

## 1-2 日本上空のオゾン層

2006年の日本上空のオゾン全量は、参照値\*と比べ、年の前半はつくばを除いて並の月が多く、後半はつくばと那覇で多かった。

日本上空のオゾン全量の経年変化をみると、主に1980年代を中心に減少が進み、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。

### 1-2-1 2006年の日本上空のオゾン層の状況

#### 2006年のオゾン全量の状況

気象庁で観測しているオゾン全量の2006年における月平均値の推移を図1-2-1に示す。国内4地点のオゾン全量の評価は表1-2-1に示した。つくばと那覇の2006年8月から11月にかけてのオゾン全量は、参照値と比べ多い月が多く、11月にはどちらの地点も、観測開始以来、その月として最多だった。つくばでは4月と9月にも過去最多となった。

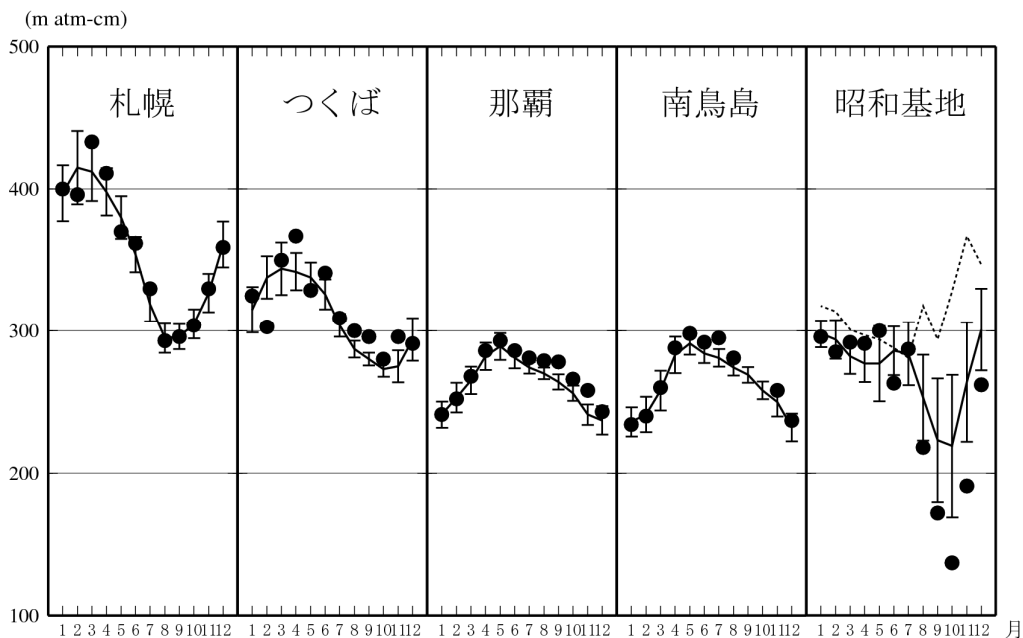


図1-2-1：2006年における月平均オゾン全量の推移

国内4地点(札幌、つくば、那覇、南鳥島)および南極昭和基地における月平均オゾン全量の推移。●印は2006年の月平均値。南鳥島の9月と10月は欠測。国内4地点の折線(実線)は参照値。縦線はその標準偏差。ただし、参照値は、札幌、つくばでは1971～2000年、那覇は1974～2000年、南鳥島は1994～2005年の平均値。

昭和基地の点線(参照値)は1961～1980年の平均値。折線(実線)は1981～2000年の平均値で、縦線はその標準偏差である。

表1-2-1：2006年における月平均オゾン全量の評価

国内4地点(札幌、つくば、那覇、南鳥島)における月平均オゾン全量の評価。参照値との差が、標準偏差内であるときに「0」、それより多いときに「+」、それより少ない時に「-」とした。過去1位を記録した場合(1)、1位タイの場合(1タ)と付記した。参照値の期間は、札幌とつくばは1971～2000年、那覇は1974～2000年、南鳥島は1994～2005年。

	札幌	つくば	那覇	南鳥島
1月	0	0	0	0
2月	0	-	0	0
3月	+	0	0	0
4月	0	+(1)	0	0
5月	0	0	0	0
6月	0	+	0	+
7月	0	0	+	+
8月	0	+	+	+
9月	0	+(1)	+	欠測
10月	0	+	+	欠測
11月	0	+(1タ)	+(1)	0
12月	0	0	0	0

