

2. 我が国におけるオゾン層の状況

(1) 日本上空のオゾン層の状況

ア. オゾン全量

気象庁の行った国内5観測地点（札幌、つくば、鹿児島、那覇、南鳥島）におけるオゾン全量の月平均値を図13に示す。これは、2001年1月から12月までのドブソン分光光度計による観測の結果を用いたオゾン全量の月平均値及び南鳥島における2001年1月から12月までのブリューワ分光光度計による観測の結果を用いている。

札幌では、1、3月には参照値（1971～2000年の平均、那覇では1974～2000年）より多く、他は並^{*}であった。つくばでは、2月に少なく、その月としては観測開始以来3番目に少ない値を記録した。また3、8、10月に多く、特に8月はその月としては観測開始以来3番目に多かった。鹿児島では、2月に少なく、3～5、7、8、11月に多かった。8月はその月として観測開始以来2番目に多かった。

那覇では、3、4、7、8、11月に多かった。4月はその月として観測開始以来3番目に多く、11月はその月として観測開始以来2番目に多く、8月は観測開始以来の最大値を記録した。

南鳥島では1994～2000年の平均と比較して3～8月が多めで、9月は平均と同じ値でそれ以外の月は少なめだった。

以上のことから、2001年のオゾン全量は、つくば、鹿児島で2月に少なかった他は、並か多かった。

* ここでいう並とは、参照値（1971～2000年の平均；那覇では1974～2000年の平均）との差が標準偏差以内にある時をいい、それより大きい時を「多い」、それより小さい時を「少ない」とする。

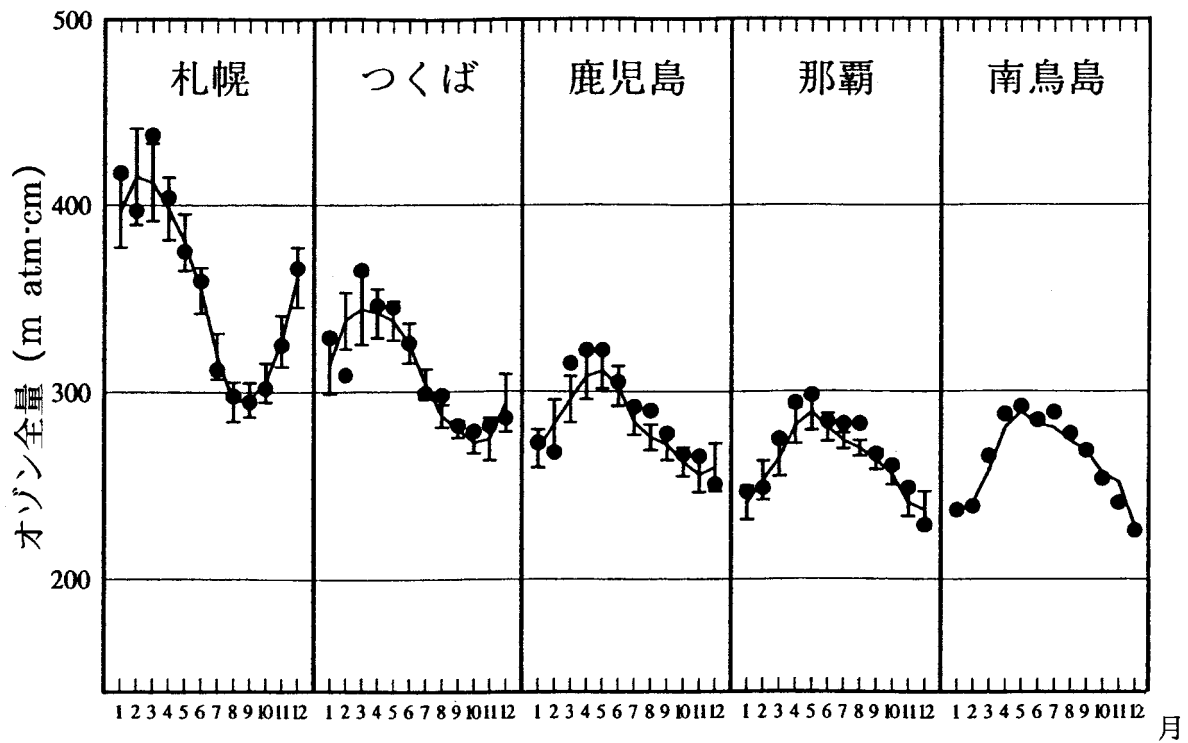


図 13 国内 5 地点における月平均オゾン全量の変動(2001 年)

