

## 1-2 日本上空のオゾン層

2007年の日本上空のオゾン全量は、那覇では4月から11月にかけて参照値\*より多く、4月には観測開始以来その月として最大となった。札幌、つくばでは並の月が多かった。

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 2007年の日本上空のオゾン層の状況

#### 2007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2007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に示す。参照値と比べると、札幌では3月、4月に多く、9月に少なかったが、その他の月は並だった。つくばも4月、5月、8月に多く、9月に少なかったが、その他の月は並だった。那覇では1月、3月、12月が並であった他は全て多く、4月には観測開始以来その月として最大となった。オゾン全量日代表値の推移は資料6「国内のオゾン全量日代表値」に示した。

なお、参照値からの差が標準偏差以内のときを「並」、それより大きいときを「多い」、それより小さいときを「少ない」とした。

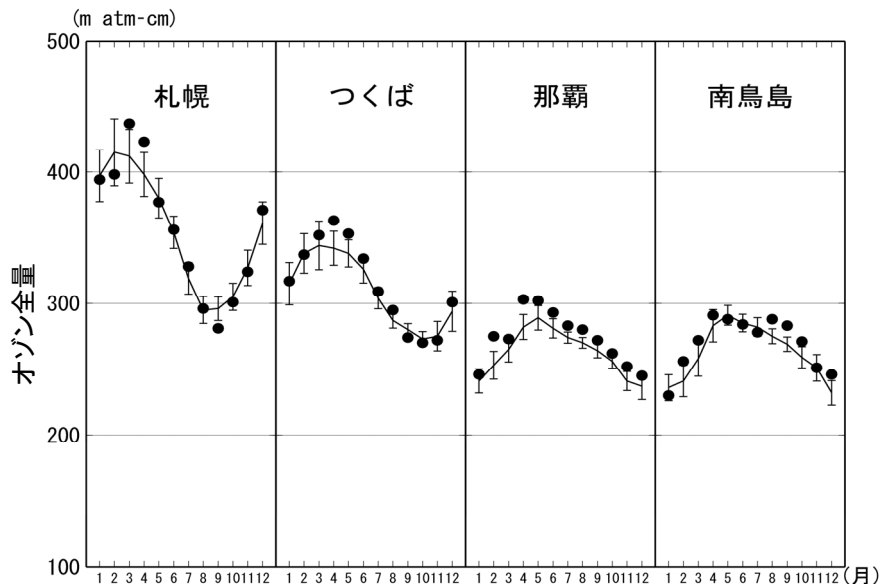


図1-2-1：2007年における月平均オゾン全量の推移

国内4地点(札幌、つくば、那覇、南鳥島)における月平均オゾン全量の推移。●印は2007年の月平均値。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、札幌とつくばは1971～2000年、那覇は1974～2000年、南鳥島は1994～2006年の平均値。

表1-2-1：2007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)と付記した。参照値は、札幌とつくばは1971～2000年、那覇は1974～2000年、南鳥島は1994～2006年の平均値。

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

\* は「用語解説」(p60～62)を参照。

## 2007年のオゾン分圧の高度分布の状況

オゾンゾンデ観測による日本上空のオゾン分圧高度分布の2年間（2006～2007年）の推移を図1-2-2に示す。2007年の様子を見ると、札幌では、気候値としてオゾン分圧が高い下部成層圏の50hPa（約20km）付近で、年の後半にオゾンが少ない傾向がみられた。一方、3月から4月にかけての対流圏中層から下部成層圏にかけて（約6 kmから18 km）では顕著に多かった。また、5月から10月の対流圏の下層でも参照値より多かった。つくばの下部成層圏70hPa（約18km）付近では年を通して参照値より少ない状態が続き、札幌と同様、年の後半に少ない傾向が強まった。対流圏下層では年を通して参照値より多く、特に5月から6月は300hPaから70hPa付近（約10 kmから18 km）で多い傾向が強まった。那覇の下部成層圏30hPa（約24km）付近では年を通してオゾン分圧が参照値より多く、特に年の初めに多かった。対流圏でも年を通して多く、3月から5月にかけては対流圏の下層でオゾン分圧が特に多かった。このことは、2007年の4月下旬から5月にかけて九州を中心とした西日本の広範囲で、光化学オキシダント濃度が高いことによりおこる光化学スモッグが環境省や地方自治体により観測されたことと良く一致している。

