

1-2 日本上空のオゾン層

1-2節では、気象庁のオゾン観測データを解析した結果を示す。2008年の状況については参照値からの差が参照値算出期間の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。

2008年の日本上空のオゾン全量は、札幌では、年間を通して「並」か「少ない」の範囲だった。つくばでは、2月と5月に少なかったが、8月から10月にかけてオゾン全量が多かった。那覇では年間を通して「並」か「多い」の範囲であり、7月から10月にかけてオゾン全量が多かった。

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 2008年の日本上空のオゾン層の状況

2008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2008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、年間を通して「並」か「少ない」の範囲であり、通常オゾン全量の多い1月から5月にかけて少なめだった。つくばでは2月と5月に少なかったが、8月から10月にかけてオゾン全量が多かった。那覇では年間を通して「並」か「多い」の範囲であり、7月から10月にかけてオゾン全量が多かった。南鳥島では年間を通して「並」か「少ない」の範囲であり、5月と8月にオゾン全量が少なかった。

オゾン全量日代表値の推移については資料6「国内のオゾン全量日代表値」を参照。

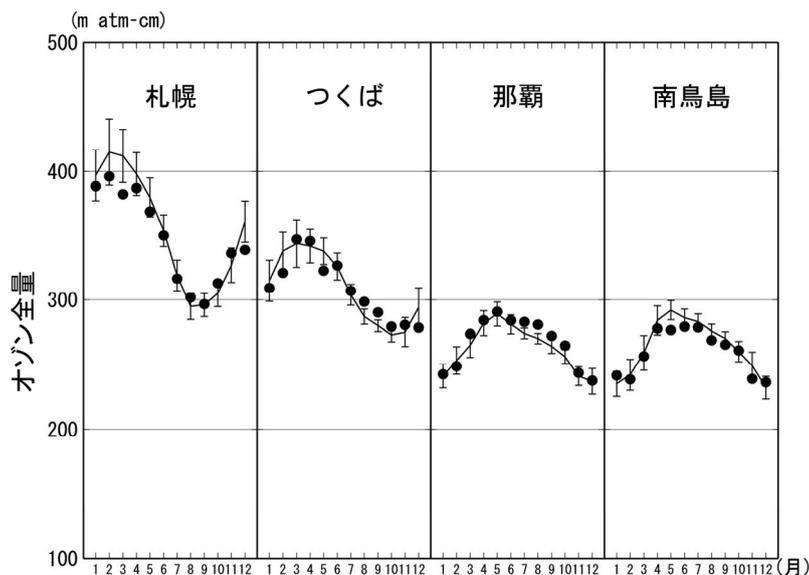


図1-2-1：2008年における月平均オゾン全量の推移

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2008年の月平均値。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1994～2007年の平均値。

表1-2-1：2008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。参照値は、札幌とつくばは1971～2000年、那覇は1974～2000年、南鳥島は1994～2007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	0
3月	-	0	0	0
4月	0	0	0	0
5月	0	-	0	-
6月	0	0	0	0
7月	0	0	+	0
8月	0	+	+	-
9月	0	+	+	0
10月	0	+	+	0
11月	0	0	0	0
12月	-	-	0	0

2008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（2007～2008年）の推移を図1-2-2に示す。札幌では、2008年の2月から5月にかけての時期に、上部対流圏から下部成層圏（高度約10-20km）の高度において、オゾン分圧が3mPa以上少なかった。つくばでも同様の時期に同じ高度でオゾン分圧が1mPa以上少なかった。2008年の春季はオホーツク海付近で対流圏に高温偏差がみられ、特に3月は顕著だった。このため、札幌では3月の圏界面高度が高く、高度約10-20kmのオゾン分圧が参照値より少なかったと考えられる。那覇の下部成層圏30hPa（約24km）付近では2008年6月以降、オゾン分圧が1mPa以上多かった。

