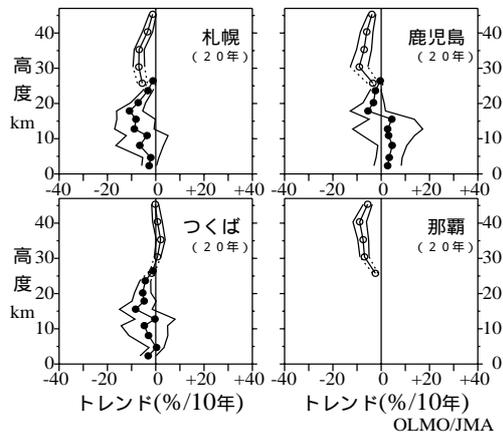


図3 - 3 - 7は、反転観測とオゾンゾンデ観測の結果から求められたオゾン分圧トレンドの高度分布を示したものである。オゾンゾンデの観測開始が遅いため図中に表示していない那覇を除いて下部成層圏でオゾンの減少トレンドが現れており、特に札幌で顕著である。また、中・上部成層圏では札幌、鹿児島、那覇で有意な減少トレンドが現れている。対流圏では鹿児島でオゾンの増加トレンドが現れている。



**図3 - 3 - 7 : オゾントレンドの高度分布**  
 オゾンゾンデ観測と反転観測による月平均オゾン分圧と月平均層別オゾン量を基に評価した高度別オゾントレンド( %/10年)。最近20年間( 1983 ~ 2002年)に対するトレンドの高度分布( 印: オゾンゾンデ観測データによる。 印: 反転観測データによる)と自己回帰を考慮した 95%信頼限界( 細い折線)。なお那覇のオゾンゾンデ観測によるトレンドは観測期間が短いため示していない。

### 3 - 4 南極域上空のオゾンホールの長期変化

図3 - 4 - 1は昭和基地におけるドブソン計による月平均オゾン全量について、1966 ~ 2002年の春季から秋季にかけての経年変化を示す。昭和基地上空はオゾンホールの縁辺となることが多く、必ずしもオゾンホールの規模の変化をそのまま反映しているわけではないが、オゾンホールの時期に当たる9 ~ 12月は、年毎にばらつきはあるものの長期的には顕著な減少傾向が見られる。しかしながら2002年の同期間の月平均オゾン全量は急激に多くなっており、特に10月、11月はオゾンホールが出現し始めたときとされる1980年代前半あるいはそれ以前の値と同程度である。この原因として、第2 - 3章で述べているように、過去20年間見られなかったような大規模な昇温が9月に起こり、極渦が2つに分かれ、急速にオゾンホールが縮小、消滅したことが挙げられる。一方、オゾンホールが解消した後の時期に当たる1 ~ 3月についても長期的なオゾン全量の減少傾向が見られる。昭和基地のオゾン全量データに第3 - 1節のトレンド解析の手法を適用すると、最近20年間の変化傾向は全年で  $-7.5 \pm 5.2\%/10$ 年、9 ~ 11月で  $-12.2 \pm 14.2\%/10$ 年になる。

図3 - 4 - 2に10月の昭和基地における150、100、70、50、30hPa(それぞれ高度約12、15、17、19、22km)のオゾン分圧の経年変化を示す。各高度とも1980年頃から減少が顕著に現れている。150hPaで1992年頃に極小値を示しているのは、ピナトゥボ火山噴火(1991年6月)による成層圏エアロゾルの影響と考えられる。また、特に100、70、50hPaでは1992 ~ 1995年頃から、オゾンがほとんど破壊されているような状況が続いていた。2002年については、各気圧面ともに高い分圧を示した。これは、2002年のオゾンホールが9月後半に2つに分かれ急速に縮小し、各高度ともに周囲からのオゾンの多い空気塊の流入が強かったためである。ここで示す高度のオゾン量は、オゾンホールの時期の減少がきわめて大きい(2 - 3 - 2節参照)ため、オゾンホールの変化傾向の良い指標となる。図から明らかなように、南極域では観測開始以降、この高度帯で大きなオゾン層破壊が続いていることを示しており、2002年は気象的な要因でオゾン量が多くなったものの、今後とも注意深い観測が必要である。

図3 - 4 - 3はオゾンゾンデ観測による最近20年間の高度別オゾン分圧のトレンドを示す。高度15km(約100hPa)付近でのオゾン減少が大きく、春季(9 ~ 11月)に顕著である。

