

### 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2005年1月から12月までの月平均値を図22に示す。鹿児島における観測は2005年3月をもって終了したため、3月までのデータを示す。

参照値（1971～2000年の平均；那覇では1974～2000年、南鳥島は1994年～2004年）\*と比較すると、札幌、つくばで12月に多かったことを除き、概ね参照値並であった。また、那覇では年の前半を中心に多い月がみられ、特に1、3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1年を通じて参照値並であった。

(m atm-cm)

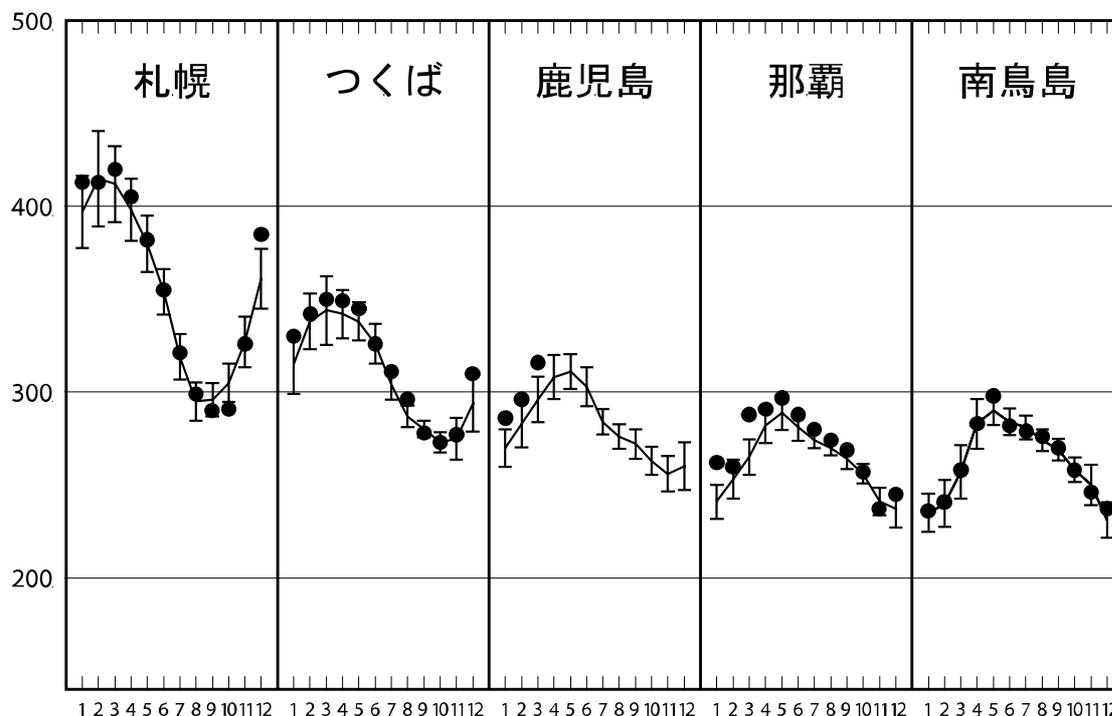


図22 国内5地点における月平均オゾン全量の推移(2005年)

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2005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1994～2004年）、縦線はその標準偏差（±1）。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告2005

\* ここでの参照値は、衛星データを用いた参照値（1979年～1992年の平均値を参照値として採用）とは平均をとる統計期間が異なる。このため、衛星データによる結果とは単純に比較できないことに注意する必要がある。

## イ．オゾンの高度分布

図 23 に、国内 4 地点の 2004 年 1 月から 2005 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 15mPa）、那覇では 24～28km（約 12.5mPa）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。

各地点ともに、2 年間を通してオゾンの一番多い高度よりやや低い高度（高度約 20 km 付近）を中心に参照値より少ない状況であった。また、札幌、つくば、那覇では 2004 年 10 月頃から 2005 年 4 月頃にかけて、高度 20km よりやや上で参照値より大きい傾向がみられる。この現象は、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.13 参照）。

