

## 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2003年1月から12月までの月平均値を図15に示す。

参照値（1971～2000年の平均、那覇では1974～2000年、南鳥島は1994年～2002年）と比較すると、オゾン全量が少なかったのは札幌の4、11、12月、つくばの11月、鹿児島の11、12月、多かったのは、札幌の7、8月、つくばの1～3、7、8月、鹿児島の1月、那覇の1、3、6～10月であった。特に、那覇の3、7、10月は観測開始以来最も多かった。南鳥島は2～8月にかけて多めであった。

オゾン全量  
(m atm-cm)

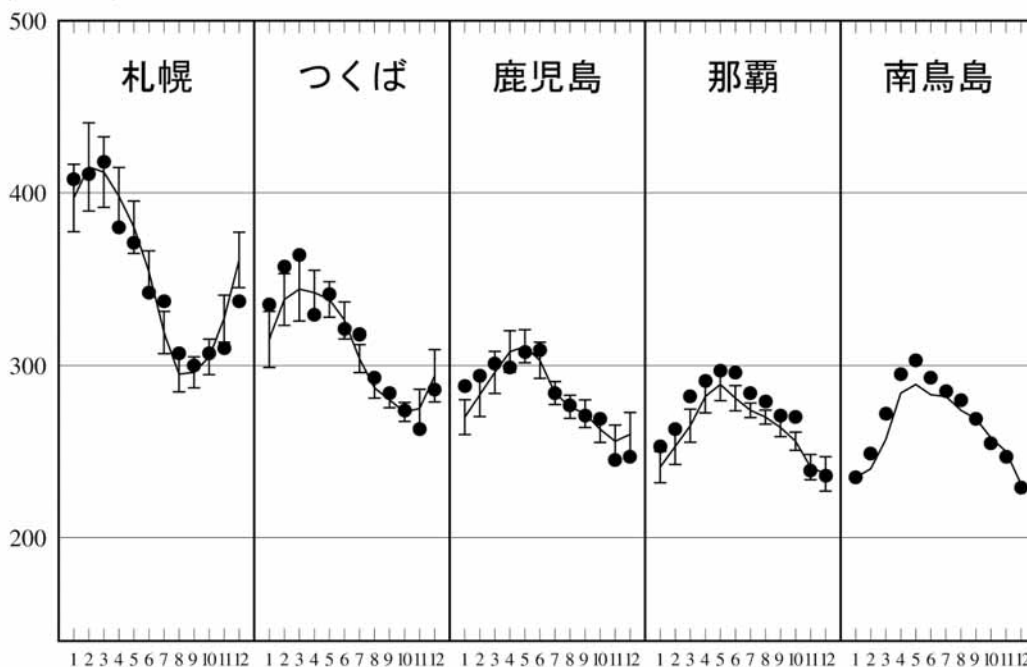


図15 国内5地点における月平均オゾン全量の変動(2003年)

ドブソン分光光度計（南鳥島のみブリューワー分光光度計）を用いた地上観測データによる。は2003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1994～2002年）、縦線はその標準偏差（±1）。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告2003

## イ．オゾンの高度分布

図 16 は、国内 4 地点の 2002 年 1 月から 2003 年 12 月までの 2 年間にわたる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。オゾン分圧が最も高い高度は、札幌で 20～24km（約 50～30hPa）、那覇では 24～28km（約 30～15hPa）であり、高緯度域ほど低くなる傾向にある。また、高緯度域ほどオゾン分圧の季節変動が明瞭である。

2003 年の 4 地点に共通した特徴として、4 月に高度約 20 km 付近を中心に参照値より低い状況が見られた。また、札幌、つくば、鹿児島では、2002 年 10 月頃から 2003 年 3 月頃にかけて、同じ高度を中心に参照値より高い傾向が見られる。