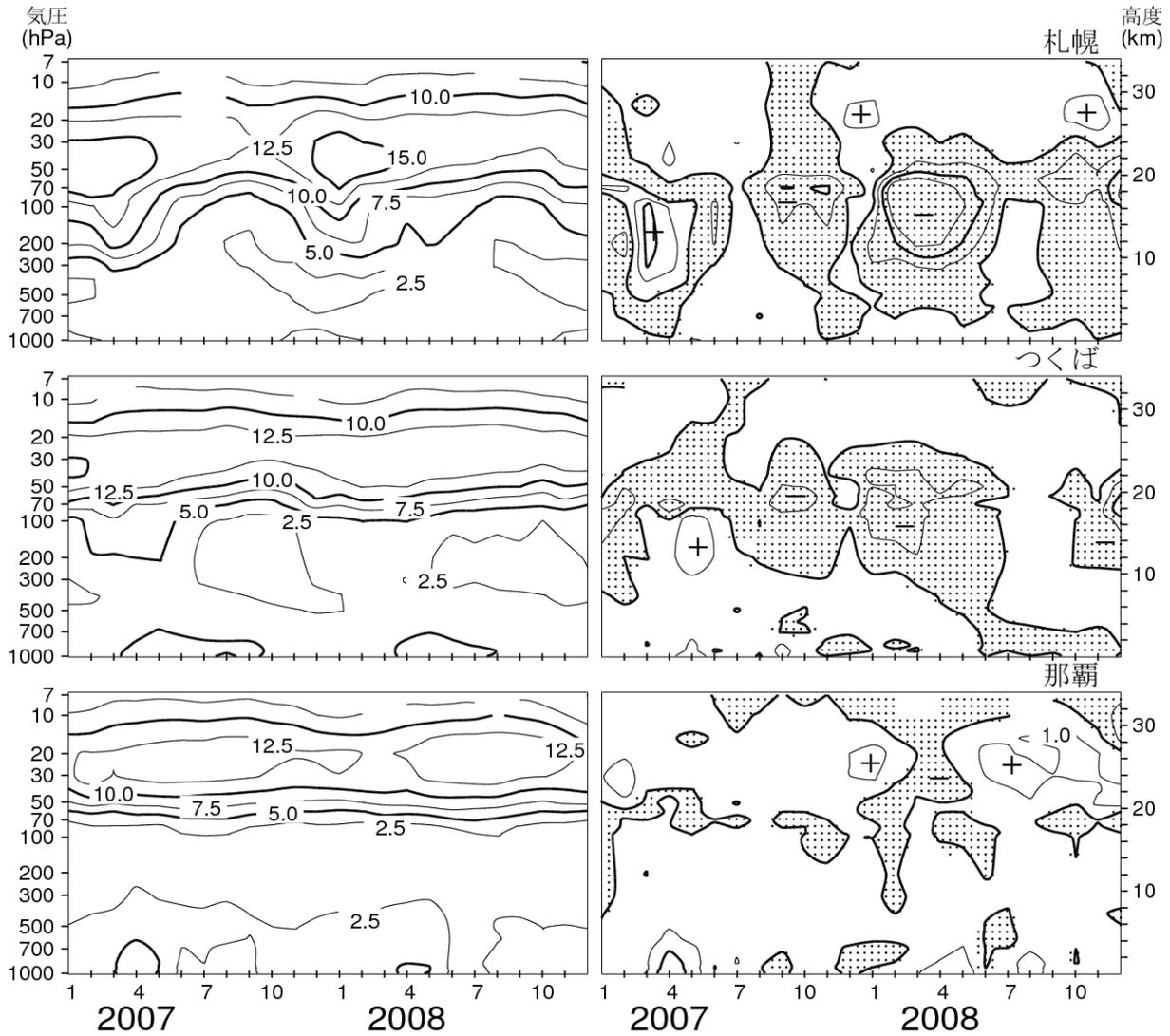


図1-2-2：国内3地点におけるオゾン分圧の高度分布（左）とその偏差（右）の推移（2007～2008年）

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。また、那覇の2008年11月以降のデータはECC型オゾンゾンデ観測の結果である。那覇の2008年11月以降の参照値については付録1-1を参照。