図3 - 4 - 4に昭和基地における最近30年間のオゾン分圧と気温の月別変化傾向の高度分布を示す。オゾン分圧の減少のピークは10、11月の100 ~ 70hPa付近に現れており、6mPa/10年を超える減少を示している。10月以降、オゾン分圧の減少の大きな領域の高度は次第に下層へと移っている。一方、気温は11月に100 ~ 70hPa付近で6 /10年以上の低下を示している。また、気温もオゾン同様、11月以降、気温低下のピーク高度が下層へ移っている。このように気温の低下はオゾン減少と対応しており、オゾンの減少に伴っ

て紫外域日射の吸収による大気への加熱が減ったことが主な原因と考えられる。

図3 - 4 - 5に、TOMSデータにより作成した南半球の10月の月平均オゾン全量分布図を示す。1995年はTOMSのデータが得られなかったため、SBUV/2のデータにより作成した。なお、1993年10月については新アルゴリズム(Ver7)によるデータが公表されていないので、旧アルゴリズム(Ver6)によるデータから作成した図を参考のため掲載した。南極域上空の10月の月平均オゾン全量は、1979年には全球オゾン全量平均値である300m atm-cm前後であったが、1980年に250m atm-cm以下の領域が現れ、その後、1982年に220m atm-cm、1983年に190m 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160m atm-cm以下の領域が現れている。特に1993、1995、1998、1999年には130m atm-cm以下の領域も現れている。2002年の10月のオゾンホールは、オゾンホールが現れはじめた1980年代前半を除いて、1988年に次いで2番目に小さかった。

図3 - 4 - 6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、図3 - 4 - 7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。2002年については、最低オゾン全量は増加し、オゾンホールの面積とオゾン破壊量は1991年以降最小、消滅も1989年以降最も早かった。しかしながら、2002年を除く長期変化で見ると面積は年々変動を示しつつ、拡大する傾向にある。

第2章で述べたように、南極域では2002年はオゾンホールの規模が小さくなったが、これには気象状況が大きく寄与していたものと考えられることから、オゾンホールの状況については、今後とも注意深く監視する必要がある。

