

## 2-4 日本上空のオゾン層の長期変化

### 日本上空のオゾン全量の経年変化

気象庁が観測を行っている国内4地点（札幌、つくば、那覇、南鳥島）のオゾン全量の年平均値の経年変化を図2-11に示す。札幌及びつくばのオゾン全量は、1980年代から1990年代半ばまで減少した後、緩やかな増加傾向がみられる。また、那覇及び南鳥島のオゾン全量は、期間を通して緩やかな増加傾向がみられる。なお、2016年は近年の増加傾向と異なり、4地点全てで大きく減少した。

最近5年間（2012～2016年）の累年平均値は、つくばではオゾン層破壊現象が顕著に現れる以前の1970～1980年（那覇は1975～1980年）の累年平均値と同程度まで回復しているが、札幌では依然少ない状況にあり、1970～1980年のレベルには回復していない。

札幌、つくば及び那覇における1993年を中心とした一時的なオゾン全量の減少は、1991年のピナトゥボ火山噴火にともない、成層圏エアロゾルが増加したため、オゾン破壊が促進されたと考えられる。

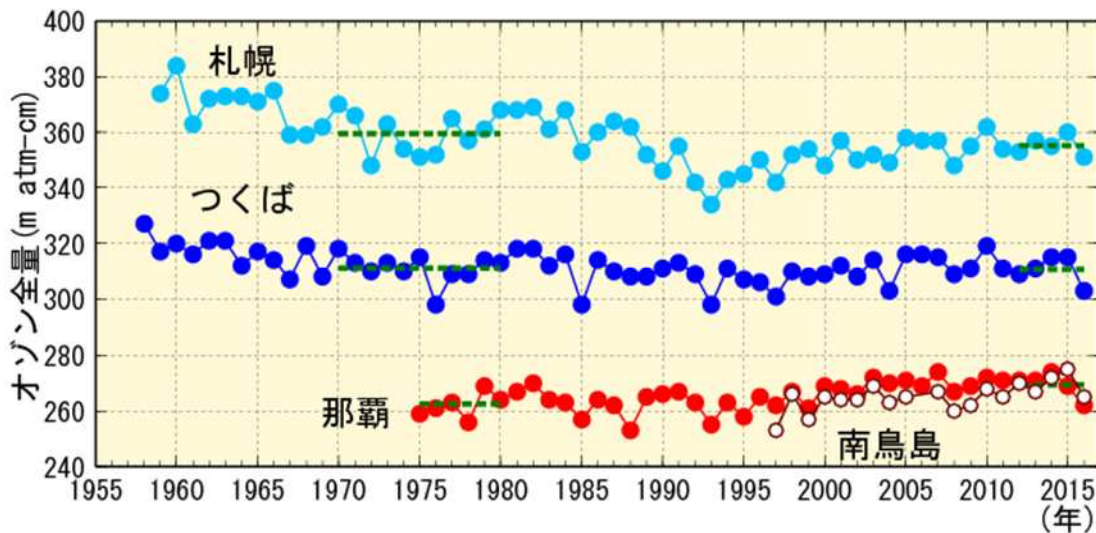


図2-11：日本上空のオゾン全量の年平均値の経年変化

国内4地点（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。この図では観測値をそのまま使用している（太陽活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）。緑破線は1970～1980年（那覇は1975～1980年）の累年平均値と最近5年間（2012～2016年）の累年平均値。

### 日本上空のオゾン全量の季節別経年変化

国内4地点（札幌、つくば、那覇、南鳥島）のオゾン全量の季節別の経年変化を図2-12に示す。図中の黒線は1994～2008年の累年平均値、赤線はオゾン層破壊現象が顕著に現れる以前の1970～1980年（那覇は1975～1980年）の累年平均値と最近5年間（2012～2016年）の累年平均値を示している。札幌、つくばにおいて、1980年から1990年代半ばまでの減少は、春と冬で顕著にみられる。2012～2016年と1970～1980年（那覇は1975～1980年）の累年平均値（赤線）を比べると、オゾン全量の減少が顕著であった札幌とつくばの春と冬では、依然として低い状態が続いているが、夏と秋は多いか同程度となっている。また、那覇では全ての季節で多くなっている。