\* は「用語解説」を参照。

## 2006年オゾン高度分布の状況

オゾンゾンデ観測による日本上空のオゾン高度分布の2年間(2005~2006年)の推移を図1-2-2に示す。2006年の様子を見ると、札幌では2月から11月にかけて、300hPaから20hPaの高度で参照値よりも少なく推移した。つくばでは2月から5月にかけて、20hPa高度以下のほぼ全層で参照値よりも少なく、特に2月の50hPa高度で3mPa以上少なかった。つくばのオゾン全量は年の後半に多かったが、これは30hPaより上の高度で正偏差が広がったためと考えられる。那覇のオゾン全量は年の後半に多かったが、これは年の後半に50hPa(約20km)付近を除いて正偏差が広がったためとみられる。

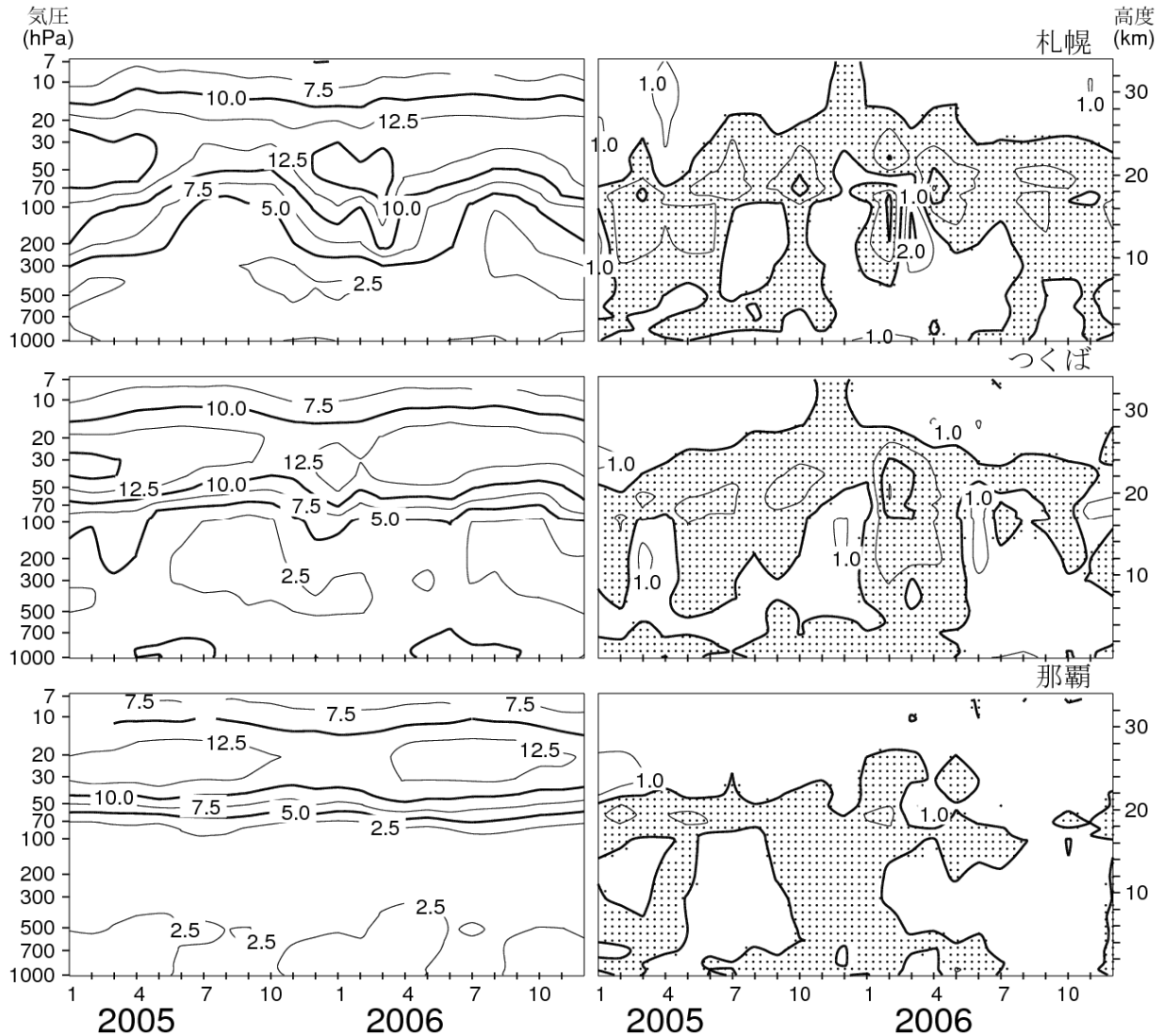


図1-2-2：国内3地点におけるオゾン分圧高度分布（左）とその偏差（右）の推移（2005~2006年）

上から札幌、つくば、那覇。等値線間隔は、分圧は2.5mPa、偏差は1mPa。右図の点域の部分には参照値との偏差が負の領域。なお、1mPa=10<sup>-5</sup>hPaである。