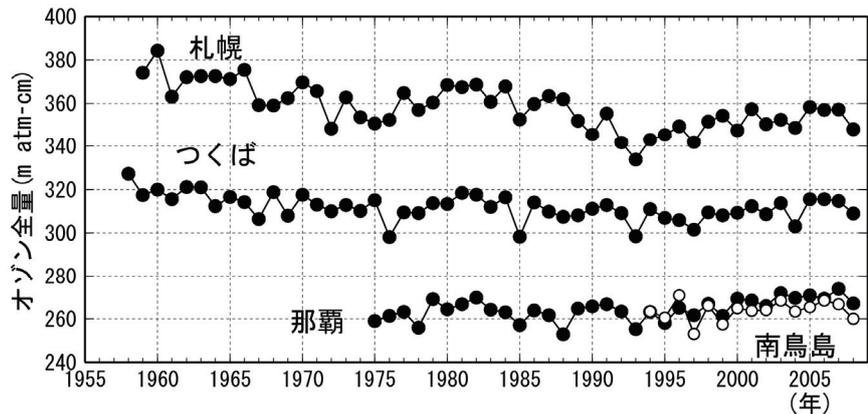
1-2-2 日本上空のオゾン層の経年変化と長期変化傾向

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1-2-3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1-2-3：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年平均値の経年変化（観測開始から2008年）。この図の値は、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1-2-4に示す。長期的にみると、札幌ではどの季節も1990年代以降負偏差を示すことが多く、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。

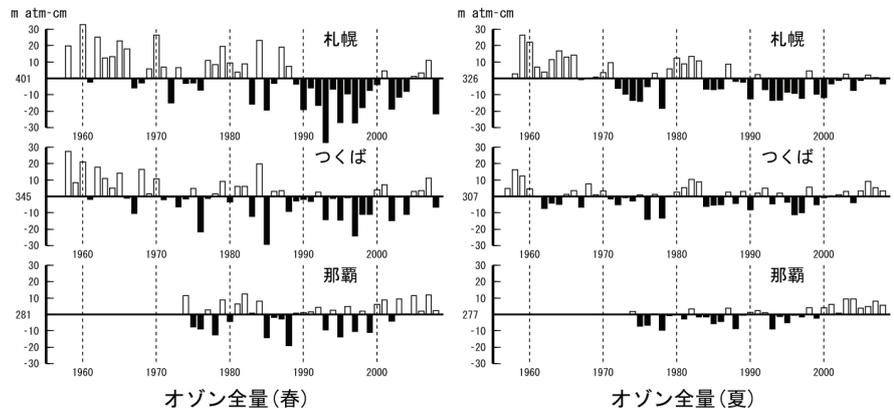
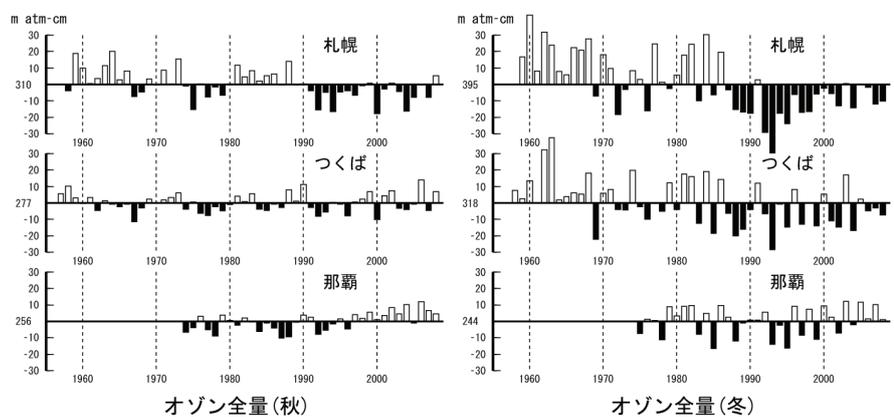


図1-2-4：日本上空のオゾン全量の季節平均値の経年変化

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長期変化傾向

日本上空のオゾン全量長期変化傾向を示すため、国内3地点の地上観測データを用いた2008年のオゾン全量の1979年比を図1-2-5上段に示す。これはEESCフィッティングにより求めたものである。また、最近の変化傾向を示すため、1998～2008年のデータから直線回帰により求めた変化傾向を図1-2-5下段に示す。これらの数値は表1-2-2、表1-2-3にそれぞれ示した。