ドブソン分光光度計（南鳥島のみブリューワ分光光度計）を用いた地上観測データによる。 は 2001 年の月平均値、折線は参照値（統計期間：1971～2000 年、ただし那覇は 1974～2000 年、南鳥島は 1994～2000 年）、縦線はその標準偏差（ ± 1 ）。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2001

イ．オゾンの高度分布

図 14 は、国内 4 地点の 2000 年 1 月から 2001 年 12 月までの月別及び高度別オゾン分圧とその参照値（1971～2000 年の平均；那覇は 1989～2000 年）との差の月変化を示す。2000～2001 年にまたがる共通した特徴として、2000 年 8 月以降、下部成層圏の高度 20km 付近を中心に、那覇ではあまり明瞭ではないが、他の 3 地点で参照値より低くなっており、特に札幌では、2～4 月の負の値が大きかった。那覇でも 2001 年 3 月までは参照値より低い分圧が続いていた。一方、札幌、つくば、鹿児島では 26～28km 以上で、那覇では 20km 以上で参照値より高くなることも多かった。

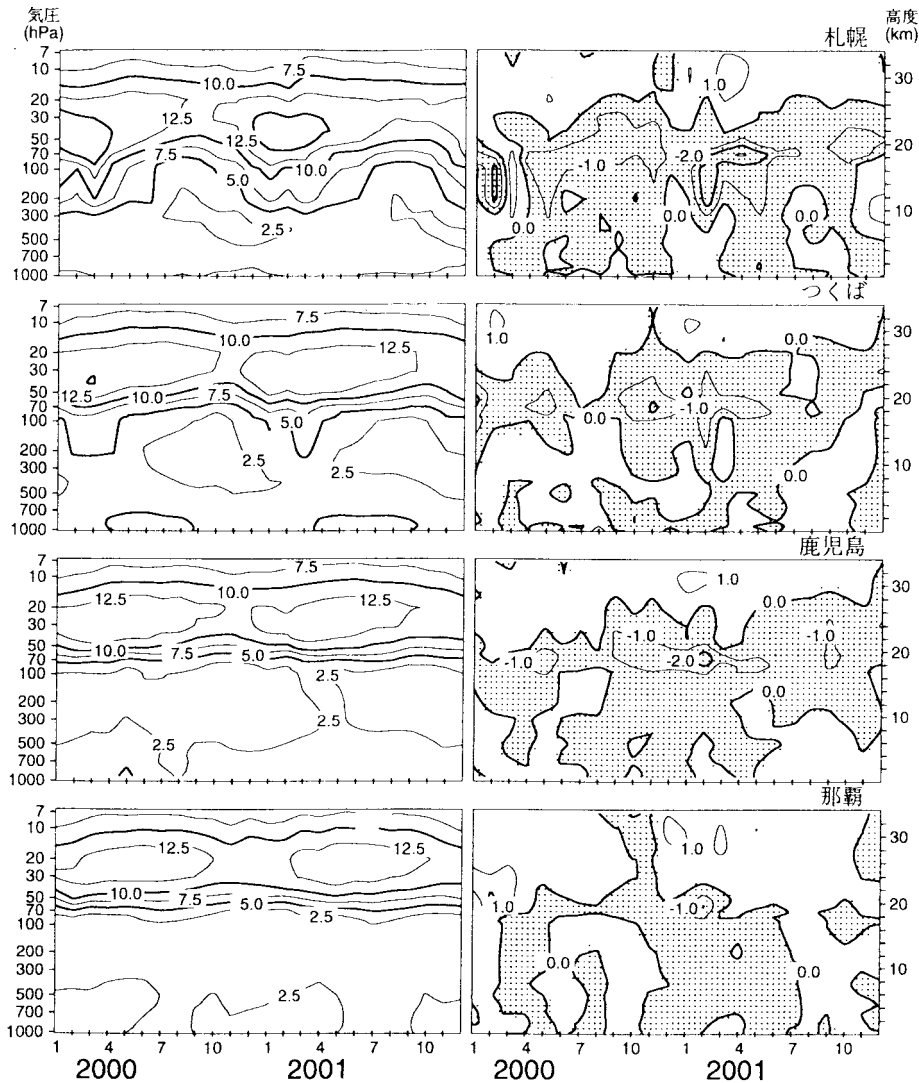


図 14 オゾン分圧及び参照値との差の高度・月分布図(2000～2001 年)