### 2006年30hPaオゾン分圧とQB0\*との関係

国内の30hPa面におけるオゾン分圧と、QB0\*の指標であるシンガポール上空の50hPa面における西風の強さを図1-2-3に示す。シンガポール上空の50hPa面における西風がピークを迎えたあと、約4か月遅れて日本付近ではオゾンがピークを迎えるという統計関係がある（気象庁, 2003）。国内観測のどの地点においても、2006年の初めに30hPa高度付近でオゾン分圧が低かったが、その後増加している。シンガポール上空の50hPa面における風は、2005年の終わりごろ東風のピークとなり、その後、2006年の半ばに東風から西風に変わっている。年の後半にオゾン全量や30hPa面におけるオゾン分圧が増加したのは、QB0の位相の変化に対応したものといえる。

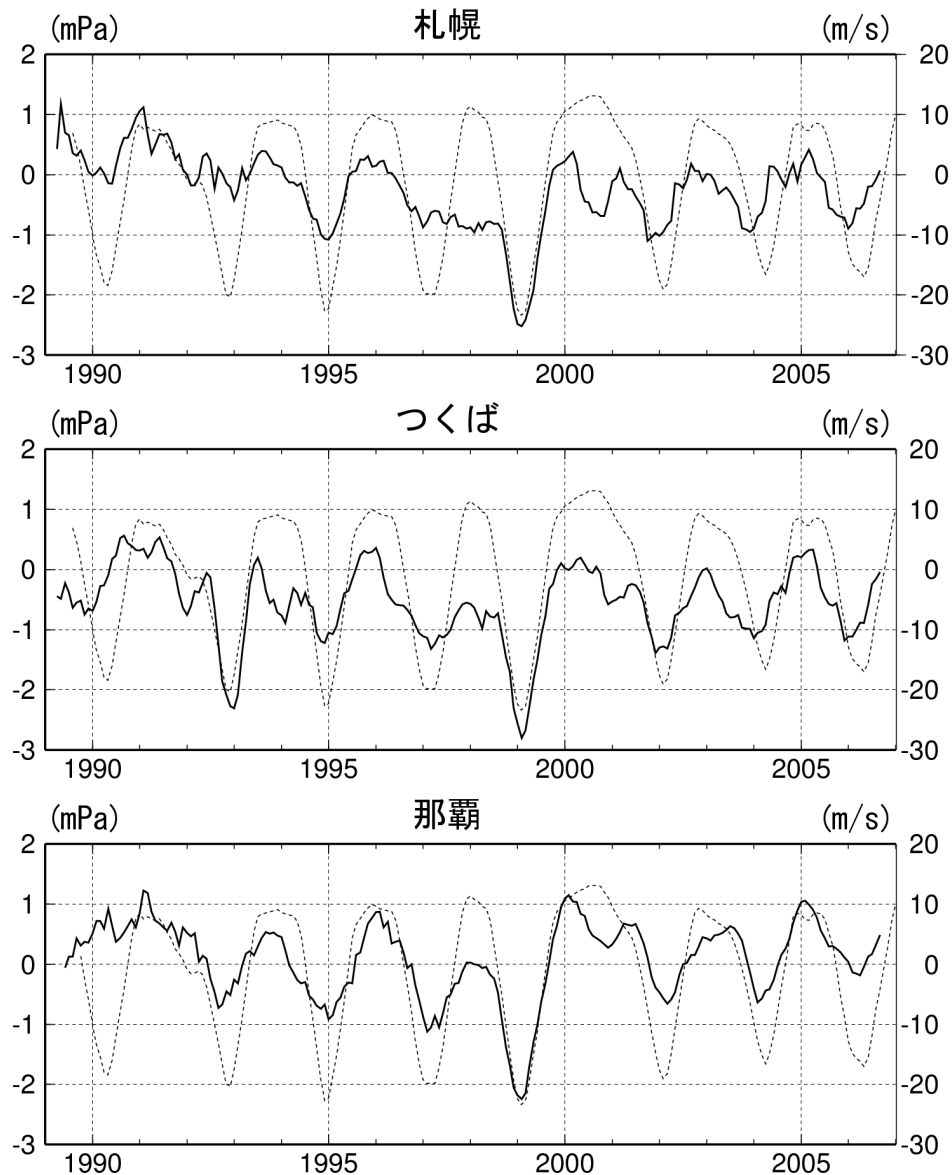


図1-2-3：国内オゾン観測点の30hPa面におけるオゾン分圧の偏差（実線）とQB0の指標であるシンガポール上空の50hPa面における風の東西成分（点線）との関係