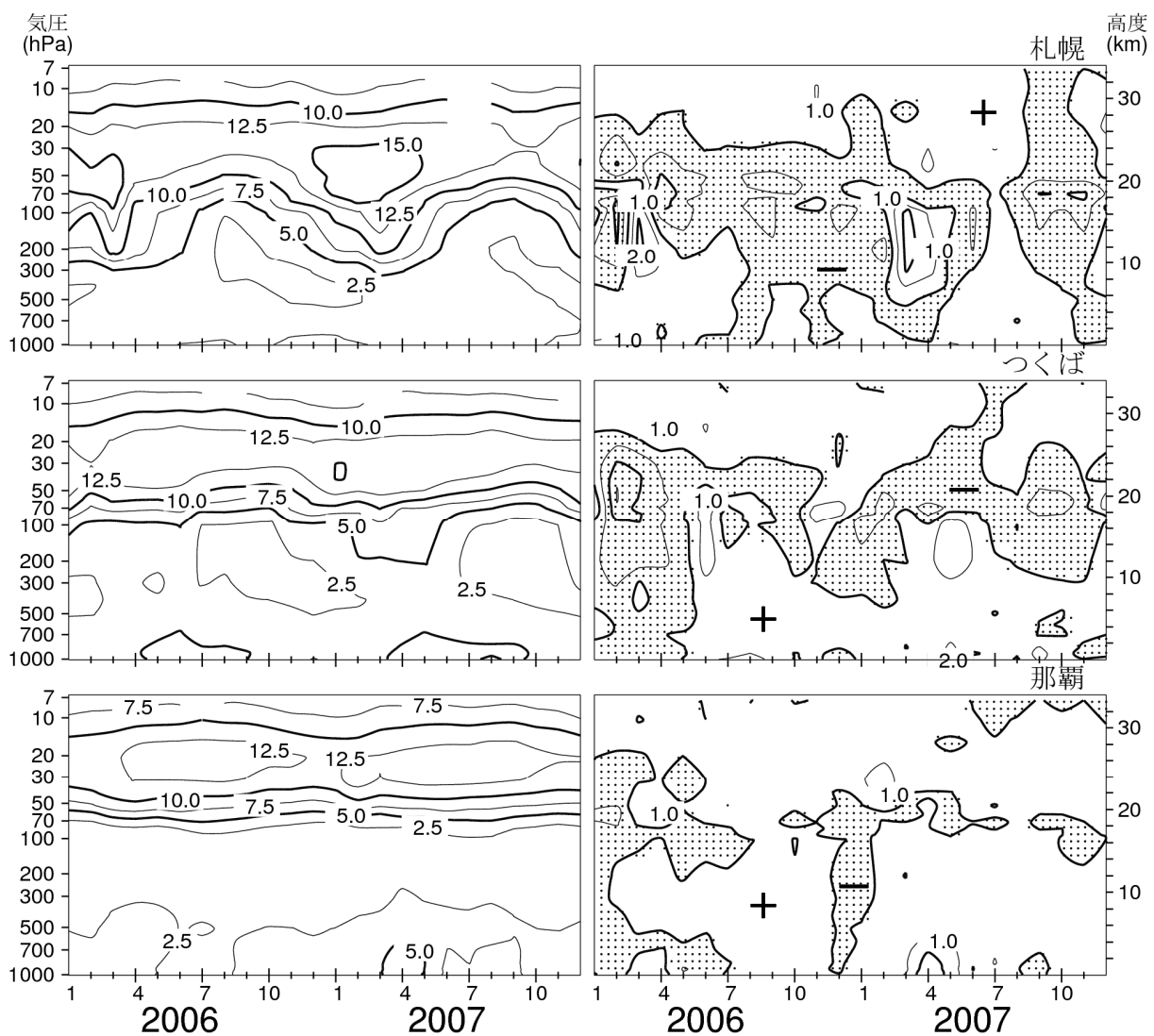


図1-2-2：国内3地点におけるオゾン分圧の高度分布（左）とその偏差（右）の推移（2006～2007年）

上から札幌、つくば、那覇。等値線間隔は、オゾン分圧は2.5mPa、偏差は1mPa。右図の点域の部分は参照値との偏差が負の領域。参照値は、札幌とつくばは、1971～2000年、那覇は1989～2000年の平均値。なお、1mPa=10<sup>-5</sup> hPaである。