上から順に札幌、つくば、鹿児島、那覇においてオゾンゾンデによって観測された月別及び高度別の 2000～2001 年のオゾン分圧（左）及びその参照値からの差（右；札幌、つくば、鹿児島は 1971～2000 年、那覇は 1989～2000 年の月別累年平均値からの偏差）の等値線図。等値線は、分圧は 2.5mPa 毎。偏差は 1mPa 毎、右の点域は平年差が負の領域。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2001

図 15 は、国立環境研究所オゾンレーザーレーダーによって測定した、1988 年 9 月から 2001 年 12 月までの間の高度毎のオゾン濃度（数密度）変動をプロットしたものである。この図には、気象庁高層気象台においてオゾンゾンデによって観測されたオゾン濃度も併せて示してあり、両観測データは非常によく一致している*。それぞれの高度レベルにおいて季節変動が見られるが、その特徴は高度によって異なっている。高度 15km、20km では春に極大で夏から秋にかけて極小、30km、35km では夏に極大で冬に極小となっている。また、高度 20km の春の極大値は、1991 年及び 1994 年に大きな値を示したが、1993 年と 1995 年には特に小さかった。また、高度 30km では 1992 年の夏の極大値が大きな値を示した。1991 年 6 月のピナトゥポ火山噴火後の高度 20km におけるオゾンの減少と高度 30km におけるオゾンの増加は、火山噴火によって成層圏に生成された硫酸エアロゾル上の不均一相反応が増大し、高度 20km においては HOx サイクル、ClOx サイクルが活性化したためオゾン破壊が促進されたこと、また高度 30km においては NOx が減少したため NOx サイクルによるオゾン破壊が減少したこと、としてそれぞれ説明することができる。

* 1996 年から 1997 年にかけてオゾンレーザーレーダー装置を大幅に改造し、その結果、測定下限高度が 5 km 以上広がる等の改良につながった。装置の大幅な変更にもかかわらず、オゾンゾンデデータとの一致の程度に変化はなく、データの連続性は保たれている。

