

3. 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

気象庁の行った観測に基づき、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2004年1月から12月までの月平均値を図24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～2003年）と比較すると、札幌では春から秋に、つくばでは年の前半に少ない月が見られた。特に札幌の10月は1958年の観測開始以来、つくばの5月は1957年の観測開始以来、各月の値として最も少なく、つくばの2月は2番目に少なかった。また、那覇では年の後半にほぼ継続して多く、特に7、10、11月は1974年の観測開始以来、各月の値として最も多かった。南鳥島は年の前半に少なめであった。なお、南鳥島では、統計期間が短く、標準偏差は計算していないため、1994～2003年の月平均値より多い場合を「多め」、少ない場合を「少なめ」と表現している。

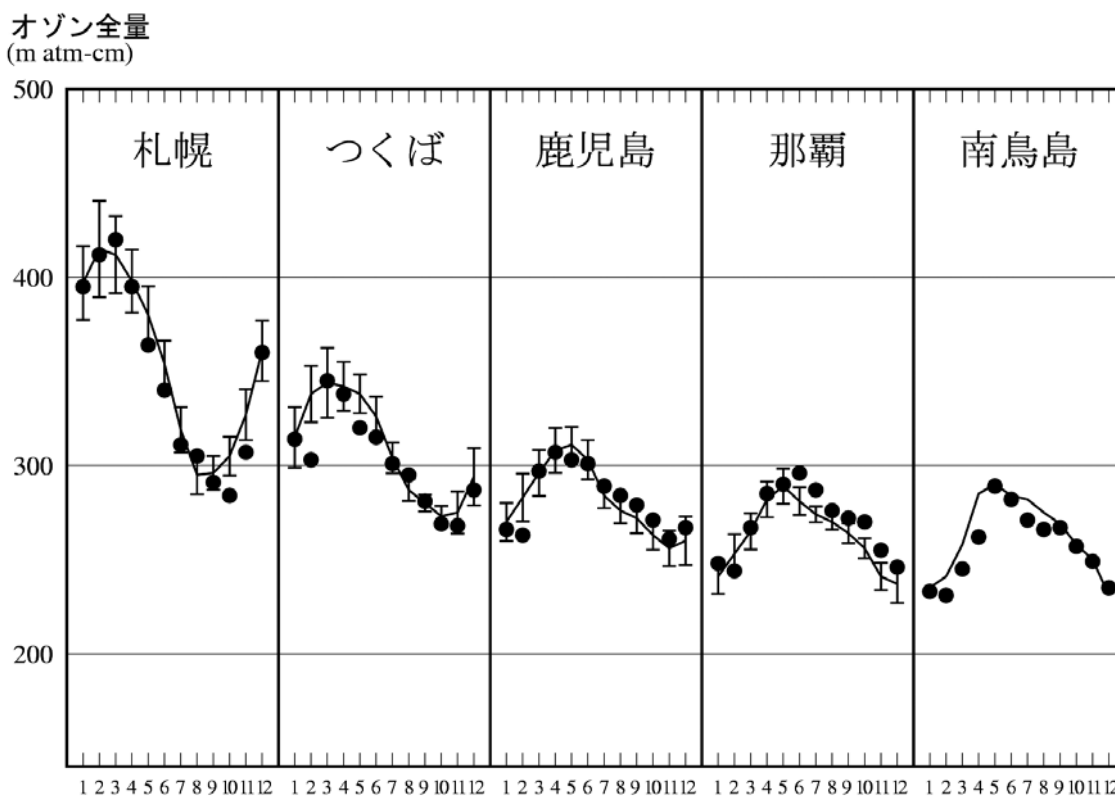


図24 国内5地点における月平均オゾン全量の変動(2004年)

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2004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1994～2003年）、縦線はその標準偏差（±1）。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告2004

イ．オゾンの高度分布

図 25 は、国内 4 地点の 2003 年 1 月から 2004 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。

4 地点に共通した特徴として、2003 年の終わりから 2004 年の春にかけて、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。この減少は、QBO の変動に関する成層圏のオゾン輸送の変動に起因している可能性がある（p.11 参照）。