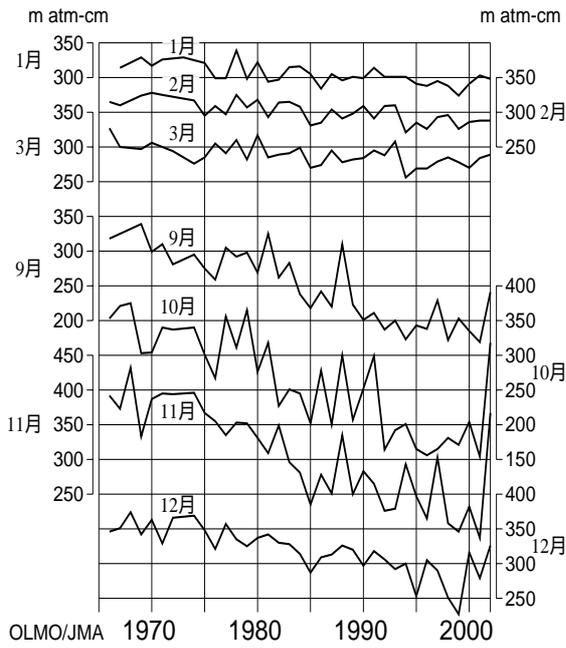


図3-4-1：南極昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化

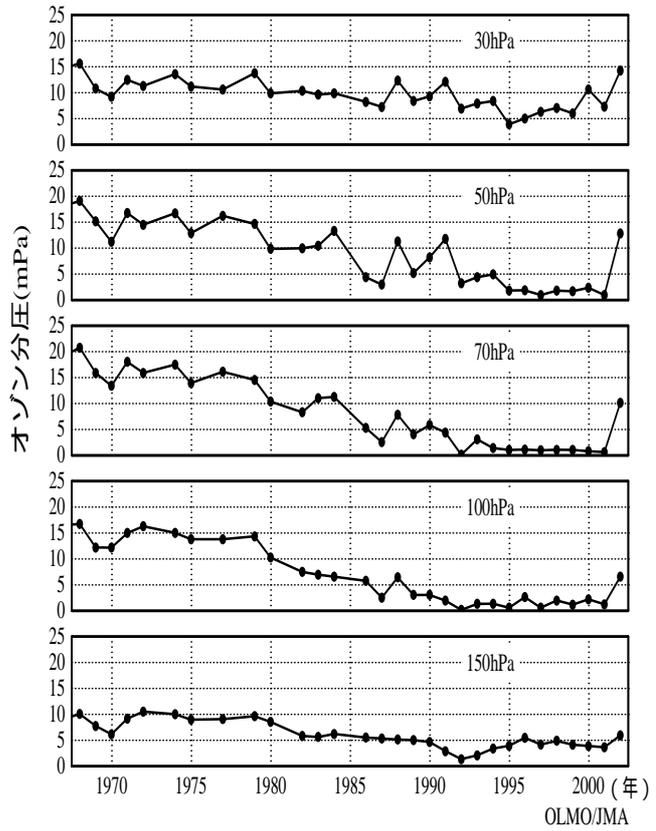


図3-4-2：南極昭和基地における150、100、70、50及び30hPaの10月の月平均オゾン分圧の経年変化

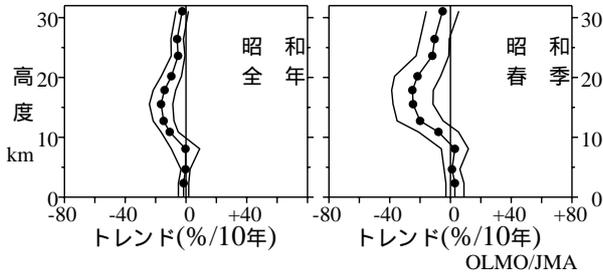


図3-4-3：南極昭和基地におけるオゾン分圧のトレンドの高度分布

オゾンゾンデ観測による月平均オゾン分圧を基に評価した最近20年間(1983～2002年)の高度別オゾントレンド(％/10年)(印)と自己回帰を考慮した95％信頼限界(細い折れ線)。左が全年、右が春季(9～11月)。

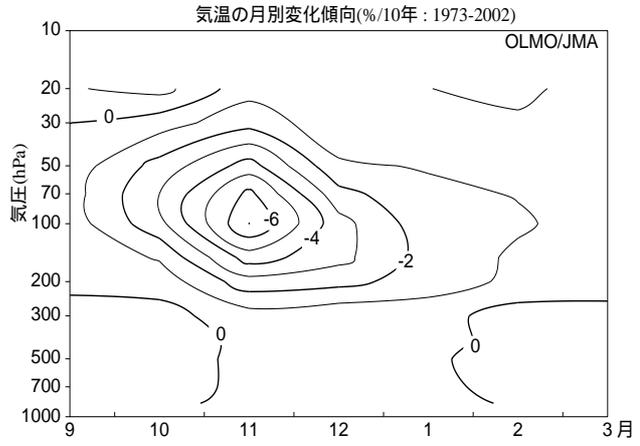
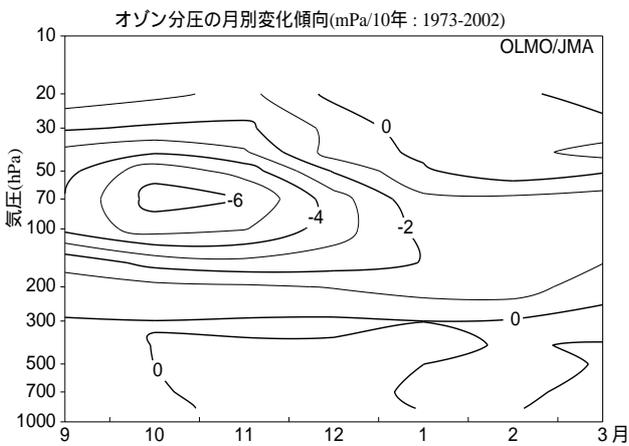