2008年のオゾン全量の1979年比が統計的に有意な減少(95%信頼区間の範囲がすべて減少)を示しているのは、札幌の通年および全季節である。つくばでは秋季に有意な増加がみられ、通年および他の季節に有意な増加減少はみられない。那覇では通年と夏季と秋季に有意な増加がみられる。

1998～2008年の直線回帰による変化傾向をみると、いずれの地点においても通年に有意な増加がみられ、つくばでは春季と夏季に、那覇では春季、夏季、秋季に有意な増加をしている。ただし、解説7「オゾン量の経年変動に影響を及ぼす自然の要因2」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伴った変化とみることができない。また、対流圏オゾンの寄与の可能性も考えられる。

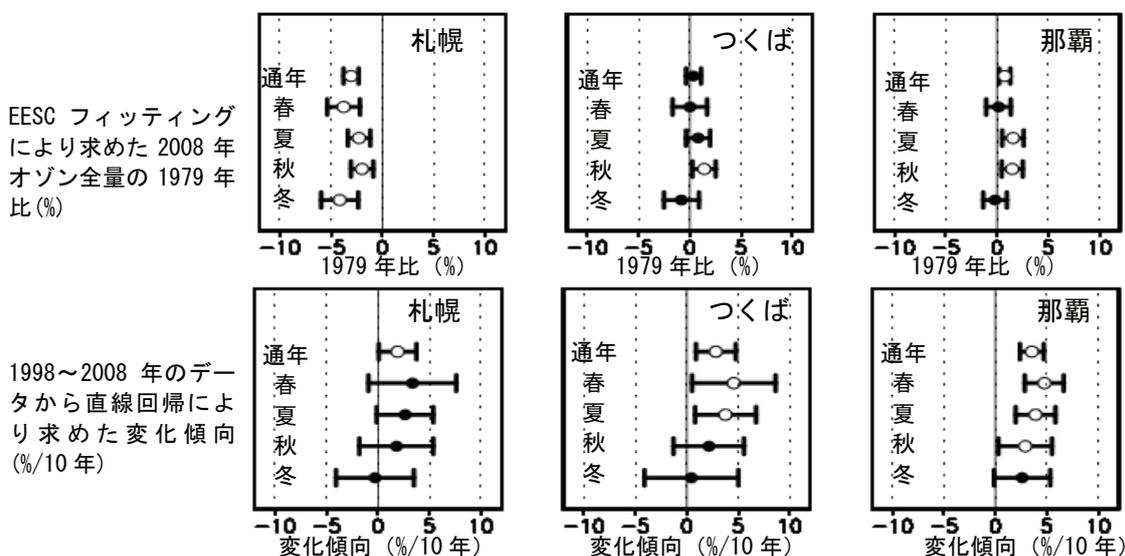


図1-2-5：日本上空のオゾン全量長期変化傾向

EESCフィッティングにより求めた2008年オゾン全量の1979年比(上段、%)と、1998～2008年のデータから直線回帰により求めた変化傾向(下段、%/10年)。印についている横線は95%信頼区間の範囲。この範囲がすべて増加または減少(統計的に有意な増加または減少)であれば白丸で示した。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。

表1-2-2：日本上空のオゾン全量長期変化傾向

上段：EESCフィッティングにより求めた2008年オゾン全量の1979年比(%)

下段のカッコ内：1980年代の変化量(%/10年)

95%の信頼区間の範囲で全て減少あるいは増加(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	-4.1 ± 1.0 (-3.1 ± 0.7)	0.5 ± 1.0 (0.4 ± 0.7)	1.0 ± 0.7 (0.7 ± 0.6)
春	-5.1 ± 2.2 (-3.8 ± 1.6)	0.0 ± 2.3 (0.0 ± 1.7)	0.2 ± 1.6 (0.2 ± 1.2)
夏	-3.1 ± 1.5 (-2.3 ± 1.1)	1.1 ± 1.6 (0.8 ± 1.2)	2.1 ± 1.4 (1.6 ± 1.1)
秋	-2.7 ± 1.5 (-2.0 ± 1.1)	1.9 ± 1.5 (1.4 ± 1.1)	2.0 ± 1.4 (1.5 ± 1.0)
冬	-5.6 ± 2.4 (-4.2 ± 1.8)	-1.1 ± 2.3 (-0.8 ± 1.7)	-0.3 ± 1.5 (-0.2 ± 1.2)

