

## 第2章 オゾン層・紫外線の長期変化

### 【要約】

#### オゾン層

世界全体のオゾン全量をみると、1990年代後半以降は減少傾向が止まり、2000年以降ではわずかな増加がみられるが、オゾン層破壊現象がまだ現れていないとみなせる1970年代と比較すると少ない状態が続いている。

南極オゾンホール<sup>1</sup>の規模は1990年代半ばにかけて拡大したが、1990年代半ば以降をみると、年々変動はあるものの長期的な拡大傾向はみられなくなった。

春季の北半球高緯度におけるオゾン全量は、1990年以降、顕著な減少が数年おきに発生している。

国内のオゾン全量をみると、札幌とつくばでは1990年代初めまで減少が進み、1990年代半ば以降は国内各地点で緩やかな増加傾向がみられる。

#### 紫外線

札幌とつくばの紅斑紫外線量年積算値をみると、1990年代初め以降増加している。また、年間の日最大UVインデックス8以上の出現日数は国内各地点で増加している。

南極昭和基地の紅斑紫外線量に大きな変化傾向は見られない。

### 2-1 世界のオゾン層の長期変化

#### 近年のオゾン全量の状況

1970～2015年における地上観測及び衛星観測による月別オゾン全量偏差を、世界全体、北半球中緯度、低緯度及び南半球全体について図2-1に示す。この図において、地上観測による月別オゾン全量偏差には世界オゾン・紫外線資料センター（WOUDC）に登録されたデータを、衛星観測による月別オゾン全量偏差にはNASA提供のデータをそれぞれ用いた。また、各月の値は1994～2008年の累年平均値に対する偏差（％）を示している。なお、1994～2008年は世界平均のオゾン量の減少傾向が止まり、オゾン量がほぼ一定となっており、最もオゾン全量が少なかった時期として比較の対象に用いた。

地上観測による世界のオゾン全量偏差（緑実線）をみると、いずれの領域においても過去5年間（2011～2015年）のオゾン全量の累年平均値は、1994～2008年の累年平均値と比べて同程度か1%程度大きい<sup>2</sup>が、1970～1980年の累年平均値（この時期にはオゾン層破壊現象がまだ現れていないと見なしうる）と比べると低緯度を除き3～4%小さく、依然として1980年以前のレベルより低い状態が続いている。なお、南半球全体及び低緯度はそれぞれ観測点が10地点及び12地点と、北半球中緯度（40地点）に比べて少なく、精度が低い可能性がある。

世界全体のオゾン全量偏差をみると、地上観測及び衛星観測による2000年以降のオゾン全量偏差にはわずかな増加がみられる。このわずかな増加は、クロロフルオロカーボン類等のオゾン層破壊物質の大気中濃度が緩やかに減少していることと、自然変動によるオゾン量の増加が関係していると考えられている。北半球中緯度では1990年代にオゾン全量の少ない時期が顕著に認められるが、これは、ピナトゥボ火山噴火（1991年6月）によるオゾン破壊の促進<sup>2</sup>と、冬季～春季の北極域においてオゾンが破壊され、オゾンが少なくなった北極域の空気塊が中緯度帯に流入したためと考えられている（WMO, 2014）。

<sup>2</sup> ピナトゥボ火山噴火（1991年6月）にともない、成層圏のエロゾル粒子が増加し、その粒子表面での不均一反応（巻末「用語解説」参照）によってオゾン破壊が促進された（WMO, 2011）。

