

## 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、2000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2000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、5～9、11月は平年より少なく、他は平年並<sup>\*</sup>であった。特に、11月はその月として観測開始以来最も少なく、9月は2番目に少なかった。

つくばでは、10～12月は平年より少なく、4、8月は平年より多かった。特に11月はその月として観測開始以来2番目に少なかった。

鹿児島では、11月に平年より少なく、5、7、9月に平年より多かった。

那覇では、2、3、7～9月で平年より多く、特に7、9月はその月として観測開始以来最も多く、3月はその月として2番目に多かった。

以上のことから、2000年のオゾン全量は、札幌では平年並か平年より少なく、つくば、鹿児島では、1～9月までは平年並か平年より多く、10～12月は平年並か平年より少なく、那覇では平年並か平年より多かった。この中でも11月は、那覇を除く3地点で平年より少ない状況が見られ、札幌、つくば、鹿児島はその月としては観測開始以来それぞれ1位、2位、3位の記録となった。

---

\* ここでいう平年並とは、平年（1961～1990年）の月別累年平均値（ただし那覇は1974～1990年の月別累年平均値）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。

オゾン全量  
(m atm-cm)

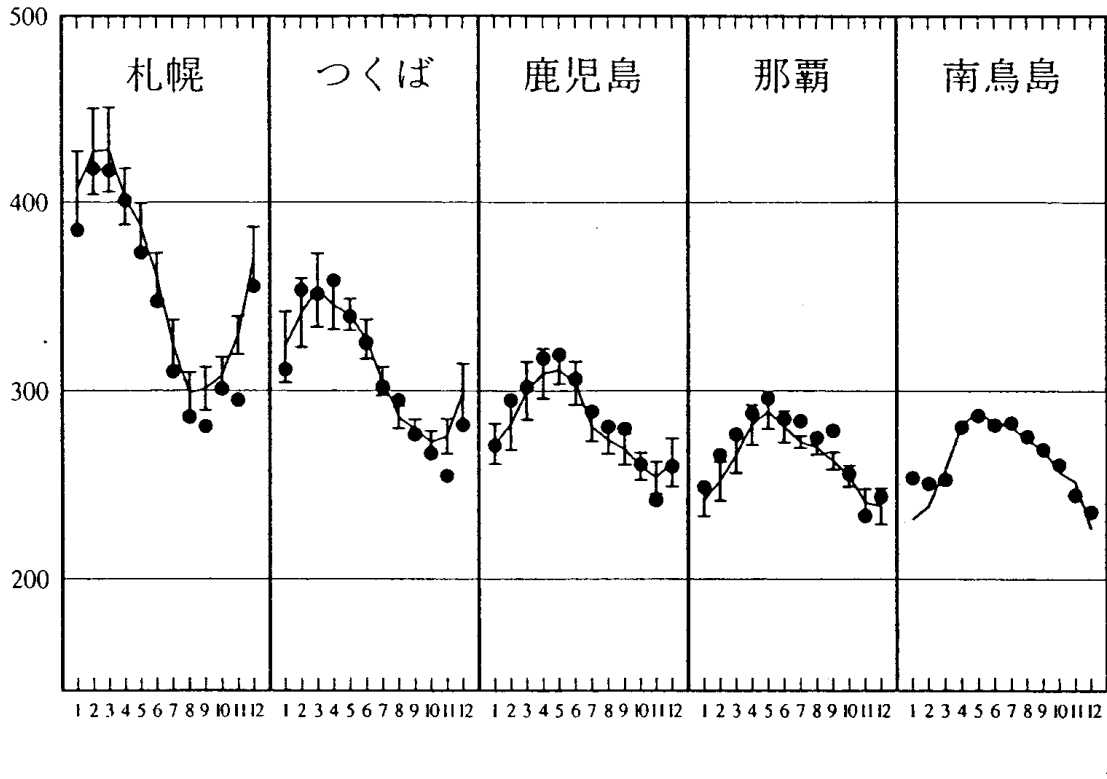


図 13 国内 5 地点における月平均オゾン全量の変動(2000 年)

