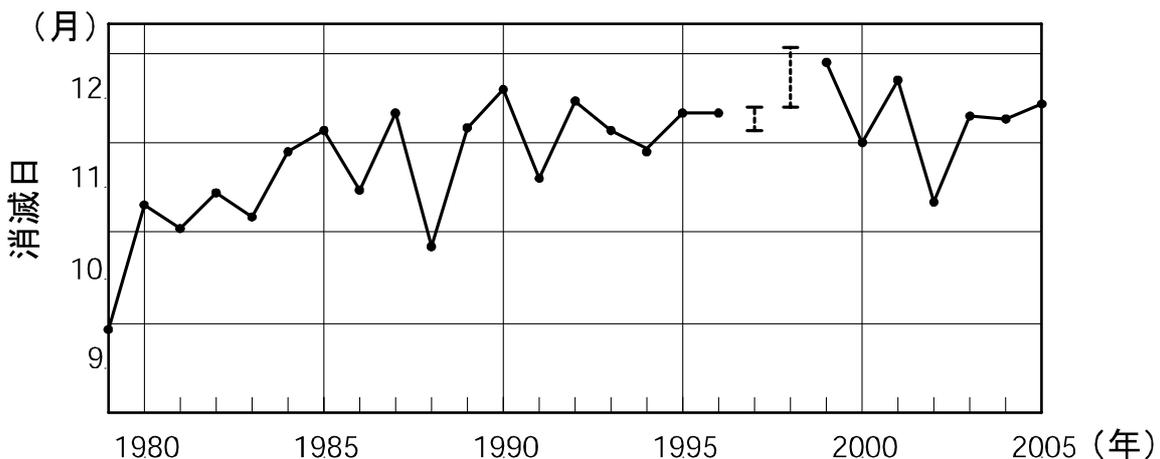


図 19 オゾンホール消滅時期の推移（1979～2005年）

1979～2005年の220 m atm-cm以下の領域が消滅した時期の推移。NASA提供のTOMSデータを基に作成。ただし、1995年についてはSBUV/2、2005年はOMIのデータを基に作成。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、破線で示した期間中に消滅したと推定される。

（出典）気象庁 オゾン観測報告2005

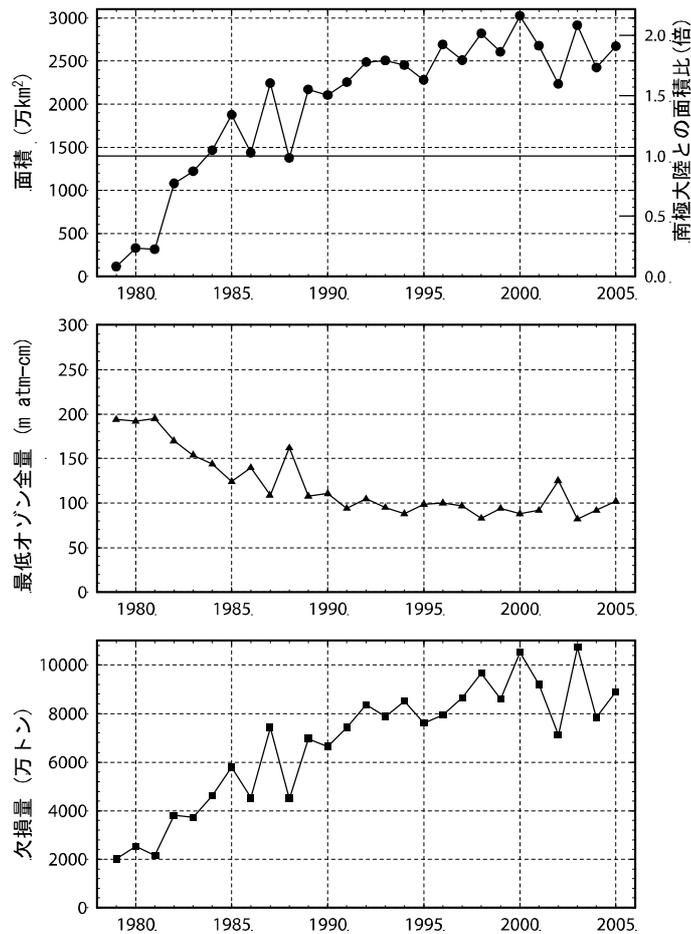


図20 オゾンホール の三要素の経年変化 (1979~2005年)

上段から、オゾンホールの面積、最低オゾン全量、オゾン欠損量の極値の経年変化。面積はオゾン全量が 220 m atm-cm 以下の領域の面積を、最低オゾン全量は観測されたオゾン全量の最低値を、オゾン欠損量はオゾン全量を 300 m atm-cm に回復させるために補充を要するオゾンの質量をそれぞれ示す。NASA 提供の TOMS データを基に作成。ただし、1995 年については TOVS、2005 年については OMI のデータを基に求めた。

(出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2005

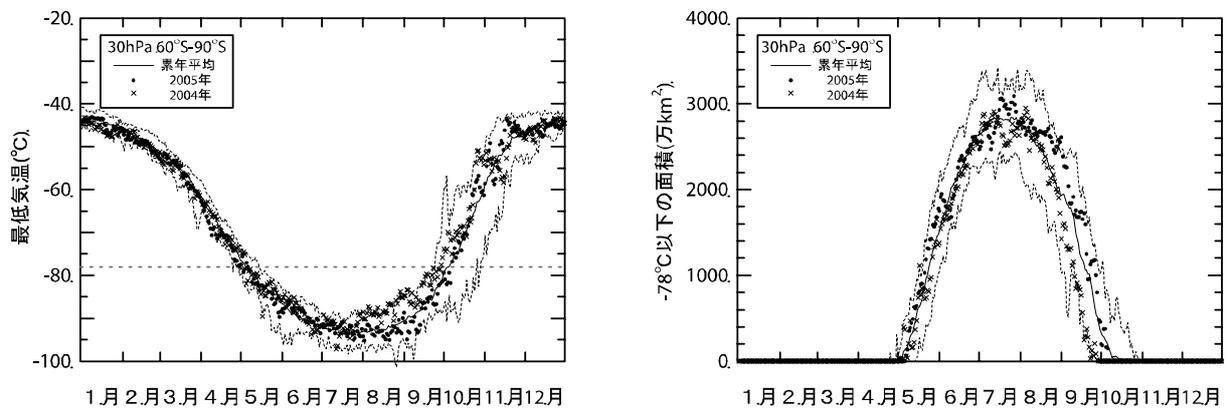


図21 南極域上空の下部成層圏の最低気温及び気温が-78 以下の領域の面積の推移

南緯 60 度以南の 30hPa (高度約 23km) 面における日別の最低気温の推移 (左図) 及び極域成層圏雲の出現する目安となる-78 以下の領域の面積の推移 (右図)。印は 2005 年の値、実線は 1988~2004 年の累年平均値、破線は同期間の最低気温 (面積) の最高値 (最大値) 及び最低値 (最小値)。

(出典) 気象庁 オゾン層観測報告 2005