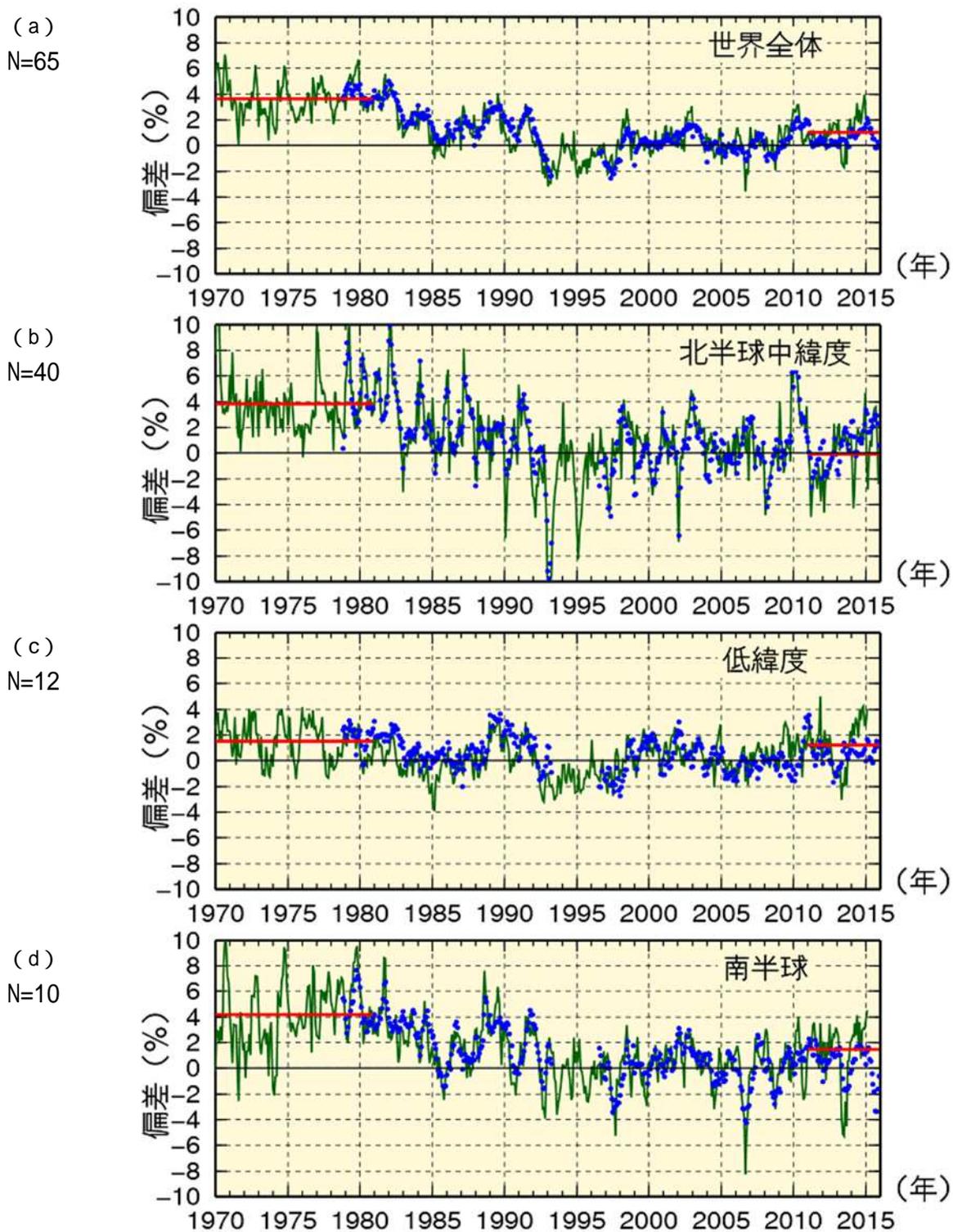


図2-1：世界のオゾン全量偏差（％）の長期変化

緑実線は地上観測によるオゾン全量偏差（％）、青丸は衛星観測によるオゾン全量偏差（％）で、季節変動成分を除去している（付録2参照）。比較の基準値は1994～2008年（世界平均のオゾン量の減少傾向が止まり、オゾン量がほぼ一定となっており、最もオゾン全量が少なかった時期）の累年平均値。赤実線は1970～1980年（この時期にはオゾン層破壊現象がまだ現れていないと見なす）及び過去5年間（2011～2015年）における地上データの累年平均値。(a)世界全体（衛星データは北緯70度～南緯70度の平均）、(b)北半球中緯度（北緯30～60度平均）、(c)低緯度（北緯30度～南緯30度平均）、(d)南半球全体（衛星データは0度～南緯70度平均）におけるオゾン全量偏差を示す。地上観測データにはWOUDCに登録されたデータを用いており、各図の左には各領域で使用した地点数（N）を示している。また、衛星観測データにはNASA提供のデータを用いている。

## オゾン全量の緯度帯毎の長期変化傾向

衛星観測及び地上観測によって得られた各緯度帯でのオゾン全量データについて、オゾン層の破壊が進んだとみられる1979～1996年の変化傾向を図2-2a、わずかな回復がみられる2000～2015年の変化傾向を図2-2bに示す。1979～1996年の変化傾向をみると、衛星観測データは低緯度帯の一部（南緯10度～北緯20度）を除いて有意な減少傾向がみられ、地上観測データも概ね同様の傾向を示していた。南半球では高緯度において減少傾向が大きい、これは南極オゾンホールへの出現に対応している。

2000～2015年の変化傾向をみると、北半球では北緯10～70度の衛星観測データにおいて有意な増加傾向がみられた。しかし、地上観測データを見ると北半球中緯度（北緯40～60度）の変化傾向においてばらつきがみられ、一部の観測地点のデータでは減少傾向がみられた。南半球では南緯60度以南で有意な増加傾向がみられるが、その信頼区間は他の緯度帯と比べても幅が大きいことから、南極オゾンホールの規模が年々変動していることが影響している可能性がある。