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 2000 年の月平均値、折線は平年値（統計期間：1961～1990 年、ただし那覇は 1974～1990 年、南鳥島は 1994～1999 年）、縦線はその標準偏差（ $\pm 1$ ）。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2000

## イ．オゾン的高度分布

図 14 は、国内 4 地点の 1999 年 1 月から 2000 年 12 月までの高度別オゾン分圧とその平年差の月変化を示す。2000 年の共通した特徴として、下部成層圏の高度 20km 付近を中心に負偏差が見られた。札幌では、2 月に 2 mPa 以上の負偏差が高度 11~17km 付近に見られたほか、高度 6~22km では 4 月以降負偏差が続いた。つくば、鹿児島ではともに 9 月以降、高度 9~26km で負偏差が続いた。

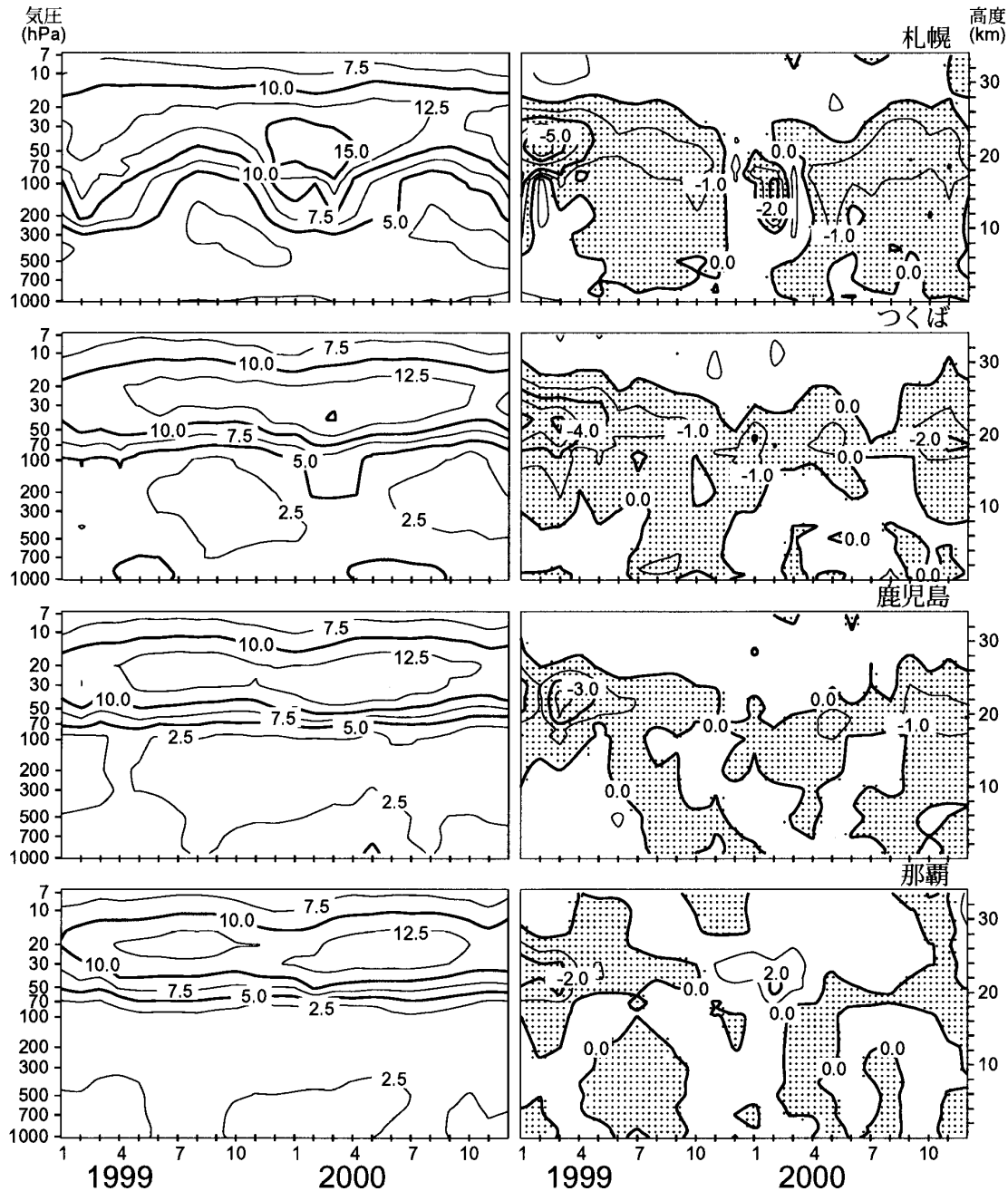


図 14 オゾン分圧及びその平年差の高度・月分布図(1999~2000年)

上から順に札幌、つくば、鹿児島、那覇における月別及び高度別の 1999~2000 年のオゾン分圧(左)及びその平年差(右;札幌、つくば、鹿児島は 1968~1999 年、那覇は 1989~1999 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 2000

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 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おり、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。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。