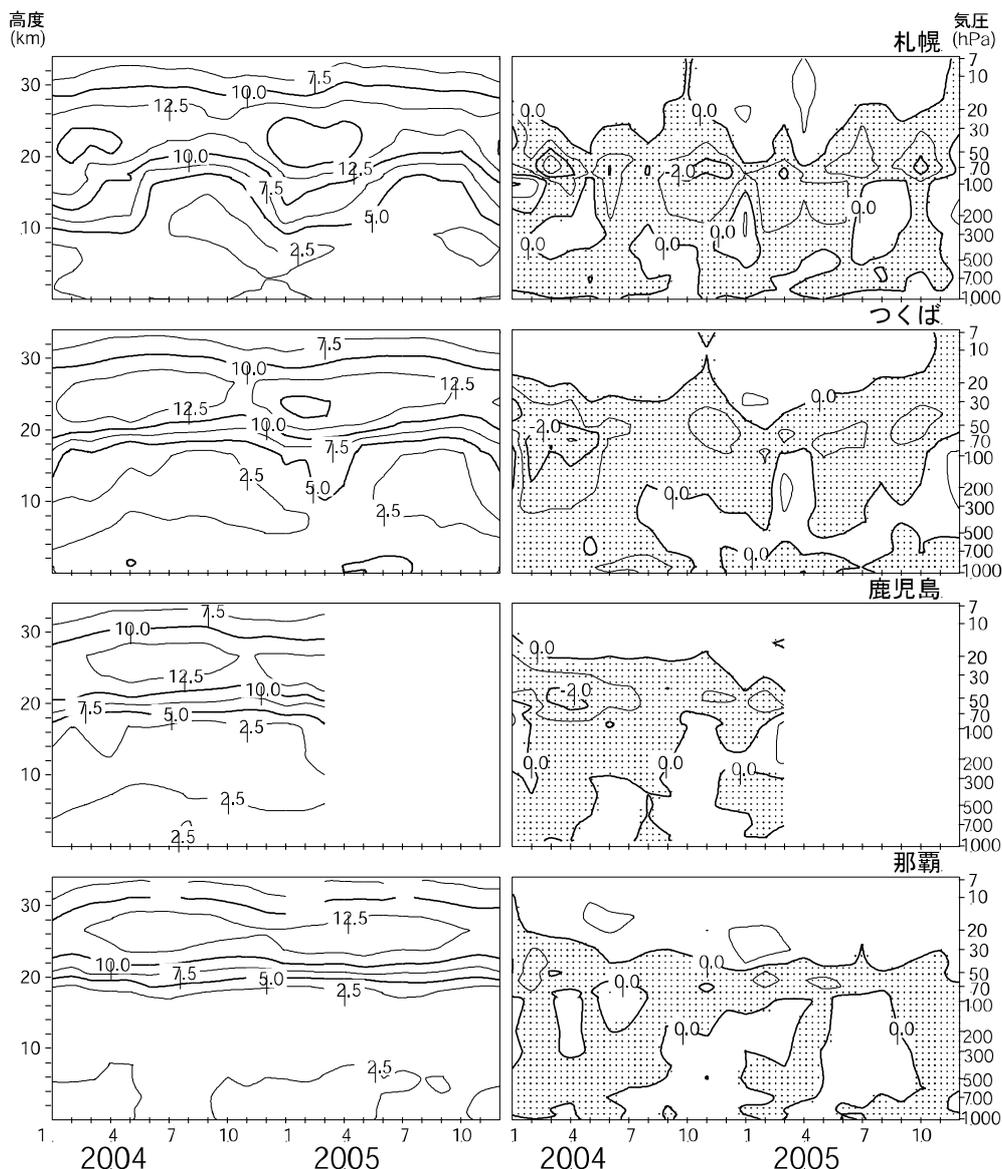


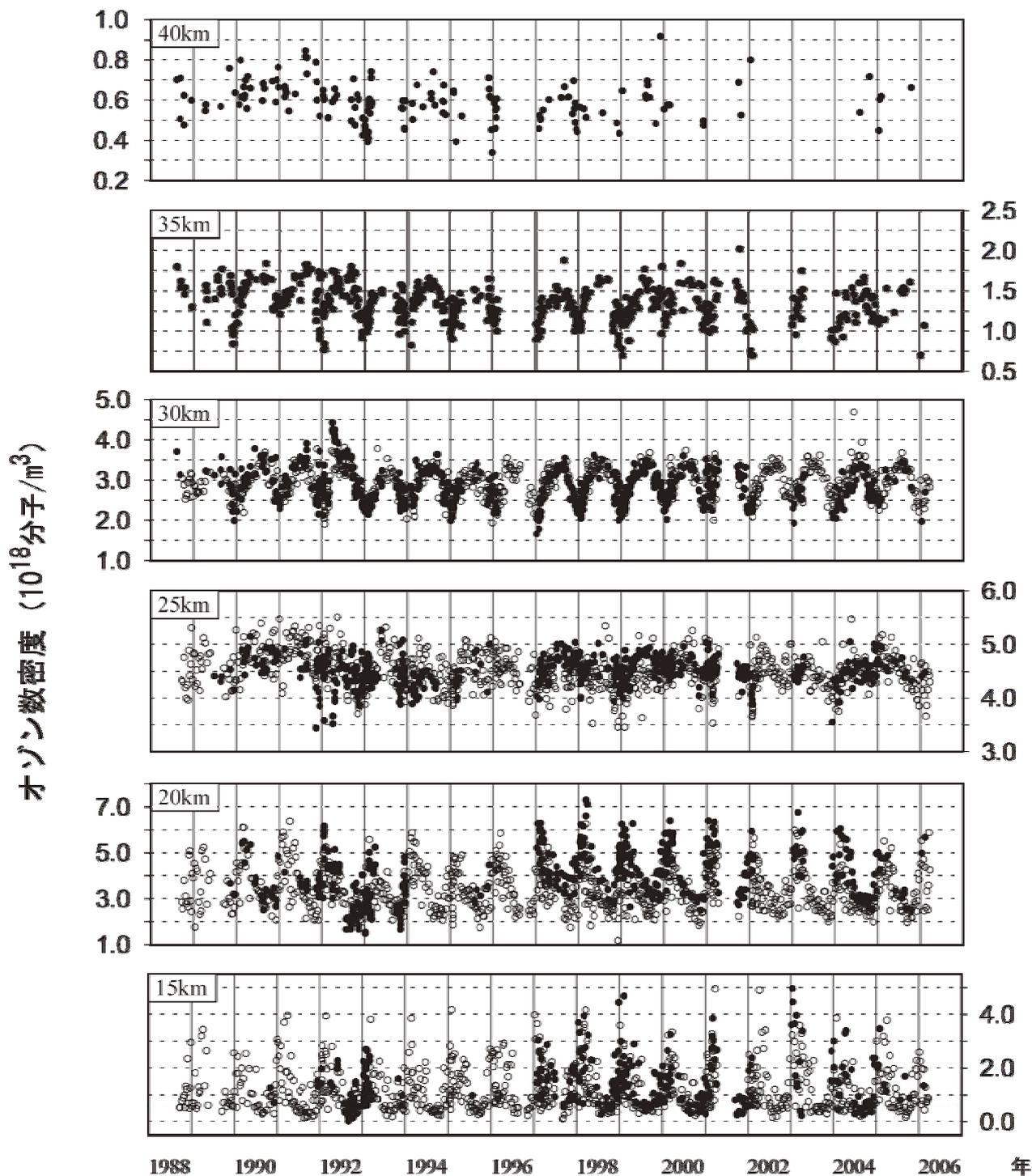
図 23 オゾン分圧及び参照値との差の高度・月分布図（2004～2005 年）

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 2004～2005 年のオゾン分圧（左）及びその参照値（札幌、つくば、鹿児島は 1971～2000 年、那覇は 1989～2000 年）からの差（右）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 2005