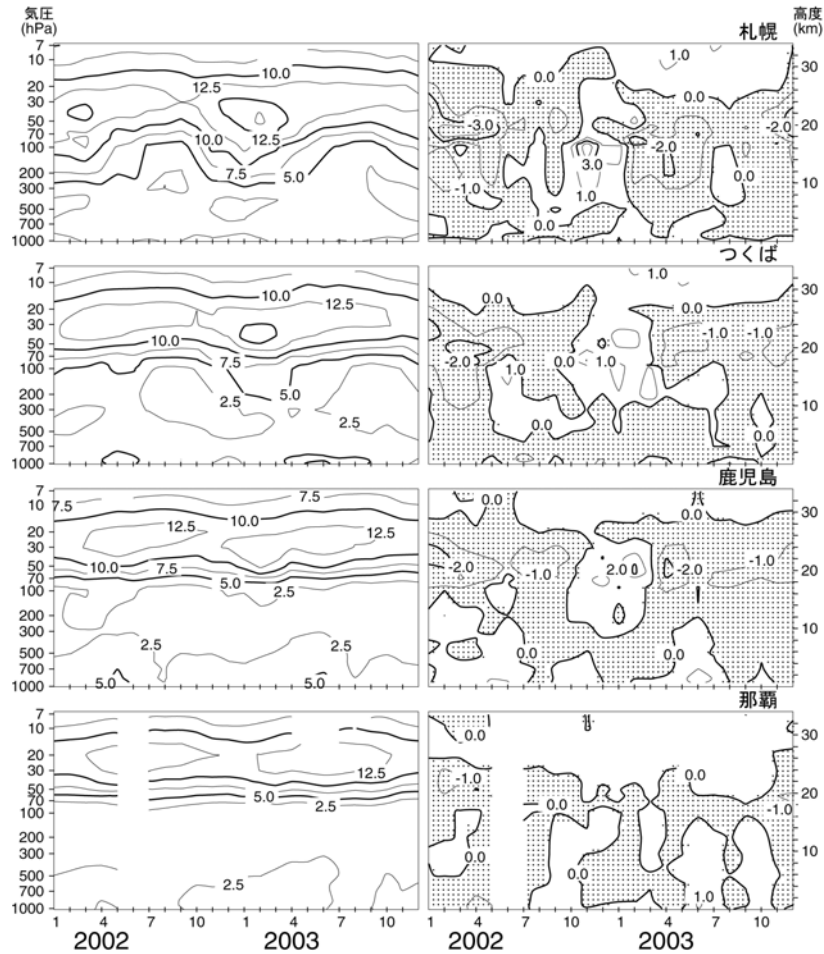


図 16 オゾン分圧及び参照値との差の高度・月分布図(2002～2003 年)

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 2002～2003 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 1 mPa 毎。右の点域は参照値からの差が負の領域。なお、2002 年 6 月、那覇では天候不順によりオゾンゾンデ観測を行えなかった。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2003

図 17 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 2004 年 3 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 月のピナトゥボ火山噴火後の高度 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粒子表面の不均一相反応が増大し、高度 20kmにおいては $\text{HO}_x$ サイクル、 $\text{ClO}$ 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 $\text{NO}_x$ が減少したため $\text{NO}_x$ 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。