オゾン分圧の偏差（実線）は月平均値の参照値からの偏差を7か月移動平均したもの。QB0（点線）は7か月移動平均したのち、右へ4か月ずらしたもの（図中で2000年1月に記されたQB0の値は、1999年9月の値となる）。

\* は「用語解説」を参照。

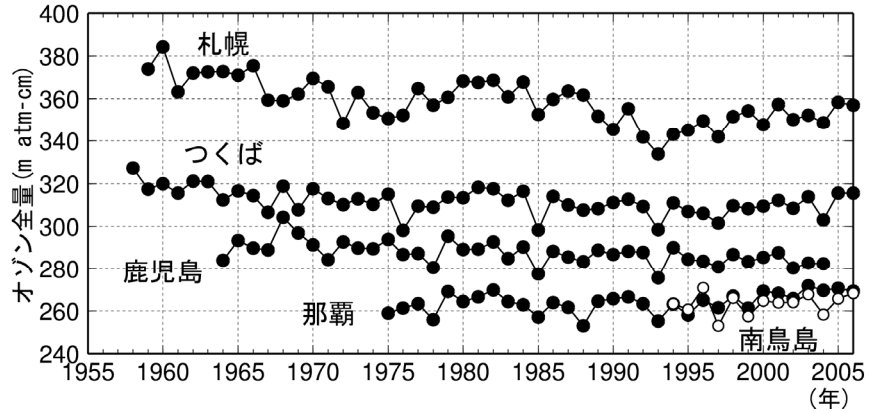
## 1-2-2 日本上空のオゾン層の経年変化とトレンド

### 日本上空のオゾン全量の経年変化

札幌、つくば、鹿児島、那覇、南鳥島のオゾン全量の年平均値の推移を図1-2-4に示す。日本付近のオゾン全量は主に1980年代を中心に減少が進み、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。一般にオゾンの減少は高緯度ほど大きい傾向があるが、この図からも1990年代半ばまではその傾向がみられる。なお、国内観測網の見直しにより、鹿児島での観測は2005年3月をもって終了した。

図1-2-4：日本上空のオゾン全量の年平均値の推移

札幌、つくば、鹿児島、那覇、南鳥島におけるオゾン全量の観測開始から2006年までの年平均値の経年変化。ただし、季節変動など既知の周期的な自然要因と相関の高い変動成分は除去していない。