### 2007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の推移を図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的な関係がある（気象庁, 2003）。30hPa高度のオゾン分圧は、国内観測のどの地点においても2007年の前半に多かった。シンガポール上空の50hPa面における風は、2006年の終わりごろ（図中では東西風は時間をずらして描いているため2007の初めに対応）に西風が強くなり、その後、2007年の半ばに西風から東風が変わっている。年の前半にオゾン全量や30hPa面におけるオゾン分圧が多かったことは、QB0の位相の変化によく対応している。

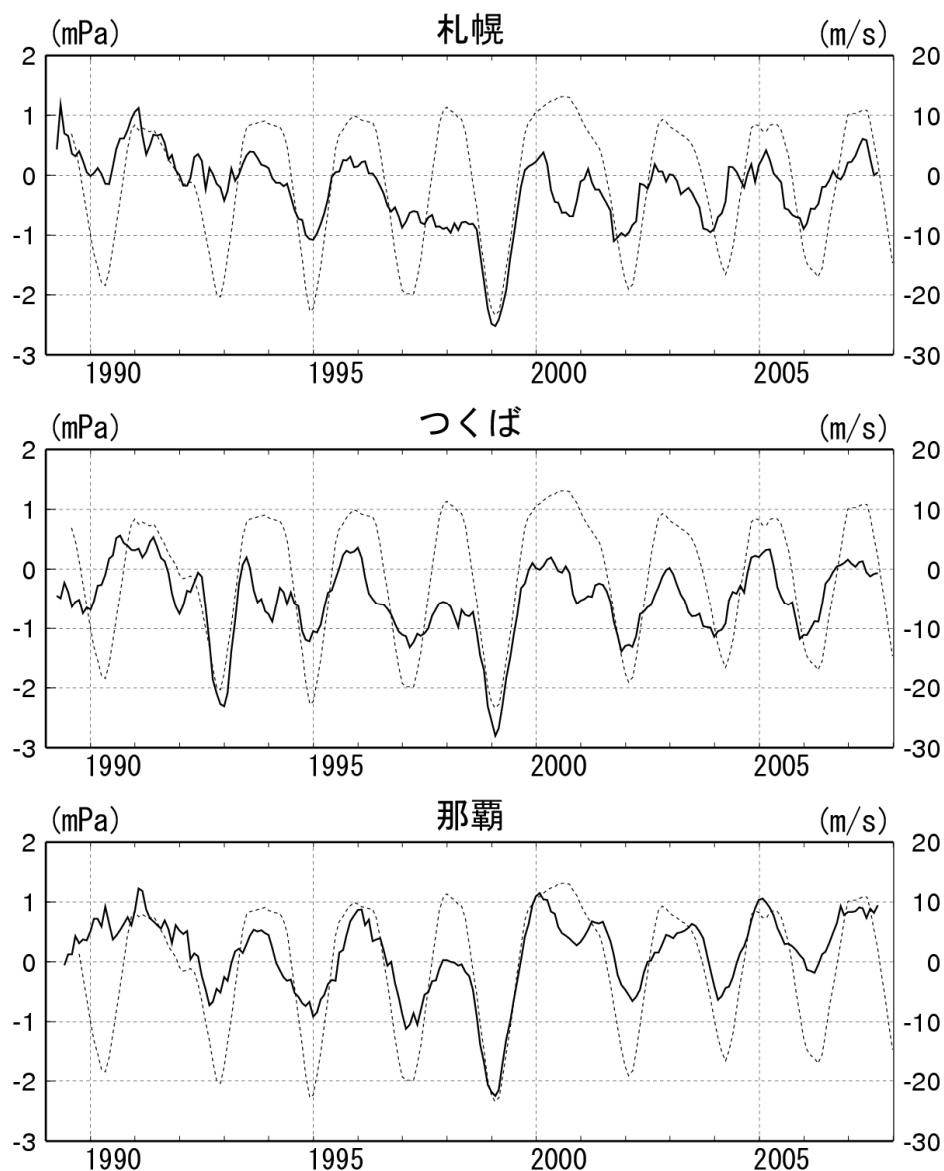


図1-2-3：国内オゾン観測点の30hPa面におけるオゾン分圧の偏差（実線）とQB0の指標であるシンガポール上空の50hPa面における風の東西成分（点線）との関係

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。風の東西風成分（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（例えば、図中で2007年1月に記されたQB0の値は、2006年9月の値である）。