\*\* 参考資料 オゾン層破壊のメカニズム (p.89) 参照

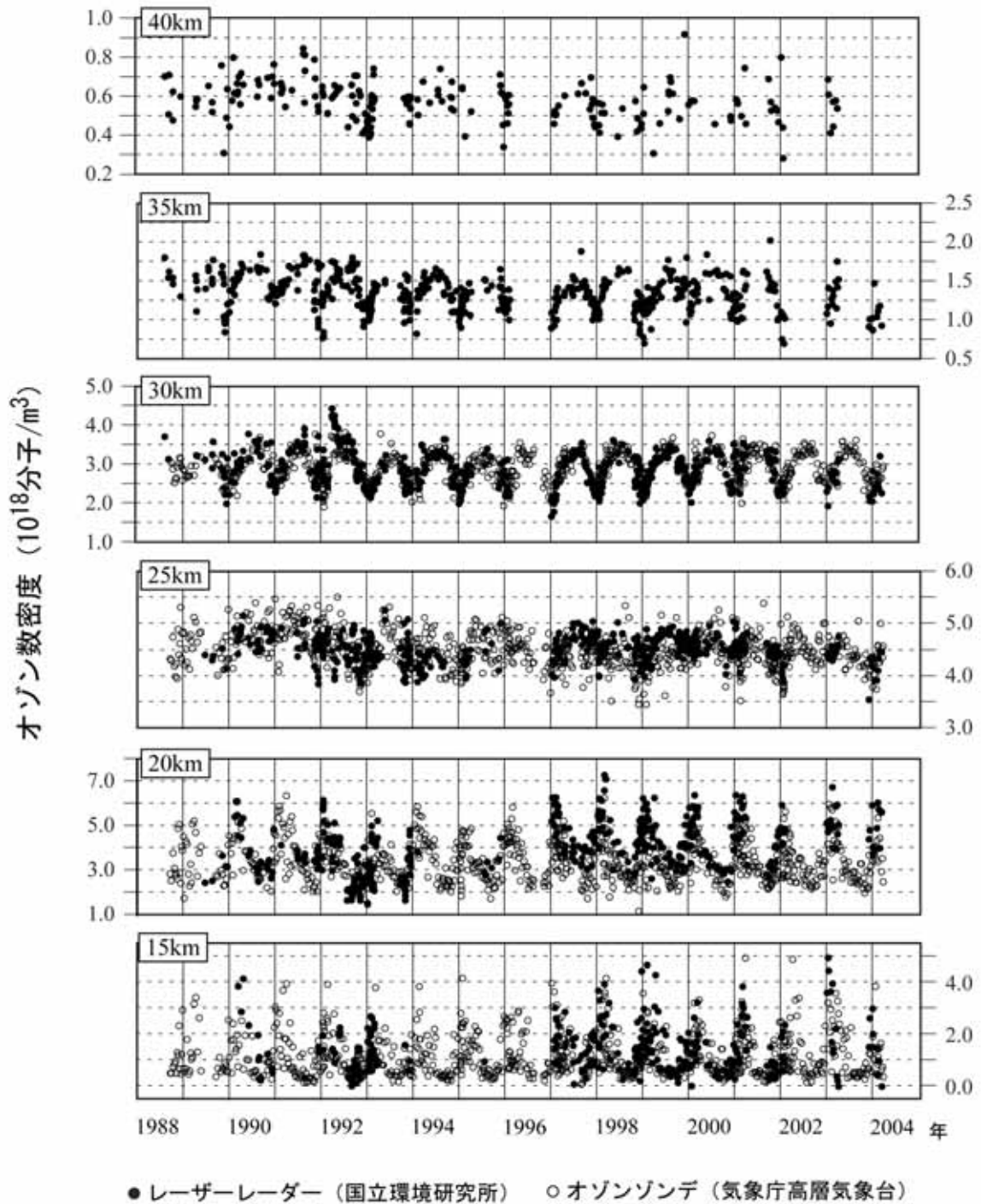


図 17 各高度におけるオゾン変動 (1988 年 9 月 ~ 2004 年 3 月; 速報値)

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。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 W O U D C 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 18 は、1992 年以降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 1993 年以前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、1992 年 8 月から続いていたピナトゥボ火山の影響によると考えられる。2000 年の 11 月はその月としては観測開始以来の最小値を記録しており、これは大気循環にかかわる低緯度空気塊の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。