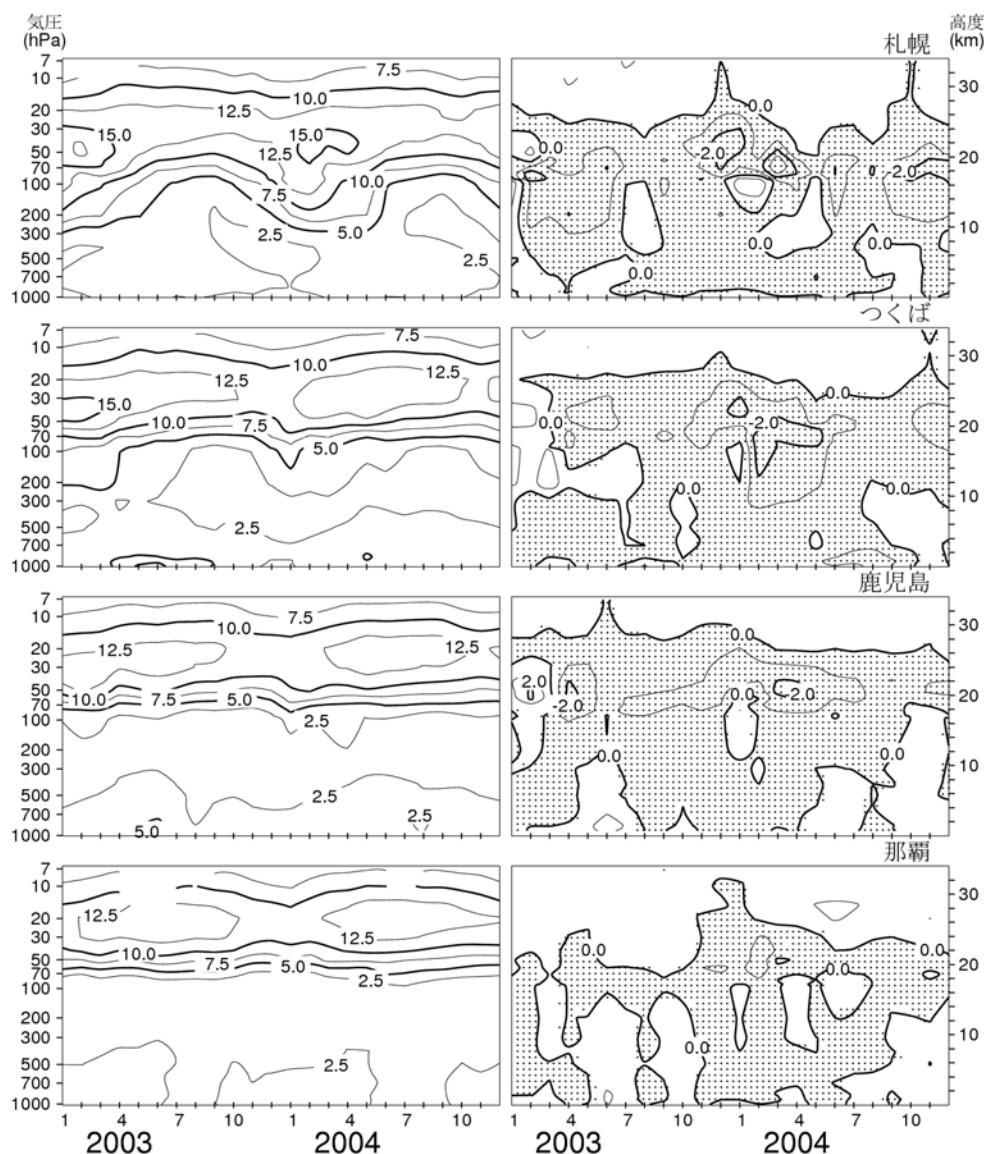


図 25 オゾン分圧及び参照値との差の高度・月分布図(2003～2004 年)