\* は「用語解説」（p60～62）を参照。

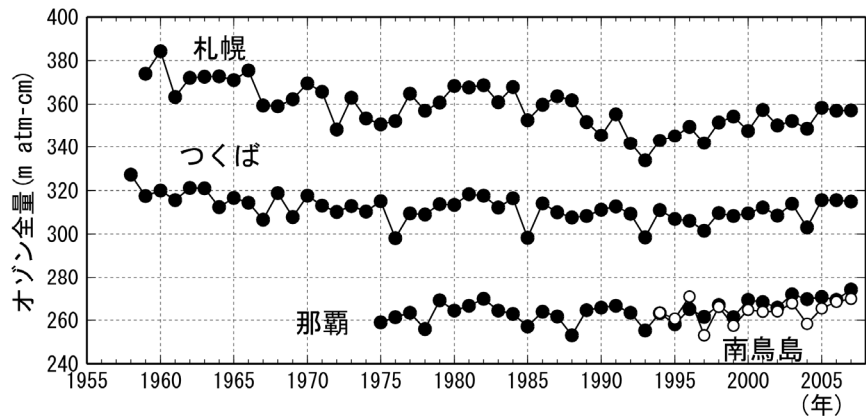
## 1-2-2 日本上空のオゾン層の経年変化とトレンド

### 日本上空のオゾン全量の経年変化

札幌、つくば、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。一般にオゾン層破壊物質による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。

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、那覇、南鳥島におけるオゾン全量の観測開始から2007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平均値に対する差の推移（経年変化）を図1-2-5に示す。札幌ではどの季節も減少傾向、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。一方、那覇の夏季と秋季には増加傾向がみられ、最近10年は顕著になっている。なお、南鳥島については観測期間が1994年以降と短いため示していない。

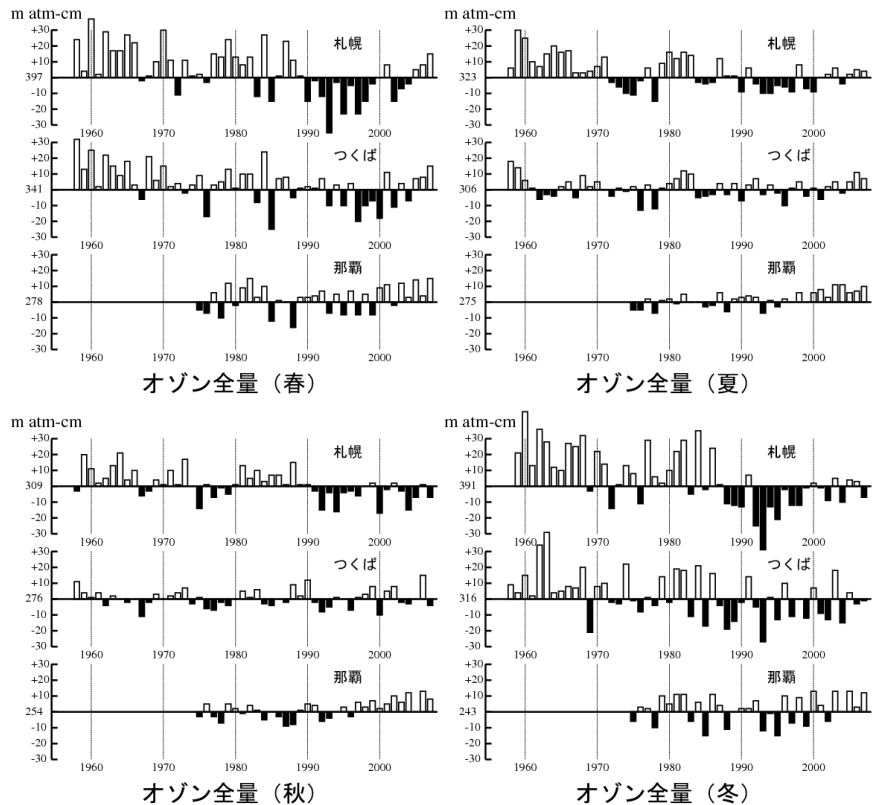


図1-2-5：日本上空のオゾン全量の季節平均値の経年変化

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3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。1979～2007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(付録3参照)を行って求めた1980年代の変化量を示した。また、1998年以降2007年までのデータを用い、直線回帰で求めた変化量も示した。これらの数値と、1979年を基準とする2007年現在の変化をまとめたものを表1-2-2、表1-2-3に示す。