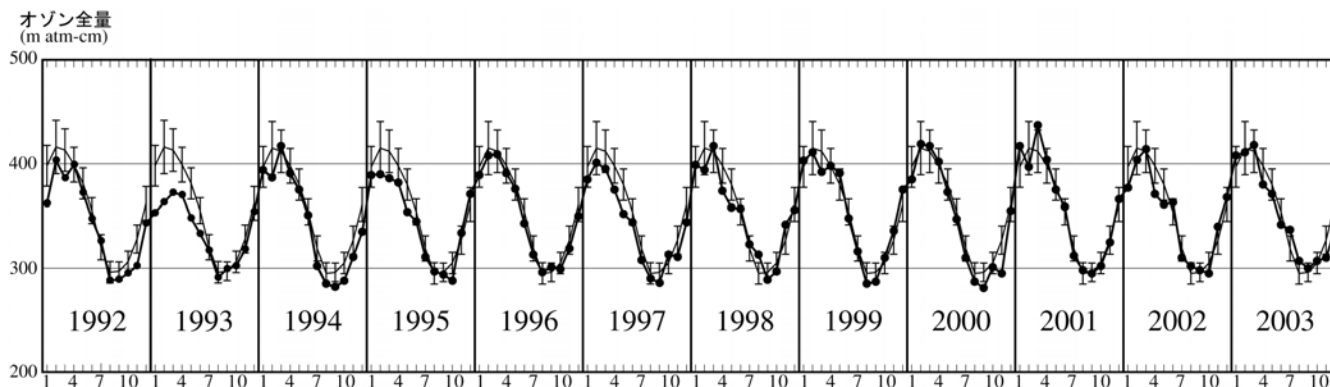


図 18 札幌のオゾン全量の推移

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（ $\pm 1$ ）。

（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、また北に行くほど季節変動が大きい。

図 19 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）や準 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。北に位置する観測点ほど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。

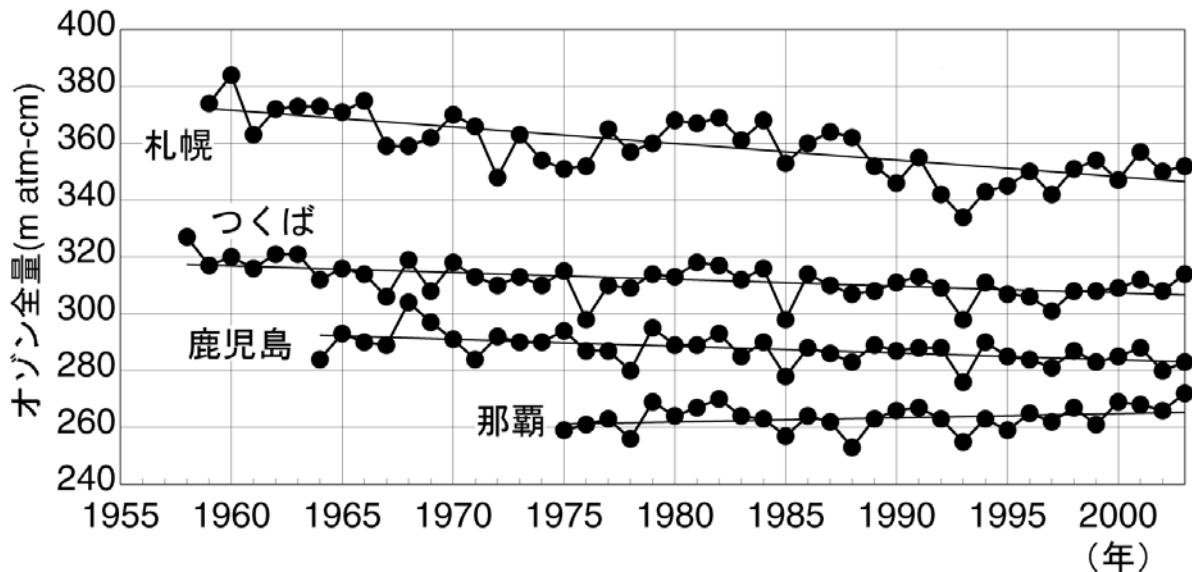


図 19 日本上空のオゾン全量の年平均値の推移（1958～2003 年）

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 2003 年までの年平均値。直線は観測開始から 2003 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、既知の自然変動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 2003