図 24 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 2006 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。1991 年 6 月のピナトゥボ火山噴火後のオゾンの増減をみると、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 HO<sub>x</sub> 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が、1993 年及び 1995 年の春に特に小さい極大値を示したことに、また高度 30km においては NO<sub>x</sub> が減少したため NO<sub>x</sub> サイクルによるオゾン破壊が減少したことが、1992 年夏に特に大きい極大値を示したことに、それぞれ反映されている。\*

---

\* 第 3 部参考資料 オゾン層破壊のメカニズム (p.105) 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 24 各高度におけるオゾン変動 (1988年9月~2006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 Version2 に更新し、全データを再解析した。Version2 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 WOUDC 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 25 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ことに注意する必要がある。日本上空のオゾン全量は主に 1980 年代に減少が進み、1990 年代半ば以降はほとんど変化がないか、緩やかな増加傾向がみられる。

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。1979 年以降で有意な減少トレンドを示しているのは、札幌の通年(-1.6±0.8%/10 年)、春季(-2.0±1.9%/10 年)及び秋季(-1.5±1.2%/10 年)、鹿児島 of 通年(-0.7±0.7%/10 年)、冬季(-1.5±1.4%/10 年)である。一方、那覇は通年、夏季及び秋季に増加トレンドを示している。1996 年から 2005 年の平均オゾン全量を 1980 年以前と比較すると、国内 4 地点平均で 1.5%、札幌では 2.9%減少している。

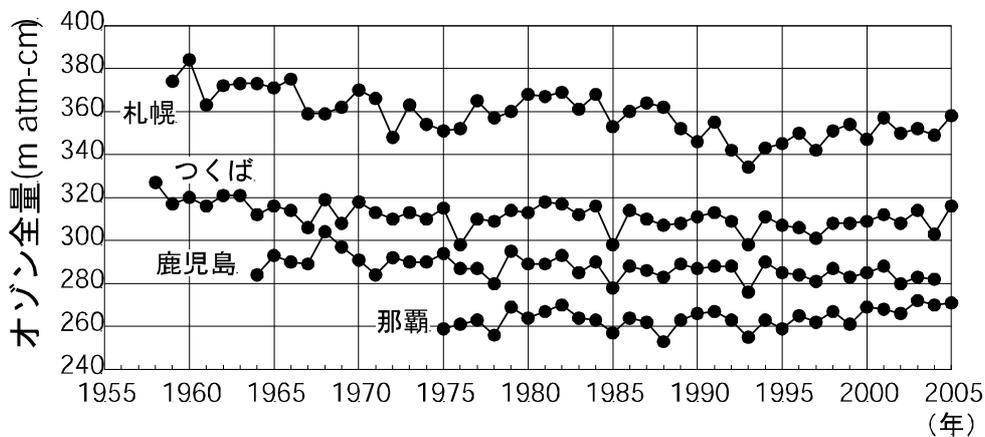


図 25 日本上空のオゾン全量の年平均値の推移（1958～2005 年）

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 2005 年までの年平均値（鹿児島は 2004 年まで）。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2005