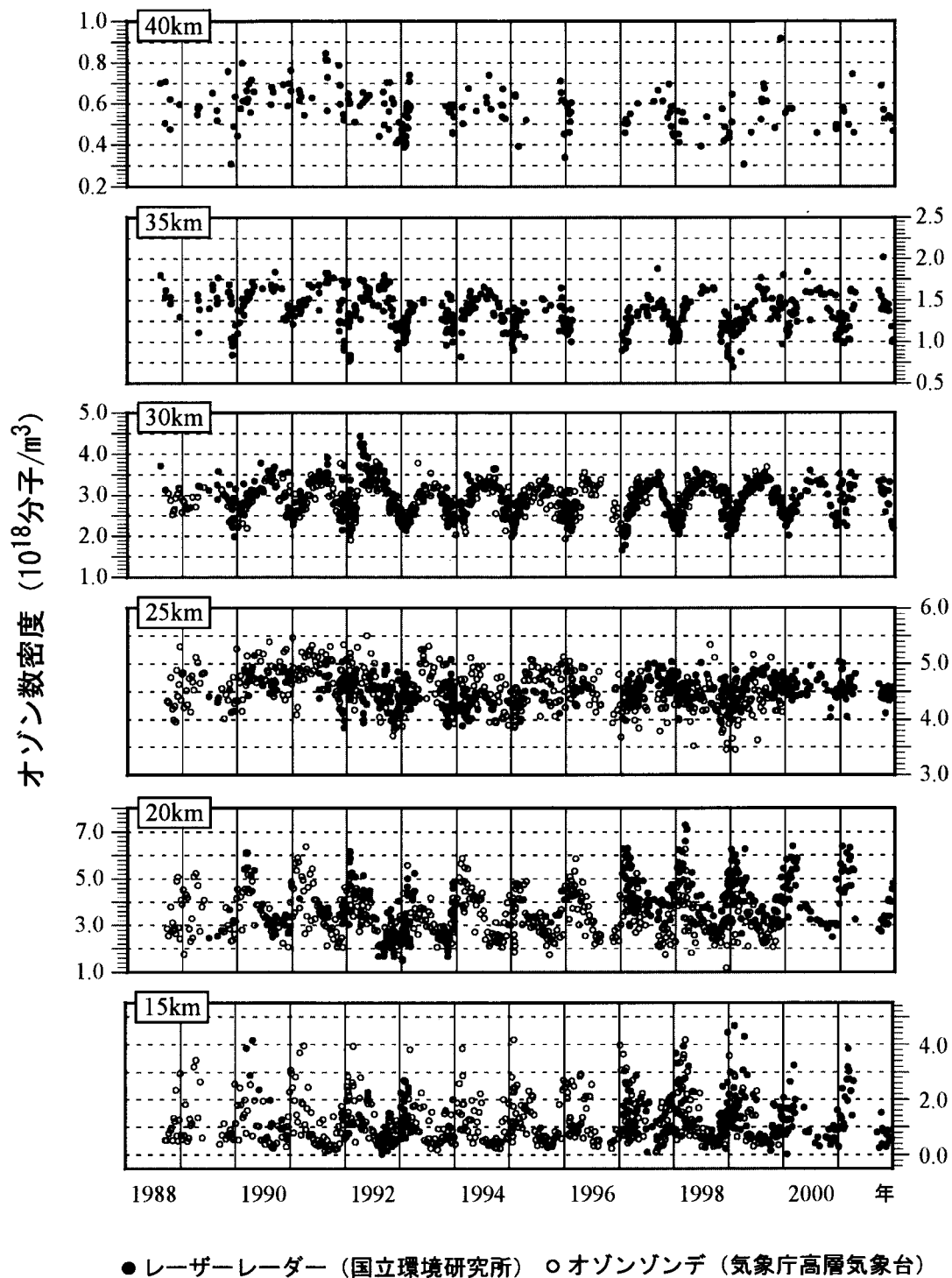


図 15 各高度におけるオゾン変動 (1988年9月~2001年12月;速報値)

国立環境研究所オゾンレーザーレーダーによって測定。平成13年度にオゾンレーザーレーダーデータ処理ソフトウェアをVersion 2に更新し、全データを再解析した。平成14年度に異常値の評価を行いVersion 2データを確定する予定である。Version 2ソフトウェアの特長は、オゾン、気温、エアロゾルの高度分布を一貫性のある手法で導出している点にある。

なお、気象庁高層気象台(茨城県つくば市)によってオゾンゾンデを用いて観測された値を共にプロットした。オゾンゾンデデータはWODCのデータベースに集積されたものを用いた。

(出典) 国立環境研究所による報告

ウ．最近の札幌におけるオゾン層の状況

図 16 は、最近 10 年間の札幌の月平均オゾン全量の経年変化を示す。その中で、特に 1992 年 8 月から 1993 年 6 月にかけての減少が顕著であり、1993 年 1 ~ 6 月にそれぞれの月の観測開始以来の最小値を記録した。これは、ピナトゥボ火山の影響によると思われる。その後も冬季及び春季を中心に参照値より少ない傾向が続いている。2000 年の 11 月はその月の観測開始以来の最小値を記録しており、これは大気循環による移流が影響していると考えられる。