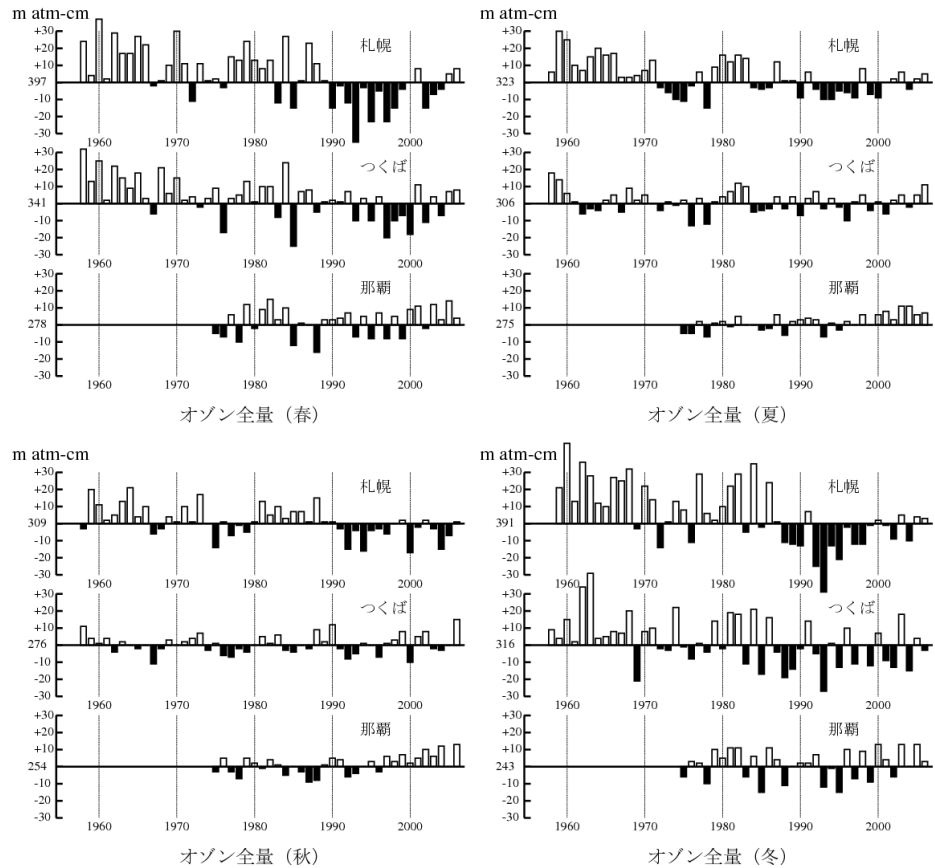


### 日本上空のオゾン全量の季節別経年変化

日本上空のオゾン全量の季節ごとの経年変化を図1-2-5に示す。札幌では1年を通して減少傾向、つくばでは春季と冬季に減少傾向がみられる。特に、1990年代の札幌の減少は、春季と冬季に特に顕著である。

図1-2-5：日本上空のオゾン全量の季節平均値の経年変化

札幌、つくば、那覇におけるオゾン全量の季節平均値に対する差の推移。上段は春(3月～5月)、夏(6～8月)、下段は秋(9～11月)、冬(前年12月～2月)についての値。



## 日本上空のオゾン全量のトレンド

国内4地点の通年および各季節のオゾン全量トレンドを図1-2-6に示す。解説6で述べるように、北半球では1990年代半ば以降力学的な要因によると考えられる増加傾向がみられるが、ここではオゾン層破壊物質の影響によるオゾン全量の経年変化成分をみるために、1979～2006年の観測値に対して季節変動、太陽活動、QB0\*の影響を除去したのちEESCフィッティングを行い、1980年代の変化量でトレンドを示した（付録2参照）。1979年を基準とする2006年現在の変化量は、この値に1.4をかけたものとして換算できる。また、これらの数値をまとめたものを表1-2-2に示す。統計的に有意な減少トレンドを示しているのは、札幌の通年および全季節と、つくばの通年と冬季、鹿児島島の通年と春季と冬季である。那覇では夏季と秋季に有意な増加トレンドがみられる。なお、最近10年間（1997～2006年）の変化量を同様の方法で求めると札幌の通年で約0.8%/10年の増加トレンドがみられた。

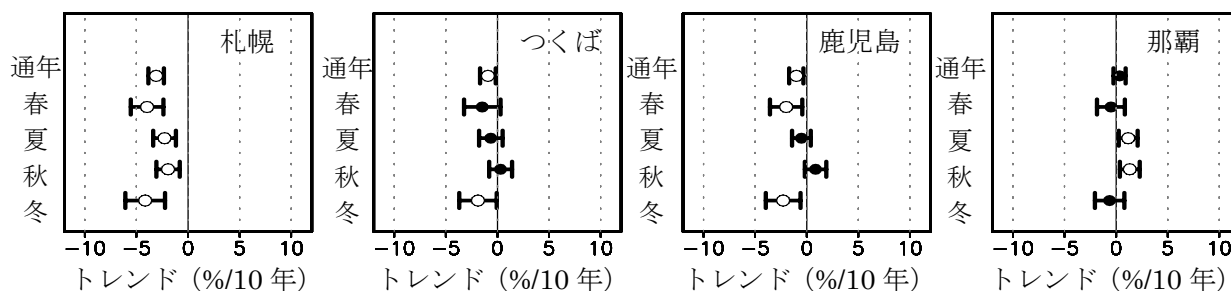


図1-2-6：日本上空の年平均および季節平均オゾン全量トレンド（%/10年）

○印および●印は、年平均および季節平均オゾン全量のトレンド（%/10年）。1979年から2006年の月別値に対して季節変動、太陽活動、QB0の影響を除去したのちEESCフィッティングを行い、1980年代における変化量（トレンド、%/10年）を示した。○印および●印についている横線は95%信頼区間の範囲。通年、春、夏、秋、冬は、それぞれ1～12月、3～5月、6～8月、9～11月、12～2月である。○印は統計的に有意な減少あるいは増加トレンドを示すもの。