表 2 日本上空のオゾン全量のトレンド（%/10 年）（1979～2005 年）

	札幌	つくば	鹿児島	那覇
通年	<u>-1.6(-2.5 ~ -0.8)</u>	-0.4(-1.1 ~ 0.2)	<u>-0.7(-1.4 ~ -0.1)</u>	0.8( 0.2 ~ 1.3)
春(3～5月)	<u>-2.0(-3.9 ~ -0.1)</u>	-0.6(-2.1 ~ 0.9)	<u>-1.2(-2.7 ~ 0.3)</u>	0.5(-0.7 ~ 1.7)
夏(6～8月)	-1.2(-2.4 ~ 0.1)	-0.2(-1.2 ~ 0.8)	-0.3(-1.5 ~ 0.8)	<u>1.3( 0.2 ~ 2.3)</u>
秋(9～11月)	<u>-1.5(-2.7 ~ -0.3)</u>	0.0(-1.0 ~ 0.9)	0.2(-0.9 ~ 1.4)	<u>1.0( 0.0 ~ 2.1)</u>
冬(12～2月)	-1.9(-4.2 ~ 0.3)	-0.9(-2.5 ~ 0.7)	<u>-1.5(-2.9 ~ -0.1)</u>	0.2(-1.0 ~ 1.5)

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 1979～2005 年のオゾン全量トレンド（%/10 年）。（）内は 95%信頼限界であり、下線はトレンドが統計的に有意であることを示す。鹿児島は 2005 年 3 月までの値を用いている。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2005

### (3) 日本上空のオゾンの高度分布にみられるトレンド

図 26 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、1979～2005 年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。これをみると、下部成層圏でオゾンの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、上部成層圏を中心に全観測地点で有意な減少傾向が現れている。このように、オゾン層の破壊は、日本上空でも上部成層圏と下部成層圏の二つの高度領域で起こっている。

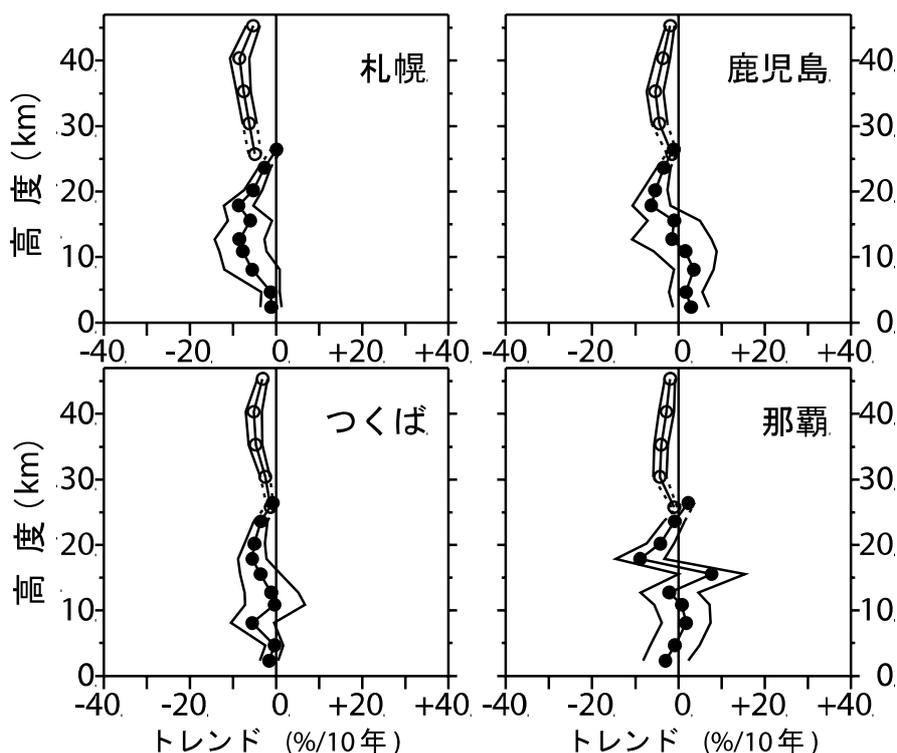


図 26 オゾン濃度（分圧）の高度別トレンド

オゾンゾンデ観測及び反転観測による、1979～2005 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）。○ はオゾンゾンデ観測データ、● 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 17 年間についての値である。

（出典）気象庁 オゾン層観測報告 2005