北極域のオゾン破壊の影響が注目されてきたが、大気の流れの変化の影響も含め、今後も札幌上空のオゾン層の状況について注目していく必要がある。

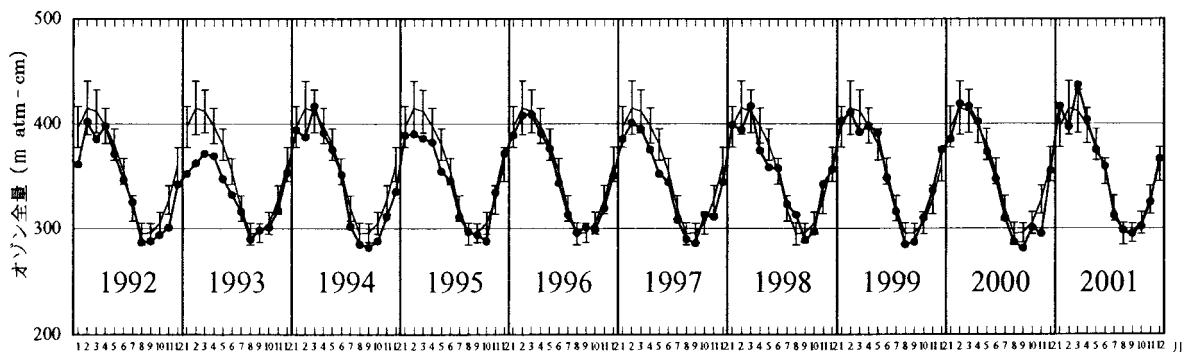


図 16 札幌のオゾン全量の最近の 10 年間の推移

ドブソン分光光度計を用いた地上観測による 1992 年以降の月平均オゾン全量。印と太い折線は各月の月平均値、細い折線は参照値（統計期間：1971～2000 年）、縦線はその標準偏差（ ± 1 ）。

（出典）気象庁提供データ

(2) 日本上空のオゾン全量のトレンド

日本付近はオゾン全量の南北差が大きく、また北ほど季節変化が大きい。

図 17 にオゾン全量の年平均値の推移を示す。なお、この図は、実測値をそのままプロットしたもので、太陽活動（約 11 年周期）、準 2 年周期振動（QBO）等の自然要因によるオゾン変動の影響が含まれている。特に札幌ではオゾンの減少が大きくなる傾向が見られる。

表 2 は日本上空におけるオゾン全量のトレンドについてまとめたものである。国内 4 地点の過去 20 年間のトレンドは、那覇を除いた 3 地点で減少傾向がみられ、その傾向は札幌において最も大きい。

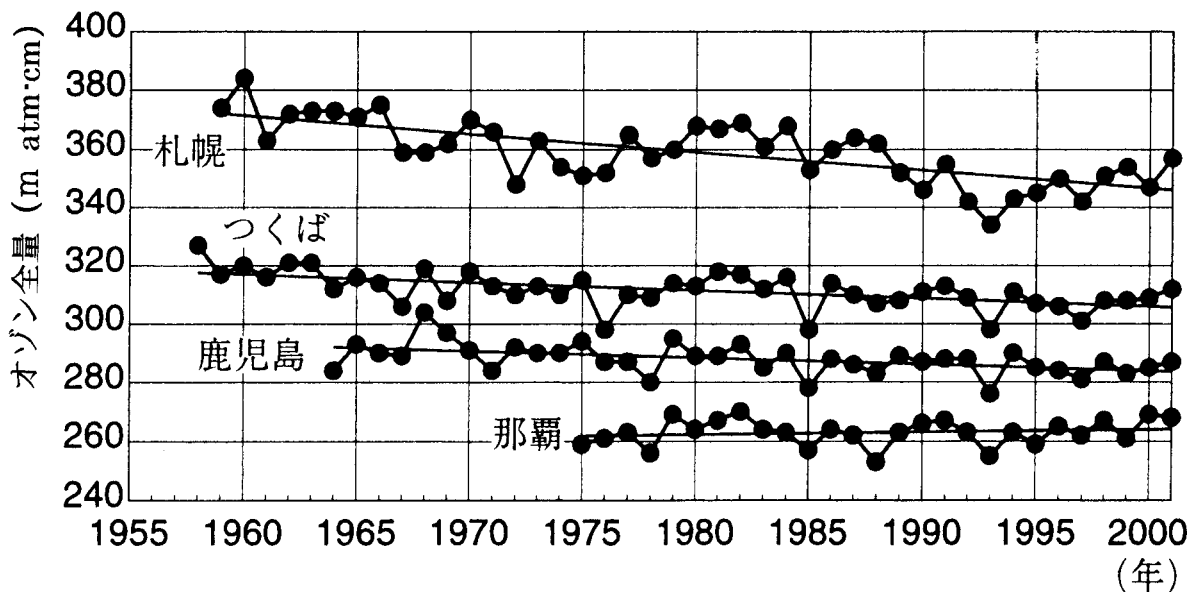


図 17 日本上空のオゾン全量の年平均値の推移（1958～2001年）

は札幌、つくば、鹿児島、那覇におけるオゾン全量の観測開始から 2001 年までの年平均値。直線は観測開始から 2001 年までの全期間の実際のオゾン全量の長期的な傾向を示すもので、既知の自然変化要因を取り除いて求めるトレンドとは異なる。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2001