表1-2-2：日本上空の年平均および季節平均オゾン全量トレンド（%/10年）

図1-2-6を数値で表したもの。統計的に有意な減少あるいは増加を示すものに陰影。

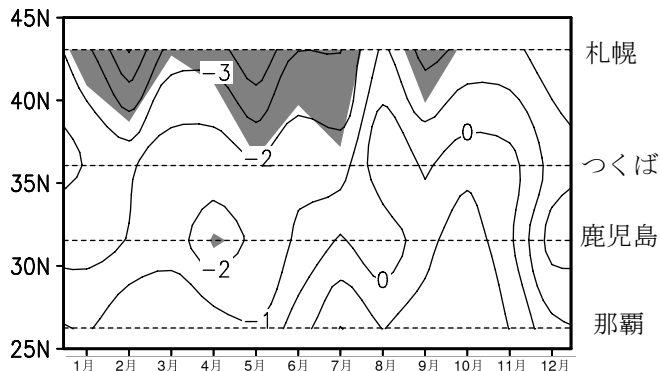
	札幌		つくば		鹿児島		那覇	
	トレンド	95%信頼区間	トレンド	95%信頼区間	トレンド	95%信頼区間	トレンド	95%信頼区間
通年	-3.1	0.8	-0.9	0.8	-1.0	0.7	0.3	0.6
春	-4.0	1.6	-1.5	1.8	-2.0	1.6	-0.5	1.4
夏	-2.3	1.1	-0.6	1.1	-0.5	0.9	1.2	0.9
秋	-1.9	1.1	0.3	1.1	0.9	1.0	1.3	1.0
冬	-4.2	1.9	-1.9	1.8	-2.3	1.7	-0.6	1.4

## 日本上空のオゾン全量トレンドの季節変化

国内4地点の月別オゾン全量トレンド（EESCトレンド）の季節変化を示したものを図1-2-7に示す。これを見ると、札幌では全ての月で減少トレンドがみられ、特に、2月と5月の減少が顕著である。また、9月にも有意な減少トレンドがみられる。つくばでは8月、10月、11月を除き減少トレンドがみられる。鹿児島では9～11月を除き減少トレンドがみられ、特に4月は有意な減少がみられる一方、那覇では6～11月に増加トレンドがみられる。

図1-2-7：日本上空の月別オゾン全量トレンドの季節変化

1979～2006年のオゾン全量の月別値（季節変動、太陽活動、QB0の影響を除去）に対してEESCフィッティングを行い、1980年代における変化量（トレンド、%/10年）を示した。等値線間隔は1%/10年。陰影部は95%信頼区間の範囲が全て負の領域。



\* は「用語解説」を参照。

## 日本上空のオゾンの鉛直分布のトレンド

国内4地点におけるオゾンの鉛直分布のトレンドを図1-2-8に示す。これらはオゾン層破壊物質の影響によるオゾンの経年変化成分をみるために、1979～2006年のドブソン計による反転観測\*とオゾンゾンデ観測の結果に対して季節変動、太陽活動、QB0\*の影響を、反転観測についてはさらに大気混濁度の影響を除去したのちEESCフィッティングを行い、1980年代の変化量でトレンドを示したものである（付録2参照）。これをみると、どの地点においてもオゾンの減少は高度40km付近の上部成層圏と高度20km付近の下部成層圏の2つの領域で進んだことがわかる。下部成層圏のオゾン減少は、札幌では高度10km付近でさらに大きくなるのに対し、鹿児島や那覇では15km以下の対流圏で反対に増加傾向がみられる。ただし、那覇のオゾンゾンデデータは1989年以降に限られることに注意が必要である。また、各地点の反転観測データについては、これまでの比較観測の結果に基づいて、過去の測器の変更にもなう不連続を補正したデータを用いている。