表1-2-3：日本上空のオゾン全量の直線回帰による変化傾向

1998～2008年のデータから直線回帰により求めた変化傾向(%/10年)。95%の信頼区間の範囲で全て減少あるいは増加(統計的に有意な減少あるいは増加)を示すものに陰影。

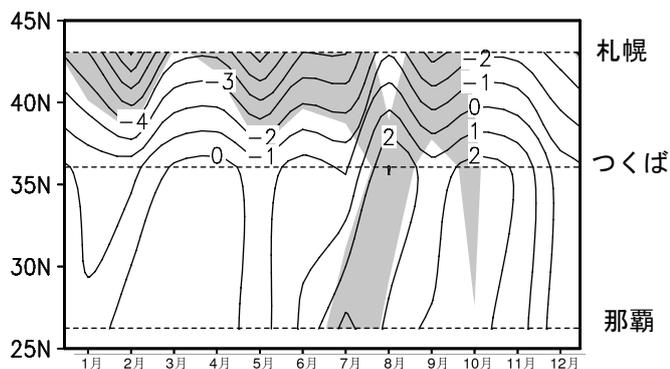
	札幌	つくば	那覇
通年	1.9 ± 1.8	2.8 ± 1.9	3.5 ± 1.2
春	3.4 ± 4.3	4.6 ± 4.1	4.8 ± 1.9
夏	2.6 ± 2.8	3.8 ± 3.0	3.9 ± 1.9
秋	1.8 ± 3.6	2.2 ± 3.4	2.9 ± 2.6
冬	-0.3 ± 3.8	0.5 ± 4.6	2.6 ± 2.7

日本上空のオゾン全量長期変化傾向の季節変化

日本上空のオゾン全量長期変化傾向の季節変化を示すため、国内3地点の地上観測データを用いた2008年オゾン全量の1979年比の月別分布を図1-2-6に示す。札幌では全ての月で減少傾向がみられ、特に、2月と5月に5%を超える減少が見られた。つくばでは1月、2月、5月、7月及び12月に減少傾向がみられるが、8月と10月は統計的に有意な増加（95%信頼区間の範囲がすべて増加）がみられた。一方、那覇では1月、5月、12月以外に増加傾向がみられ、特に7月の増加は有意だった。

図1-2-6：日本上空のオゾン全量長期変化傾向の季節変化

EESCフィッティングにより求めた2008年オゾン全量の1979年比の月別分布。等値線間隔は1%。陰影部は統計的に有意な増加、または減少（95%信頼区間の範囲が全て正、または負）の領域。



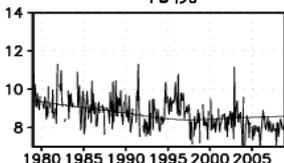
日本上空のオゾンの高度別経年変化

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、ドブソン分光光度計*による反転観測の第8層（3.9～1.96hPa、高度約38～43km）のオゾン量の時系列とオゾンゾンデ観測の70hPa付近（高度約17km）のオゾン分圧の時系列を、EESCフィッティング曲線とともに図1-2-7に示す。この2つの高度は図1-1-7と8や次項で示すように1979年を基準とした場合の減少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、札幌、つくばの反転観測についてはさらに大気混濁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。

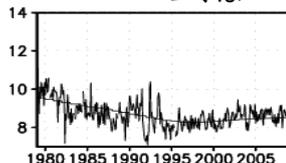
各地点の反転観測データについては、測定データの不確実性の再評価を行い、オゾンプロファイルの最新導出アルゴリズム (UMK04) で処理したもの (Miyagawa *et al.*, 2008) を利用している。

オゾン量(高度約38～43km)