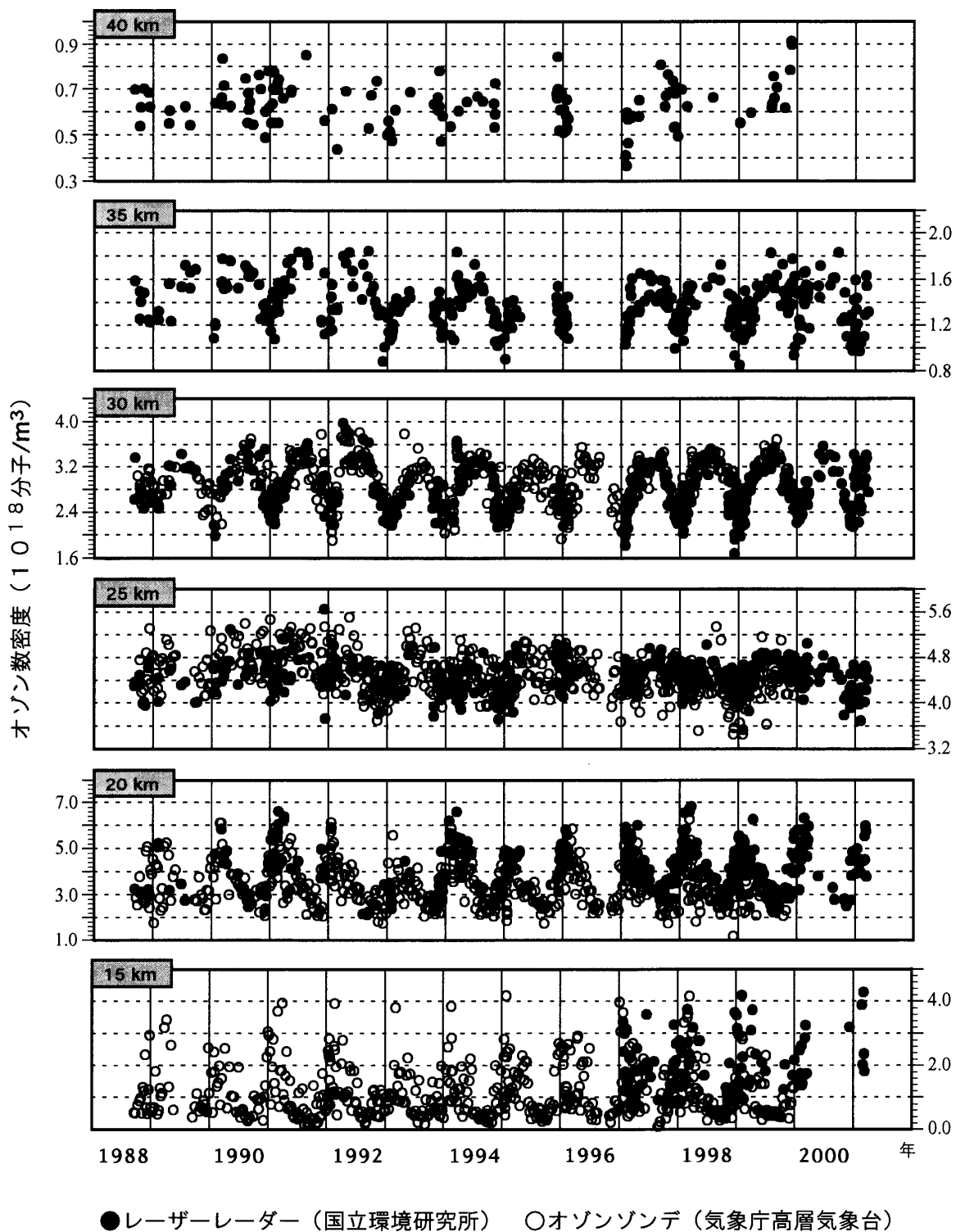


図 15 各高度におけるオゾン変動 (1988年9月~2001年3月)

国立環境研究所オゾンレーザーレーダーによって測定。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平年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。

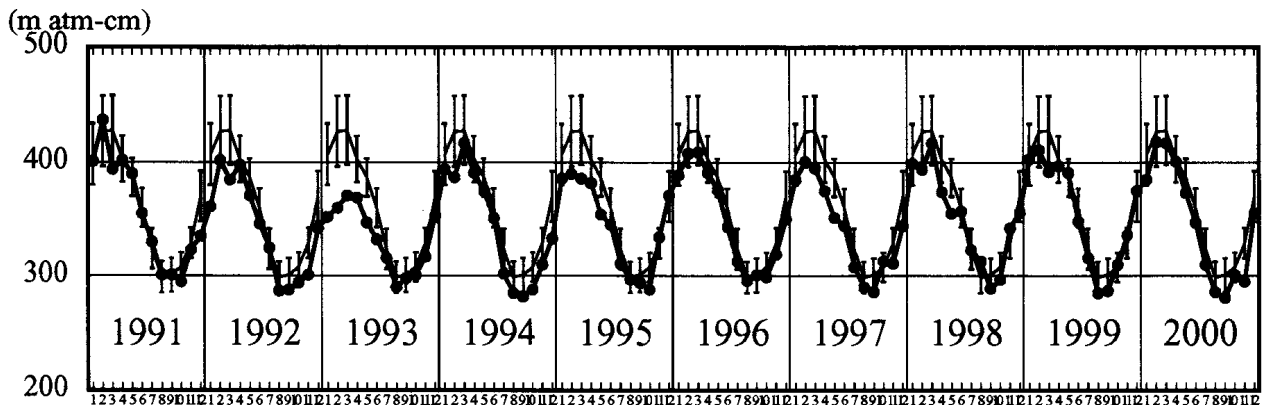


図 16 札幌のオゾン全量の最近の 10 年間の推移

ドブソン分光光度計を用いた地上観測による 1991 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、細い折線は平年値（統計期間：1961～1990 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周期的な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。