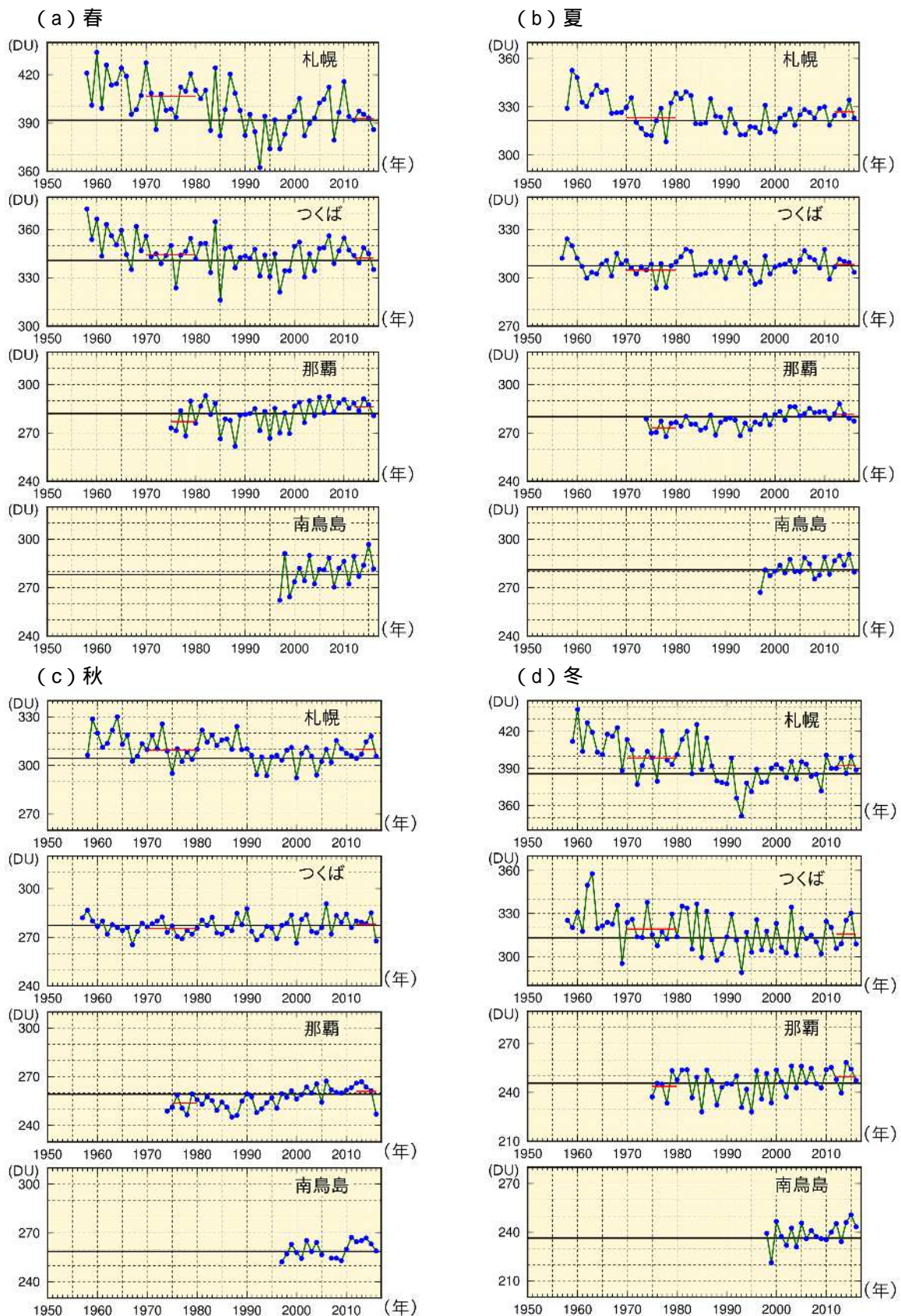


図2-12：日本上空のオゾン全量の季節別平均値の経年変化

国内4地点（札幌、つくば、那覇、南鳥島）におけるオゾン全量の季節別平均値の経年変化。（a）春（3～5月）、（b）夏（6～8月）、（c）秋（9～11月）、（d）冬（前年12月～2月）の平均値を示しており、3か月のうち1つでも月平均値に欠測がある場合は季節別平均値を欠測としている。黒線は1994～2008年の累年平均値。赤線は、1970～1980年（那覇は1975～1980年）の累年平均値、及び最近5年間（2012～2016年）の累年平均値。

### 日本上空のオゾン全量の長期変化傾向

国内3地点（札幌、つくば、那覇）におけるオゾン全量の経年変化、及びオゾン層破壊が進んだとみられる1979～1996年までの期間とわずかな増加がみられる2000年以降の期間における長期的な変化傾向を図2-13に示す。解析に使用したオゾン全量は、太陽活動など既知の周期的な自然要因と相関の高い変動成分を除去した値である（付録2、3参照）。

1979～1996年までの期間について、札幌とつくばでは有意（95%信頼区間において統計的に有意）な減少傾向を示し、10年あたりの変化率は、札幌で-4.1%、つくばで-1.2%となった。2000～2016年の期間について、那覇では有意な増加傾向を示し、10年あたりの変化率は+0.8%となった。なお、札幌、つくばにおいても2000～2016年は増加傾向を示したが、有意ではなかった。