表 2 日本上空のオゾン全量のトレンド（1982～2001年）

	札幌	つくば	鹿児島	那覇
通年	-2.6 (-4.3～-1.0)	-0.9 (-2.0～0.2)	-0.5 (-1.7～0.7)	0.5 (-0.4～1.3)
春(3～5月)	-2.6 (-6.5～1.2)	-0.9 (-3.5～1.8)	-1.0 (-4.1～2.1)	-0.1 (-1.9～1.8)
夏(6～8月)	-2.1 (-4.1～-0.1)	-1.0 (-2.6～0.5)	-0.3 (-2.0～1.4)	0.9 (-0.6～2.3)
秋(9～11月)	-2.5 (-4.6～-0.4)	-0.7 (-2.2～0.9)	0.6 (-1.3～2.4)	0.9 (-0.7～2.5)
冬(12～2月)	-3.7 (-8.2～0.8)	-1.3 (-4.1～1.5)	-1.4 (-4.3～1.4)	0.1 (-2.0～2.2)

月平均オゾン全量の時系列から季節変化、太陽活動、QBOの変動成分を除去して算出した 10 年当たりの変化率（%/10年）であり、20 年間（1982 年～2001 年）のトレンドを示す。
（ ）内は 95% 信頼限界である。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2001

(3) 日本上空のオゾンの高度分布にみられるトレンド

図 18 に、オゾンゾンデ観測及び反転観測による月平均オゾン量のデータから既知の自然変動（季節変化、太陽活動、QBOの変動成分）を除去し、1982～2001年の20年間に直線回帰を適用することにより求めた高度別オゾン分圧のトレンドを示す。最近20年間においては下部成層圏で減少傾向が現れており、特にこの傾向は札幌で顕著である。また中・上部成層圏では札幌、鹿児島で減少傾向が見られる。一方対流圏では増加若しくはほぼ一定である。

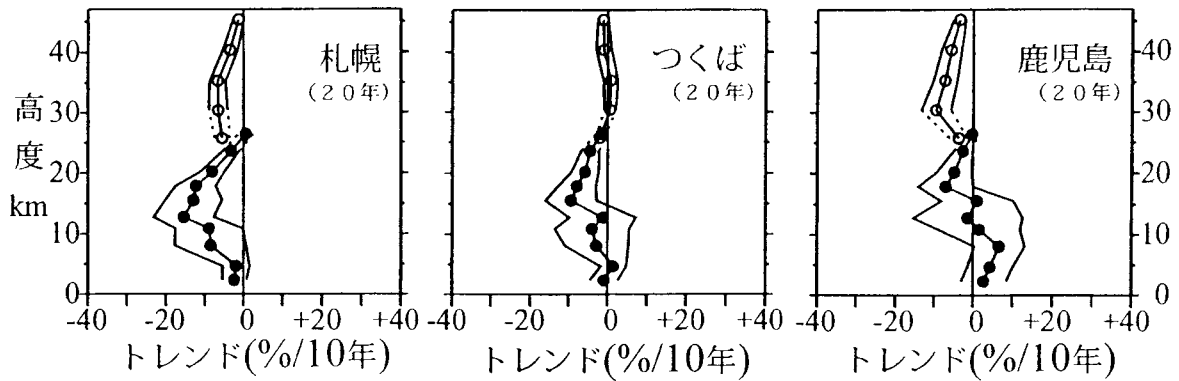


図 18 オゾン濃度（分圧）の高度別トレンド

オゾンゾンデ観測及び反転観測による月別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）。過去20年間（1982～2001年）に対する層別オゾン量のトレンドの鉛直分布（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（外側の折線）。那覇はオゾンゾンデ観測期間が短いので図示していない。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2001