図3-4-4：オゾン及び気温の高度分布の月別変化傾向

左図は最近30年間(1973～2002年)のオゾン分圧の月別変化傾向(mPa/10年)、右図は同期間の気温の月別変化傾向(％/10年)。

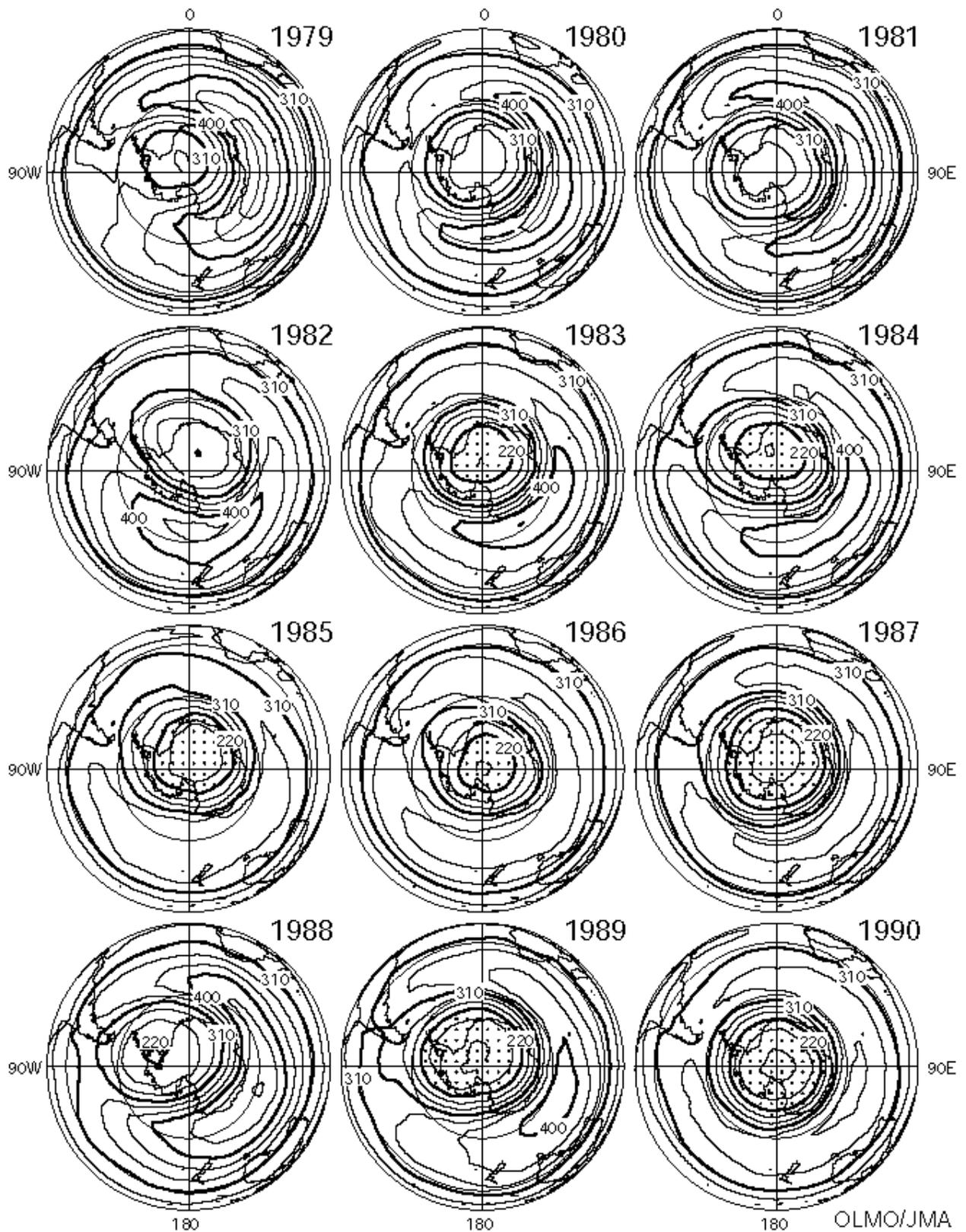


図 3 - 4 - 5 ( 1 ) : 10 月の月平均オゾン全量の南半球分布図

等値線は 30m atm-cm 毎。NASA 提供の TOMS データをドブソン計による観測値と比較検討の上作成。なお、点域は 220m atm-cm 以下の領域。