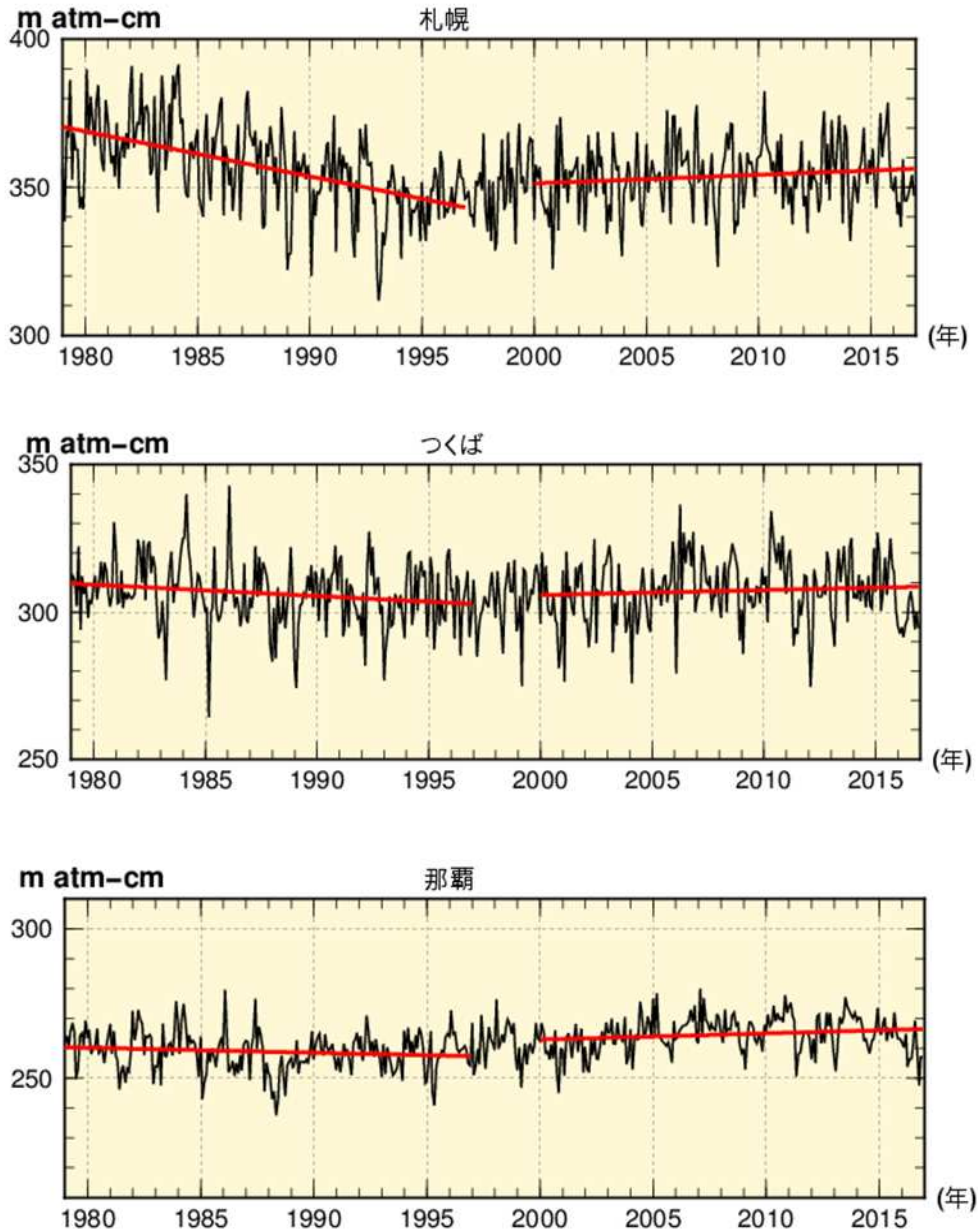


図2-13：日本上空のオゾン全量の長期変化傾向

国内3地点（札幌、つくば、那覇）における1979年以降のオゾン全量(m atm-cm)の経年変化。黒線は各地点のオゾン全量を示しており、太陽活動など既知の周期的な自然要因と相関の高い変動成分を除去した値である。赤線は1979～1996年及び2000～2016年の回帰直線を示している。上から札幌、つくば、那覇のデータ。