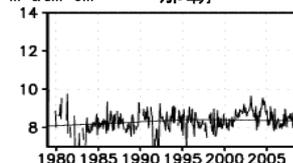
m atm-cm 札幌



m atm-cm つくば

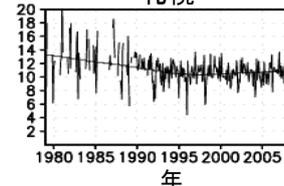


m atm-cm 那覇

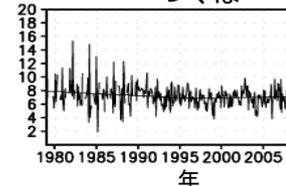


オゾン分圧(70hPa(高度約17km))

mPa 札幌



mPa つくば



mPa 那覇

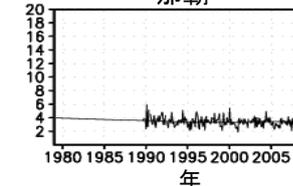


図1-2-7：反転観測第8層（高度約38～43km）のオゾン量時系列（上段）とオゾンゾンデ観測の70hPa（高度約17km）のオゾン分圧時系列（下段）

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」(p59～61)を参照

日本上空のオゾン鉛直分布の長期変化傾向

日本上空のオゾン鉛直分布の長期変化傾向をみるため、2008年のオゾン量の1979年比の鉛直分布を図1-2-8上段に示す。これは国内3地点のオゾンゾンデ観測データとドブソン分光光度計による反転観測データからEESCフィッティングにより求めたものである。

1979年を基準にした2008年のオゾン量の比は、いずれの地点においても高度20km付近(50hPa付近)の領域で減少が大きい。また、札幌とつくばでは高度40km付近(2hPa付近)でも減少が大きい。

1998~2008年のオゾンデータから直線回帰により求めた変化傾向の鉛直分布を図1-2-8下段に示す。これを見ると、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、測定データの不確実性の再評価を行い、オゾンプロファイルの最新導出アルゴリズム(UMK04)で処理したもの(Miyagawa *et al.*, 2008)を利用した。

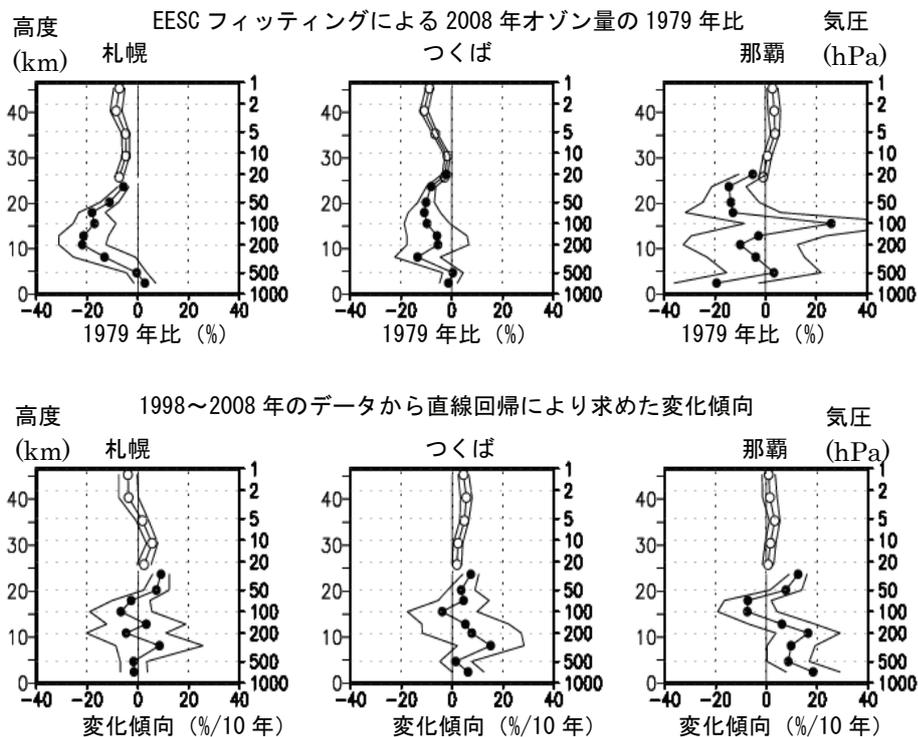


図1-2-8：オゾン鉛直分布の長期変化傾向

上段：2008年オゾン量の1979年比。EESCフィッティングにより求めた。下段：1998~2008年のデータから直線回帰により求めた変化傾向。●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。