1980年代の変化量が、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である。つくばでは通年および全季節とも有意なトレンドはみられない。那覇では通年と夏季と秋季に有意な増加トレンドがみられる。

なお、1998年以降2007年までの変化量をみると、いずれの地点においても通年および春季に有意な増加トレンドがみられ、那覇では夏季、冬季にも有意な増加トレンドがみられた。ただし、解説6(p31)に示すように、北半球中緯度の増加傾向は、大気の流れに関係した力学的要因が寄与している可能性があり、成層圏の塩素量の減少にもなった変化とみることはできない。また、対流圏オゾンの寄与の可能性も考えられる。

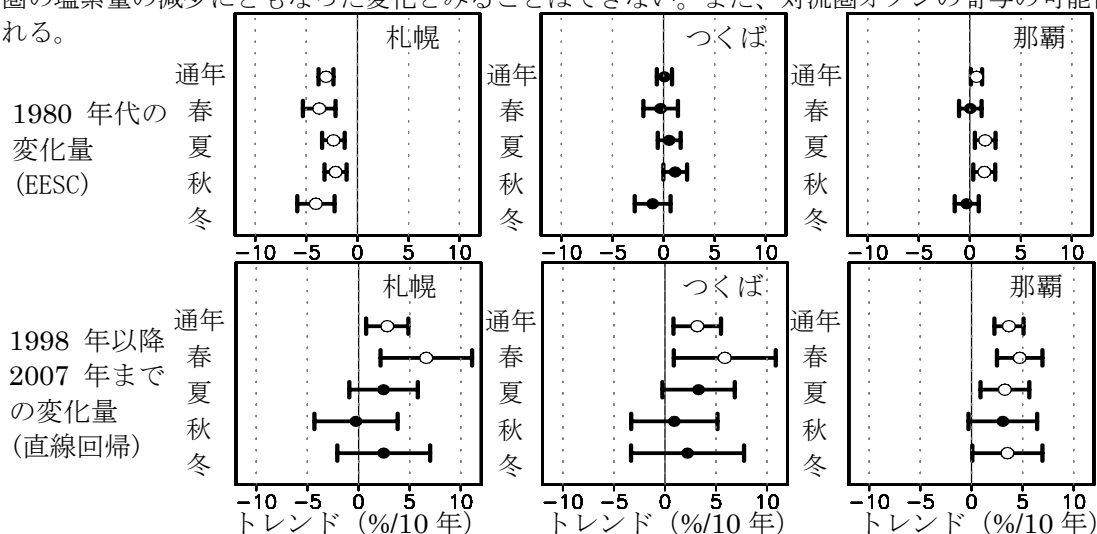


図1-2-6：日本上空の年平均および季節平均オゾン全量トレンド (%/10年)

1979年から2007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って求めた1980年代における変化量(上段、%/10年)と、1998年以降2007年までのデータを用い、直線回帰で求めた変化量(下段、%/10年)を示した。統計的に有意な減少あるいは増加トレンドは白丸で示した。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。

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

EESCフィッティングから求めたトレンド。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	那覇
通年	1979年を基準にした場合の2007年の変化(%)	-4.2 ± 1.0	0.1 ± 1.0	0.9 ± 0.8
	1980年代の変化量(%/10年)	-3.1 ± 0.7	-0.1 ± 0.7	0.7 ± 0.6
春	1979年を基準にした場合の2007年の変化(%)	-5.1 ± 2.3	-0.4 ± 2.4	0.1 ± 1.6
	1980年代の変化量(%/10年)	-3.7 ± 1.6	-0.3 ± 1.7	0.1 ± 1.1
夏	1979年を基準にした場合の2007年の変化(%)	-3.2 ± 1.5	0.7 ± 1.6	2.1 ± 1.4
	1980年代の変化量(%/10年)	-2.3 ± 1.1	0.5 ± 1.1	1.5 ± 1.0
秋	1979年を基準にした場合の2007年の変化(%)	-2.9 ± 1.5	1.6 ± 1.6	1.9 ± 1.5
	1980年代の変化量(%/10年)	-2.1 ± 1.1	1.1 ± 1.2	1.4 ± 1.1
冬	1979年を基準にした場合の2007年の変化(%)	-5.5 ± 2.6	-1.5 ± 2.5	0.4 ± 1.7
	1980年代の変化量(%/10年)	-4.1 ± 1.8	-1.1 ± 1.8	-0.3 ± 1.2