年々の変化をみるため、反転観測の第8層（高度約38～43km）の時系列とオゾンゾンデ観測の100hPa付近（高度15km付近）の時系列をEESCフィッティング曲線とともに図1-2-9に示す。時系列は季節変動、太陽活動、QB0の影響を除去した値である。高度40km付近では、どの地点でも1980年代にEESCフィッティング曲線に沿って減少している。高度15km付近では、札幌の1980年代の減少が顕著であるが、つくばの減少はわずかである。また、那覇では、1989年以降の観測データから求めたEESCフィッティング曲線に沿って、わずかながら増加している。

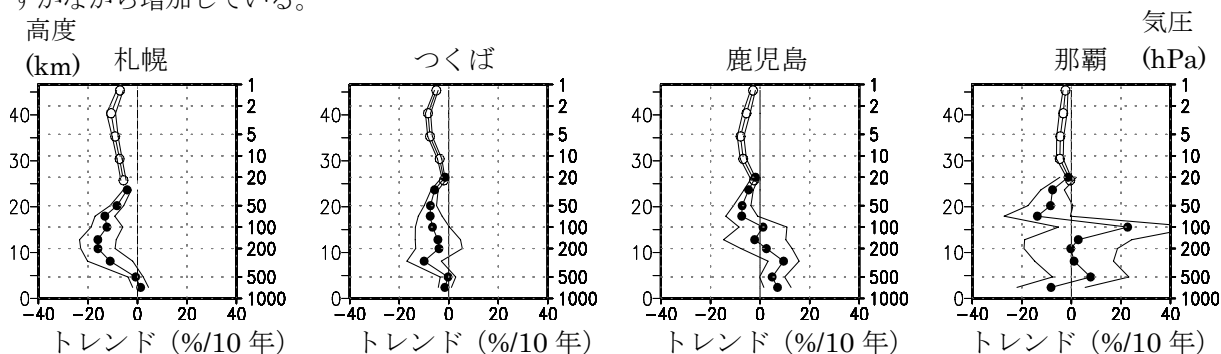


図1-2-8：オゾンの高度別トレンド（%/10年）

オゾンゾンデ観測と反転観測による、月平均層別オゾン量をもとに評価した高度別トレンド（%/10年）。1979～2006年の観測データに対して、季節変動、太陽活動、QB0の影響を除去したのちEESCフィッティングを行い、1980年代における変化量（トレンド、%/10年）で示した。ただし、那覇のオゾンゾンデデータは1989～2006年のデータである。●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95%信頼区間の範囲。

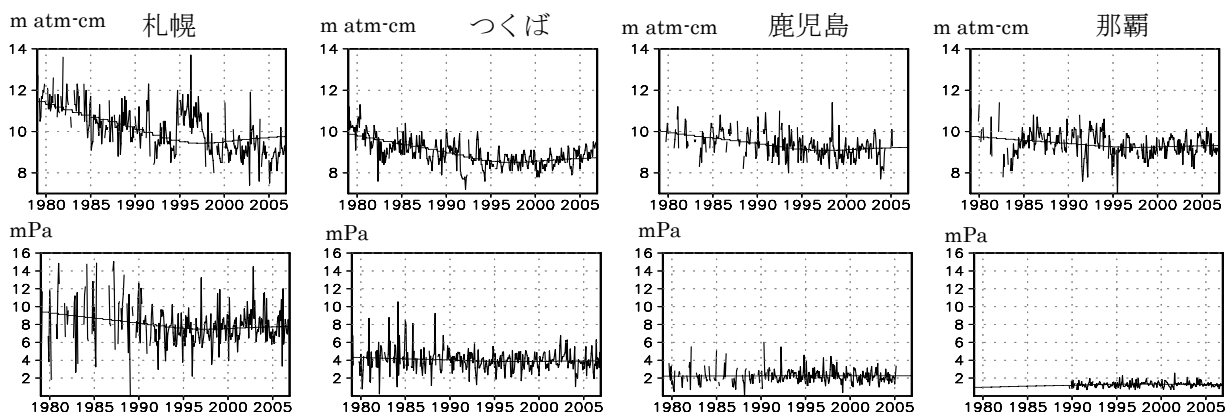


図1-2-9：反転観測第8層（高度約38～43km）のオゾン量時系列（上段）とオゾンゾンデ観測の100hPa付近（下段：高度15km付近）のオゾン分圧時系列

季節変動、太陽活動、QB0の影響を除去した値とEESCフィッティング曲線。左から札幌、つくば、鹿児島、那覇。

\* は「用語解説」を参照。