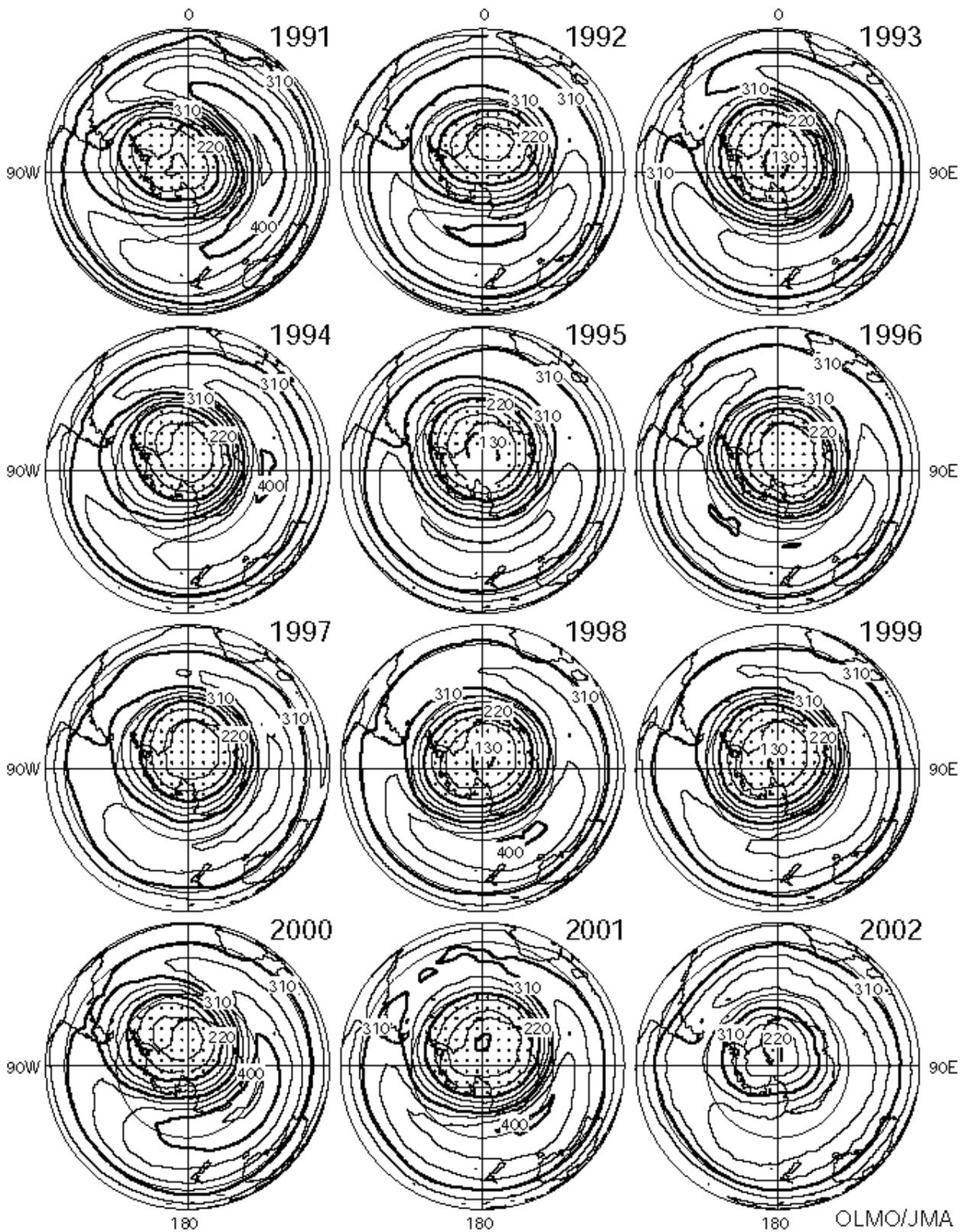


図3 - 4 - 5 (2) : 10月の月平均オゾン全量の南半球分布図

前ページから続く。1993年は旧アルゴリズム (Ver.6) による。1995年については、SBUV/2のデータを用いて作成した。

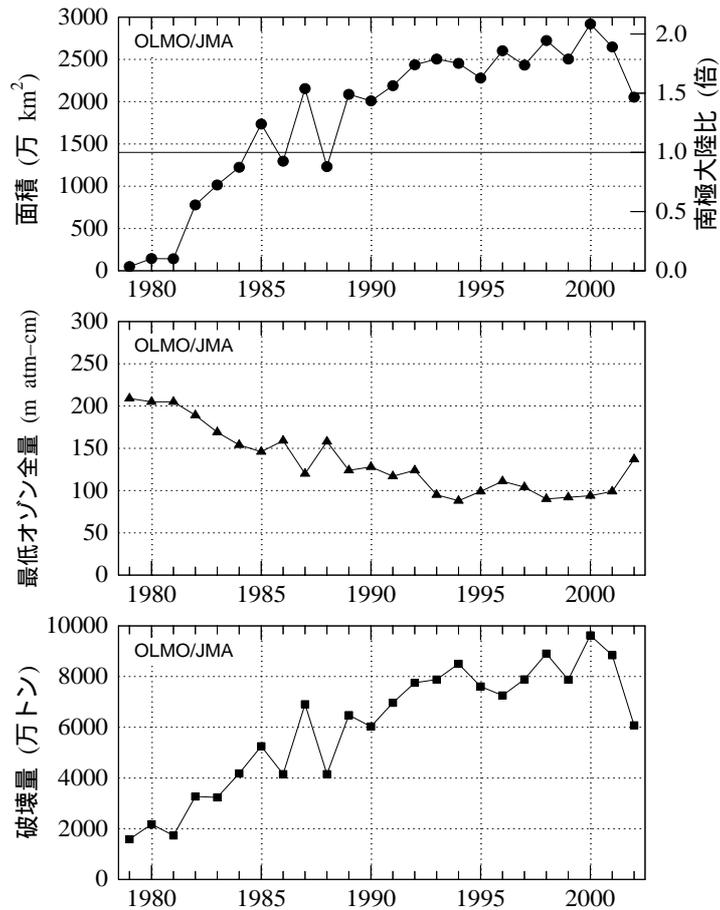


図3 - 4 - 6 : オゾンホール規模の経年変化

1979 ~ 2002年の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変化。NASA 提供のTOMS データをドブソン計による観測値と比較検討の上作成。