表1-2-3：日本上空の年平均および季節平均オゾン全量の1998年以降2007年までのトレンド (%/10年)

1998年以降2007年までのデータを用い、直線回帰で求めたトレンド。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	那覇
通年	2.8 ± 2.1	3.2 ± 2.3	3.7 ± 1.4
春	6.6 ± 4.5	5.9 ± 5.0	4.7 ± 2.2
夏	2.5 ± 3.3	3.3 ± 3.5	3.3 ± 2.4
秋	-0.2 ± 4.1	0.9 ± 4.2	3.1 ± 3.4
冬	2.5 ± 4.5	2.2 ± 5.5	3.5 ± 3.4

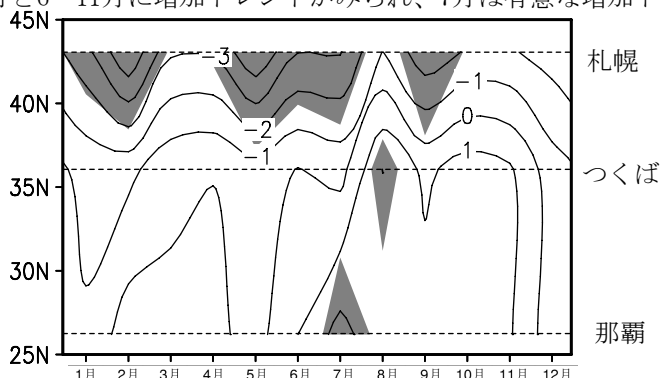
\*は「用語解説」(p60～62)を参照

## 日本上空のオゾン全量トレンドの季節変化

国内3地点の月別オゾン全量トレンドの季節変化を示したものを図1-2-7に示す。これは、EESCフィッティング（付録3参照）を行って求めた1980年代の変化量を示したものである。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月にも有意な減少がみられる。つくばでは1月～7月及び12月に減少トレンドがみられるが、8月～11月は増加トレンドがみられ、特に8月は有意な増加トレンドがみられた。一方、那覇では2～4月と6～11月に増加トレンドがみられ、7月は有意な増加トレンドがみられた。

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

1979～2007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って求めた1980年代における変化量（トレンド、%/10年）を示した。1980年以前を基準とした場合の現在のオゾン変化量は、ここで示した1980年代の変化量に比例している。等値線間隔は1%/10年。陰影部は95%信頼区間の範囲が全て正、または負の領域。



## 日本上空のオゾンの高度別経年変化

国内3地点におけるオゾンの鉛直分布の年々の変化をみるため、ドブソン計による反転観測\*の第8層（高度約38～43km）の時系列とオゾンゾンデ観測の70hPa付近（高度17km付近）の時系列をEESCフィッティング曲線とともに図1-2-8に示す。この2つの高度は次項で示すようにトレンドが大きい高度である。時系列は季節変動、太陽活動、QB0\*の影響を除去し、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が、最近10年間ではわずかな増加傾向がみられる。高度17km付近では、札幌の1980年代の減少傾向が顕著であり、つくばでも減少傾向がみられる。那覇では、データ期間が1989年以降と短い、1980年代にはわずかに減少しているとフィッティング曲線から推定できる。

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ともなう不連続を補正したデータを用いている。なお、つくばの反転データに関しては、N値の再評価とUMK04(ver8)アルゴリズムで処理したもの（宮川、2006）を利用した。