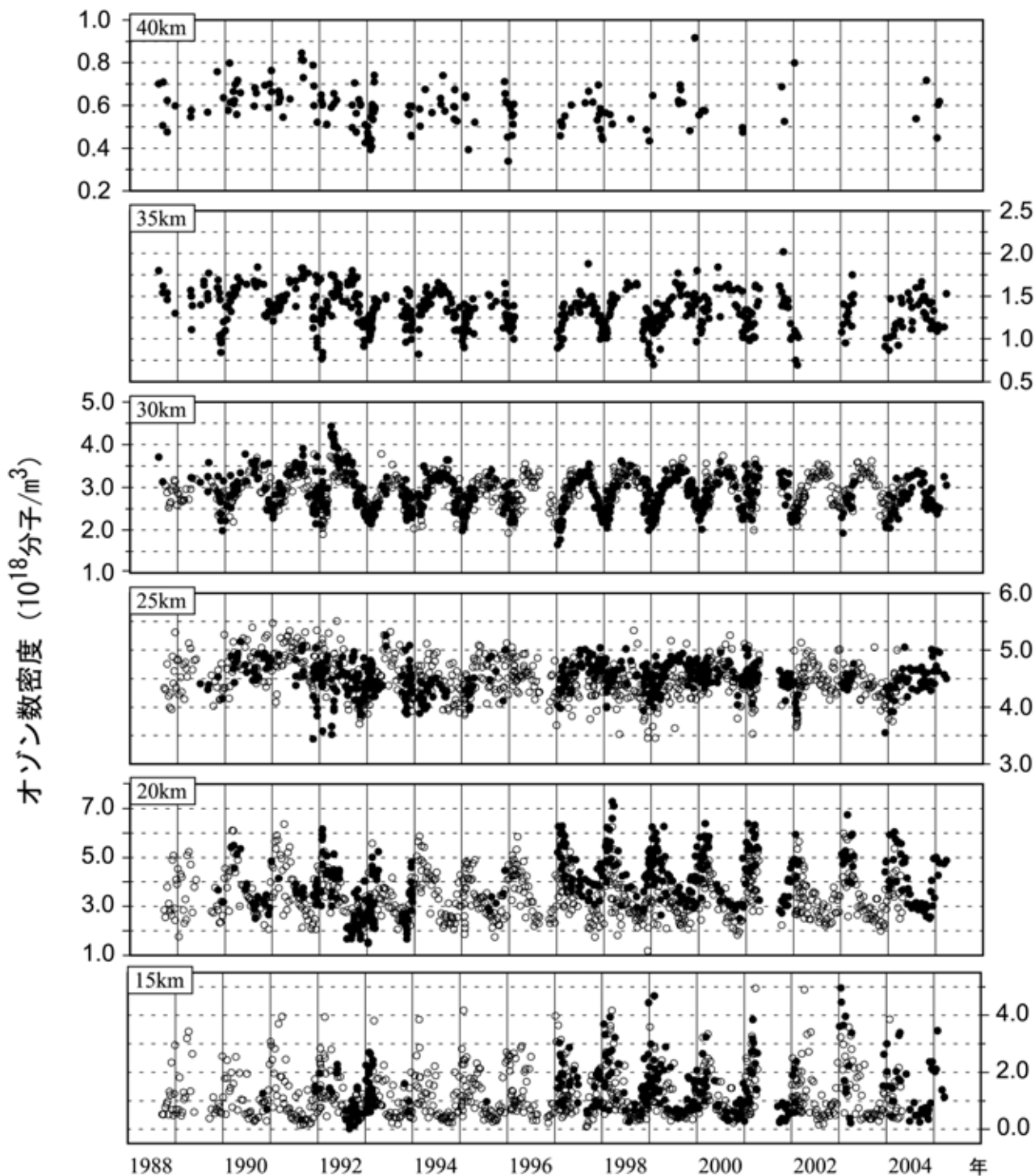
上から順に札幌、つくば、鹿児島、那覇においてオゾンゾンデによって観測された月別及び高度別の 2003～2004 年のオゾン分圧（左）及びその参照値からの差（右；札幌、つくば、鹿児島は 1971～2000 年、那覇は 1989～2000 年の月別累年平均値からの偏差）の等値線図。等値線は、分圧は 2.5mPa 毎、偏差は 1mPa 毎。右の点域は参照値からの差が負の領域。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2004

図 26 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 2005 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HOxサイクル、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以上拡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。

** 第 3 部参考資料 オゾン層破壊のメカニズム (p.101) 参照



● レーザーレーダー (国立環境研究所) ○ オゾンゾンデ (気象庁高層気象台)

図 26 各高度におけるオゾン変動 (1988年9月~2005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

(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 27 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。

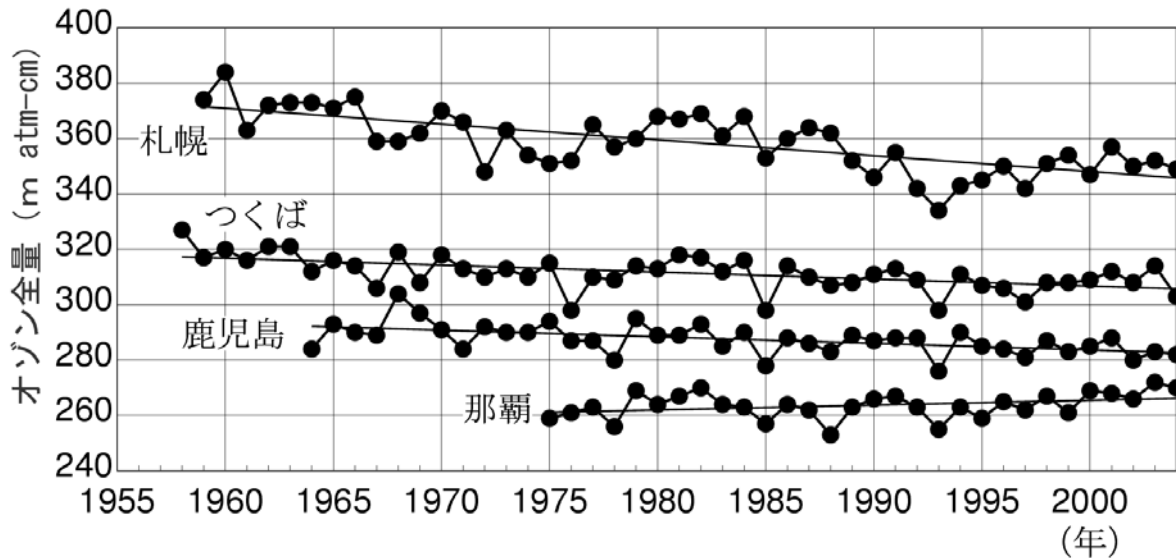


図 27 日本上空のオゾン全量の年平均値の推移（1958～2004 年）

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 2004 年までの年平均値。直線は観測開始から 2004 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 2004