表 2 日本上空のオゾン全量のトレンド（1984～2003 年）

	札幌	つくば	鹿児島	那覇
通年	-1.7(-3.3～-0.2)	-0.3(-1.6～0.9)	-0.7(-2.0～0.7)	1.0(-0.2～2.3)
春(3～5月)	-3.0(-6.5～0.6)	-1.2(-4.0～1.6)	-1.6(-4.7～1.5)	0.7(-2.1～3.6)
夏(6～8月)	-0.4(-2.3～1.6)	0.3(-1.4～2.0)	-0.2(-1.9～1.5)	1.1(-0.6～2.8)
秋(9～11月)	-1.8(-4.1～0.4)	-0.1(-1.9～1.8)	0.0(-2.0～2.0)	1.7(-0.1～3.6)
冬(12～2月)	-2.0(-6.1～2.1)	-0.4(-3.5～2.8)	-1.0(-4.2～2.3)	0.5(-2.6～3.7)

月平均オゾン全量の時系列から季節変動、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（1984 年～2003 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 2003

### (3) 日本上空のオゾンの高度分布にみられるトレンド

図 20 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（季節変動、太陽活動、QBO の変動成分）を除去し、1984～2003 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・上部成層圏では全観測所で有意な減少傾向が現れている。一方、有意ではないが、対流圏では鹿児島で増加傾向が現れている。

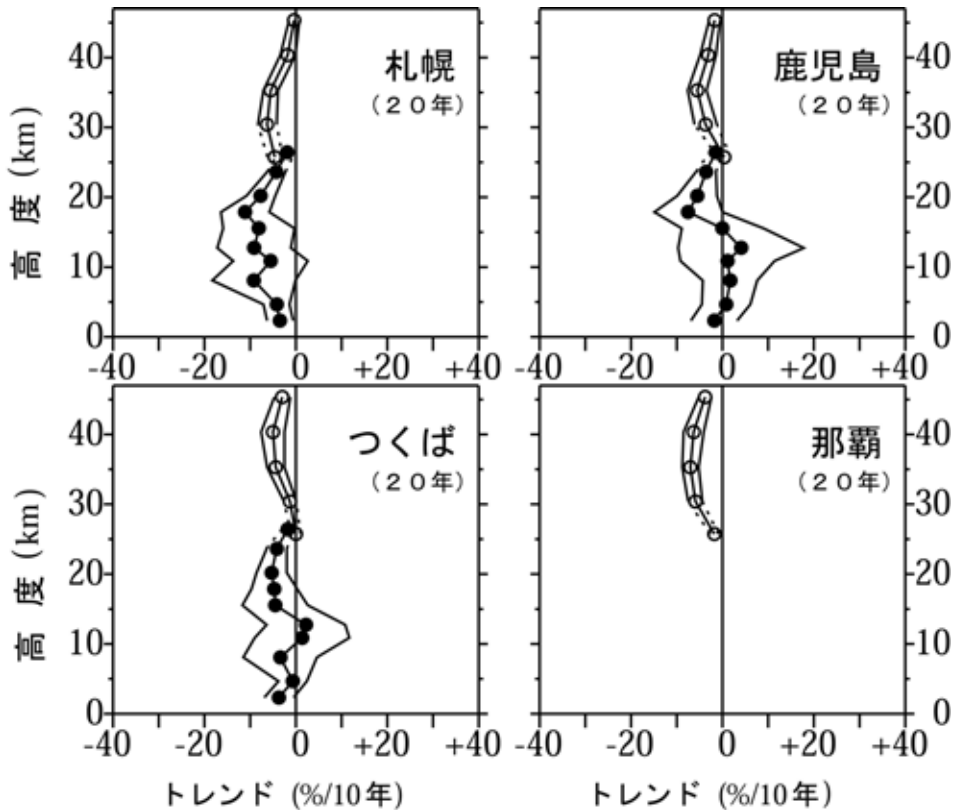


図 20 オゾン濃度（分圧）の高度別トレンド

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（1984～2003 年）に対する層別オゾン量のトレンドの鉛直分布（○：オゾンゾンデ観測データ、●：反転観測データ）と自己回帰を考慮した 95%信頼限界（外側の折線）。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図示していない。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2003