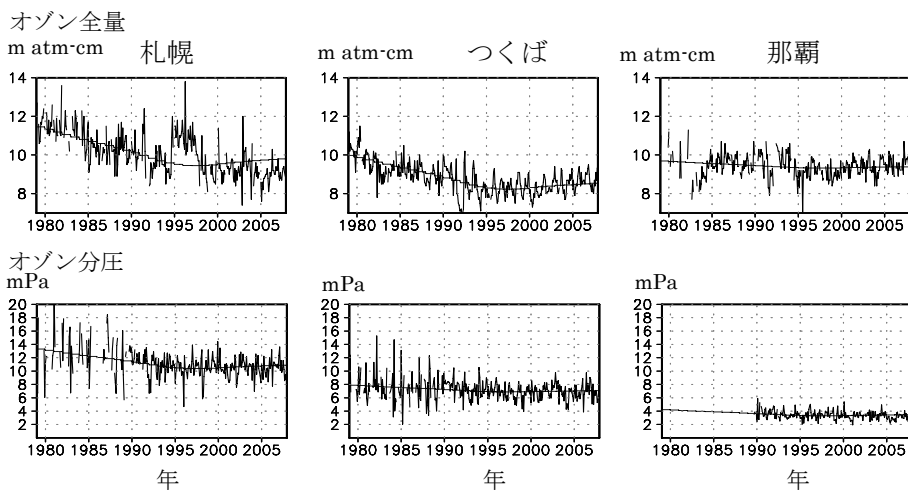


図1-2-8：反転観測第8層（高度約38～43km）のオゾン量時系列（上段）とオゾンゾンデ観測の70hPa付近（高度17km付近）のオゾン分圧時系列（上段）季節変動、太陽活動、QB0の影響を除去した値とEESCフィッティング曲線。左から札幌、つくば、那覇。

\* は「用語解説」（p60～62）を参照。

## 日本上空のオゾンの鉛直分布のトレンド

国内3地点におけるオゾンの鉛直分布のトレンドを図1-2-9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、1979～2007年の反転観測\*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（付録3参照）を行って求めた1980年代の変化量を示したものである。また、1998年以降2007年までのデータを用い、直線回帰で求めた変化量も示した。

1980年代の変化量をみると、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をみると、札幌では高度10km付近（200hPa付近）で大きい、つくばでは17km付近（70hPa付近）で減少が大きい。

1998年以降2007年までの変化量をみると、どの地点においても高度10km付近（200hPa付近）に増加傾向がみられる。また、那覇では、高度10km以下で統計的に有意な増加傾向がみられる。

なお、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。また、つくばの反転データに関しては、N値の再評価とUMK04(ver8)アルゴリズムで処理したもの（宮川、2006）を利用した。

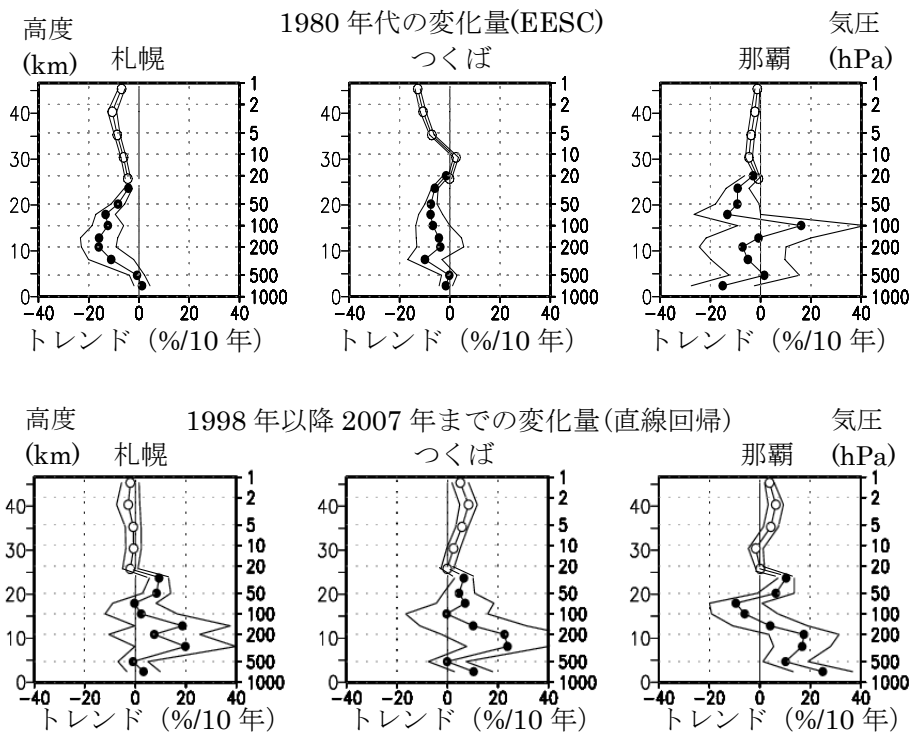


図1-2-9：オゾンの高度別トレンド（%/10年）

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）。1979～2007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って求めた1980年代における変化量（上段）と、1998年以降2007年までのデータを用い、直線回帰で求めた変化量（下段）を示した。ただし、那覇のオゾンゾンデデータは1989～2007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。

\* は「用語解説」（p60～62）を参照。