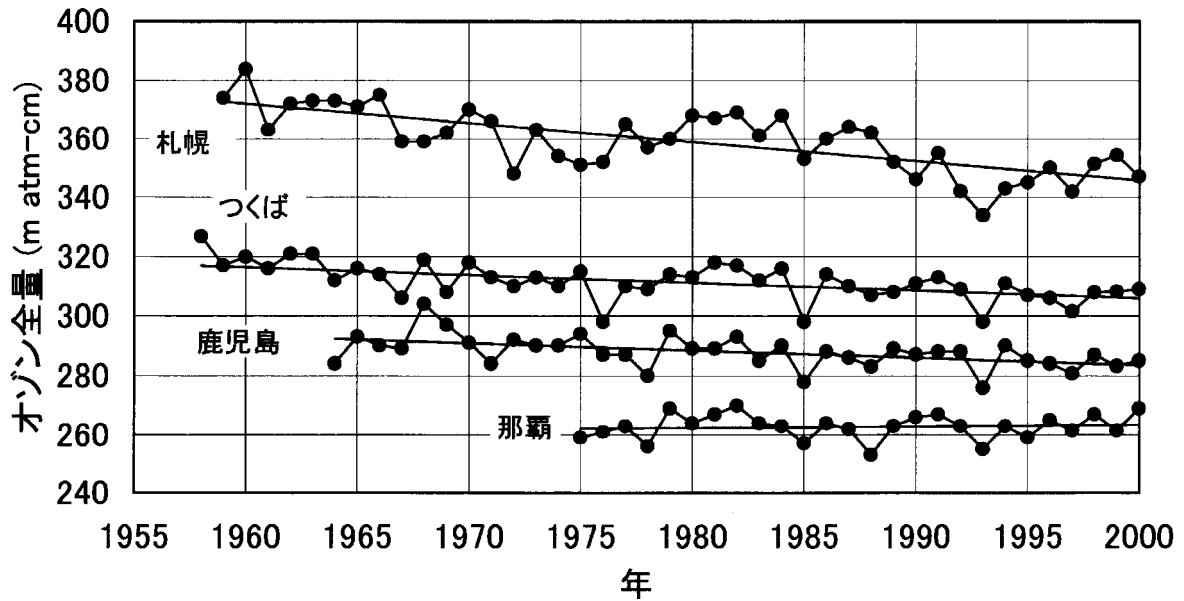


図 17 日本上空のオゾン全量の年平均値の推移 (1958 ~ 2000 年)

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 2000 年までの年平均値。直線は観測開始から 2000 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 2000

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。

表 2 日本上空のオゾン全量のトレンド (1981 ~ 2000 年)

	札幌	つくば	鹿児島	那覇
通年	-2.9(-4.3 ~ -1.5)	-1.0(-2.1 ~ 0.2)	-0.4(-1.4 ~ 0.6)	0.5(-0.4 ~ 1.3)
春 (3 ~ 5月)	-3.0(-6.2 ~ 0.1)	-1.1(-3.9 ~ 1.6)	-1.3(-3.6 ~ 1.0)	-0.4(-2.3 ~ 1.5)
夏 (6 ~ 8月)	-2.2(-4.1 ~ -0.2)	-0.8(-2.4 ~ 0.8)	0.0(-1.6 ~ 1.7)	1.1(-0.4 ~ 2.6)
秋 (9 ~ 11月)	-2.7(-4.6 ~ -0.8)	-0.6(-2.3 ~ 1.1)	0.6(-1.2 ~ 2.4)	1.2(-0.5 ~ 2.9)
冬 (12 ~ 2月)	-4.0(-7.7 ~ -0.4)	-1.4(-4.1 ~ 1.3)	-1.2(-3.2 ~ 0.9)	0.0(-2.0 ~ 2.0)

月平均オゾン全量の時系列から季節変化、太陽活動周期、QBOの周期的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 (1981 年 ~ 2000 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 2000



### (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、太陽活動周期、QBO の周期的変動成分）を除去し、1981～2000 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・上部成層圏でも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。

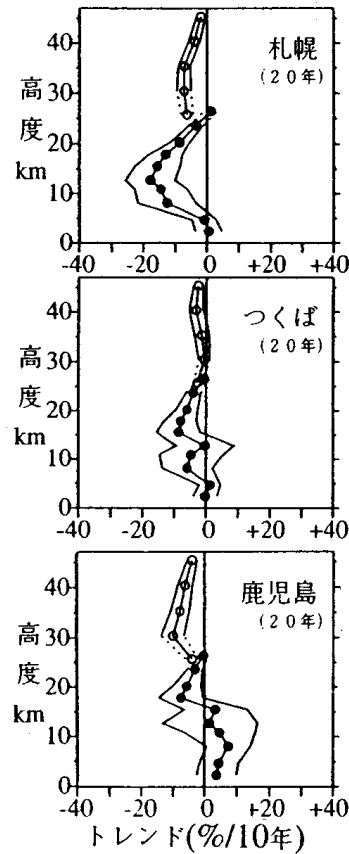


図 18 オゾン濃度（分圧）の高度別トレンド

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（1981～2000 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 2000