1995年については、TOVSの高分解能赤外放射計のデータを用いて作成した。

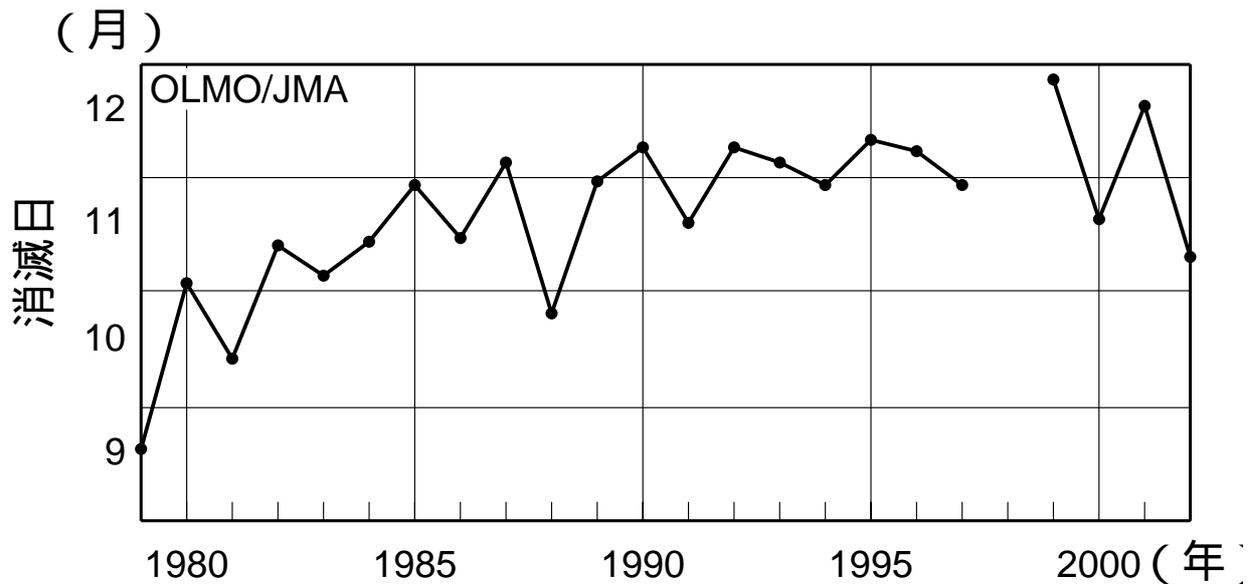


図3 - 4 - 7 : 南極域で220m atm-cm以下の領域が見られなくなった日の経年変化

1979 ~ 2002年の220m 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。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が得られなかったため、詳細な期日は不明。1995年についてはSBUV/2のデータを基に作成。