表 2 日本上空のオゾン全量のトレンド（1985～2004 年）

	札幌	つくば	鹿児島	那覇
通年	-1.0(-2.3～0.4)	0.0(-1.0～1.0)	-0.3(-1.3～0.6)	1.6(0.8～2.4)
春(3～5月)	-1.3(-4.2～1.6)	0.0(-2.2～2.3)	-0.4(-2.5～1.7)	1.9(0.2～3.5)
夏(6～8月)	-0.2(-2.0～1.6)	0.2(-1.4～1.7)	0.0(-1.5～1.6)	1.9(0.3～3.4)
秋(9～11月)	-2.0(-4.0～-0.1)	-0.3(-1.9～1.2)	0.1(-1.6～1.8)	2.1(0.6～3.6)
冬(12～2月)	-0.5(-3.8～2.8)	-0.1(-2.6～2.4)	-1.2(-3.3～1.0)	0.5(-1.4～2.4)

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（1985 年～2004 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 2004

(3) 日本上空のオゾンの高度分布にみられるトレンド

図 28 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、1985～2004 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、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。

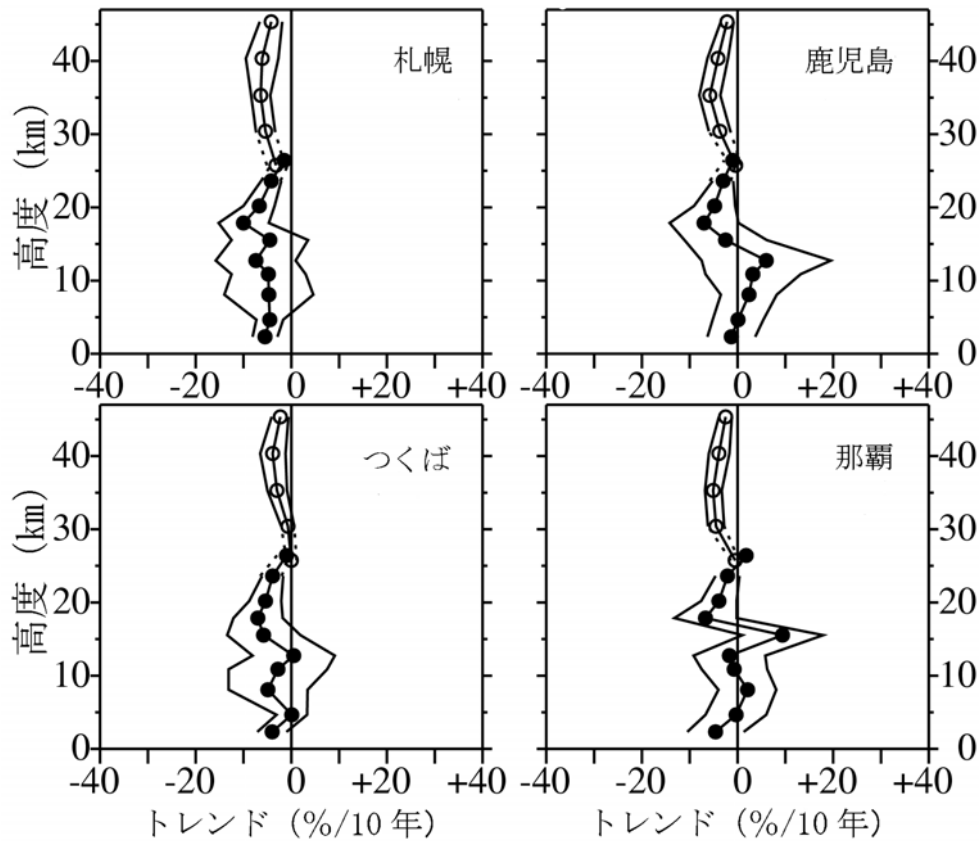


図 28 オゾン濃度（分圧）の高度別トレンド

オゾンゾンデ観測及び反転観測による、最近 20 年間（1985～2004 年）の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）。印はオゾンゾンデ観測データ、印は反転観測データによる。外側の折線は自己回帰を考慮した 95% 信頼限界。なお、那覇のオゾンゾンデ観測によるトレンドは、観測を開始した 1989 年以降の 16 年間についての値である。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2004