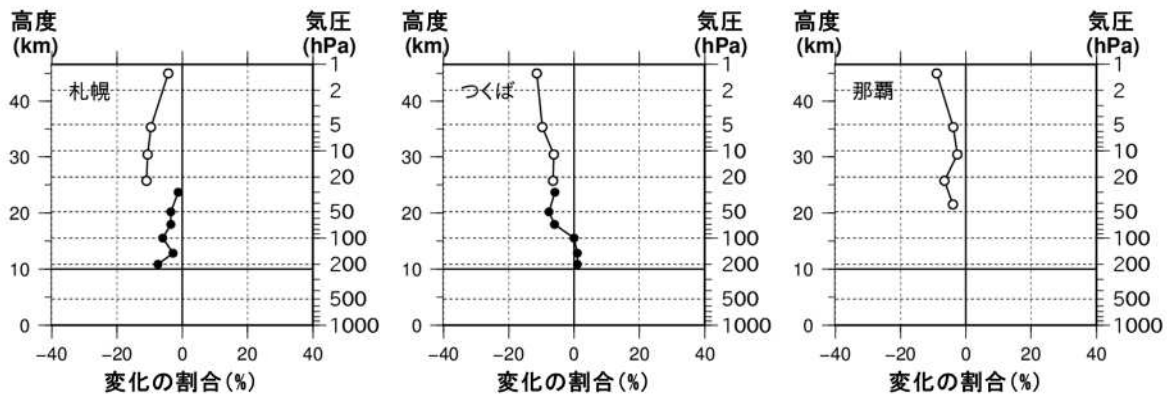
### 日本上空のオゾン鉛直分布の長期変化傾向

国内3地点（札幌、つくば、那覇）の上空のオゾン分圧について、1970～1980年（オゾン破壊現象が顕著に現れる以前）の累年平均値と2012～2016年（最近5年間）の累年平均値の差（％）の高度分布を図2-14(a)に示す。解析には、高度約10～25kmではオゾンゾンデ観測、高度約25km以上（那覇は高度約20km以上）では反転観測の観測値を用いている。

これらの解析によると、高度約10～25kmにおいて、札幌ではほぼ全ての高度で、1970～1980年より2012～2016年の累年平均値が小さく、つくばでは、約15～25km以上で同様の傾向がみられる。また、高度約25km以上において、3地点の全ての高度で1970～1980年より2012～2016年の累年平均値が小さかった。

同様に国内3地点上空の2000年以降のオゾン分圧の長期変化傾向（10年毎の変化率（％））の高度分布を図2-14(b)に示す。これらの解析によると、高度約25km以下においては3地点の全ての高度で有意な増加傾向がみられた。また高度約25km以上においては札幌とつくばの一部の高度に有意な増加傾向がみられたが、那覇では有意な増加はみられなかった。

(a) 1970～1980年平均と最近5年平均の差（％）



(b) 2000年以降の変化傾向（％/10年）

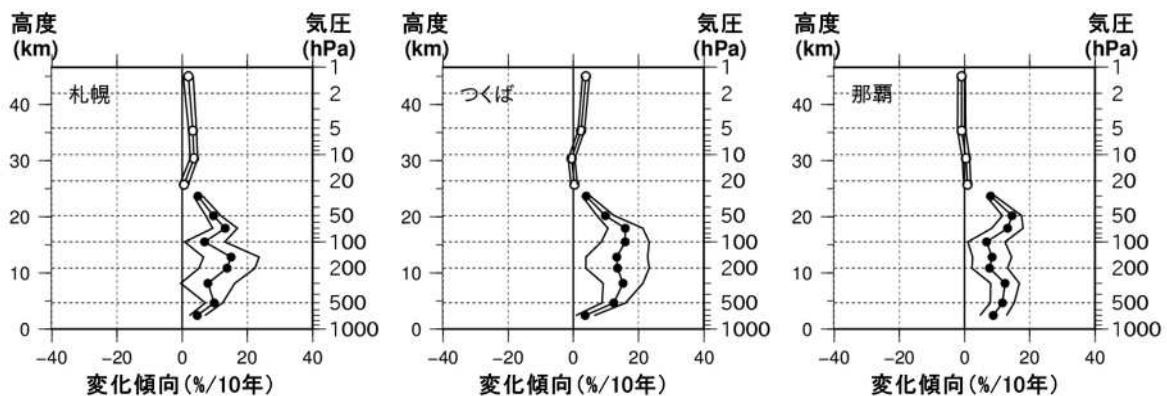


図2-14：日本上空のオゾン鉛直分布の長期変化傾向

国内3地点（札幌、つくば、那覇）の上空における高度別のオゾン分圧について、(a) 1970～1980年の累年平均値と最近5年間（2012～2016年）の累年平均値の差（％）及び(b) 2000年以降の変化傾向（％/10年）を示している。印はオゾンゾンデ観測、印は反転観測によって得られたデータ。那覇は1989年より前のオゾンゾンデ観測データがないため、(a)では反転観測のデータのみ示している。(a)では月別平均値から季節変動成分のみを除去し、(b)では季節変動及び既知の自然変動による影響の成分を除去している（付録2参照）。また、外側の折線は95%信頼区間の範囲。反転観測の約45kmの印は、高度40km付近より上空のオゾン量を合計して求めている。