2000年～2015年の世界全体のオゾン全量の増加傾向には、大気中のオゾン層破壊物質の減少と自然変動が影響していると考えられている。しかし、自然変動と比べてオゾン層破壊物質が及ぼすオゾン全量の変化が小さいため、オゾン層破壊物質がオゾン全量に及ぼす影響を正確に見積もることは現状では難しい（WMO, 2014）。

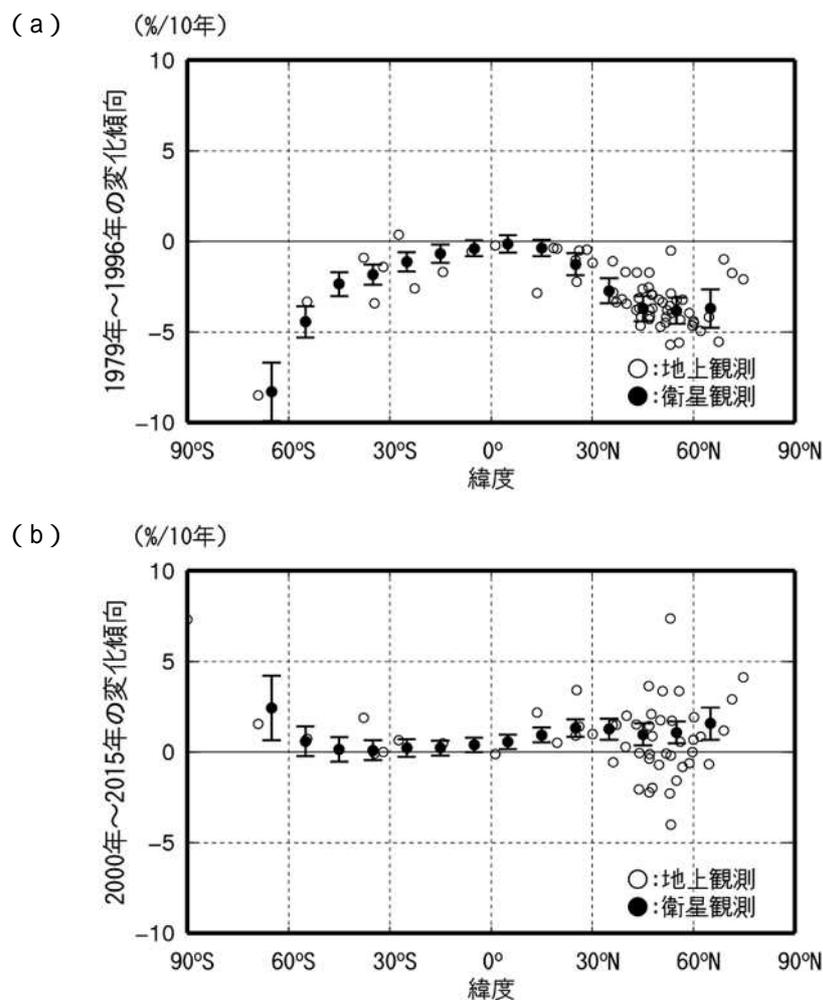


図2-2：オゾン全量の長期変化傾向の緯度帯別分布

(a) 1979～1996年の変化傾向（%/10年）と、(b) 2000～2015年の変化傾向（%/10年）。衛星観測データは緯度帯（10度）ごとにプロットしている。衛星観測データの縦線は95%信頼区間の範囲。WOUDCに登録された地上観測データ（図2-1で用いた65地点の地上観測データ）及びNASA提供

の衛星観測データから作成。

緯度帯別の長期変化傾向の季節変化をみるため、図2-3に (a)1979～1996年及び(b)2000～2015年におけるオゾン全量の変化傾向(%)を緯度毎に月別に示す。1979～1996年のオゾン全量の変化傾向をみると、低緯度帯を除いた南北両半球のほとんどの領域において年間を通して有意な減少傾向がみられた。北半球高緯度では3～4月に、南半球中高緯度では8～12月にオゾンの減少の割合が大きく、極域における冬季から春季にかけてのオゾン層破壊の影響が比較的大きかったことを示している。

2000年以降ではほとんどの領域で増加傾向であるが、有意な増加傾向は北半球高緯度の8～10月や南半球高緯度の1～4月等でみられる。南半球高緯度では8～9月にオゾンの増加の割合が大きいが、増加が有意な領域は8月の一部のみで他の時期には有意とはなっていない。これらの領域では、毎年の南極オゾンホール規模や現れる場所が移り変わることに伴う年変動が大きいことが影響していると思われる。一方、10～11月は有意となる顕著なオゾンの減少傾向がみられる。

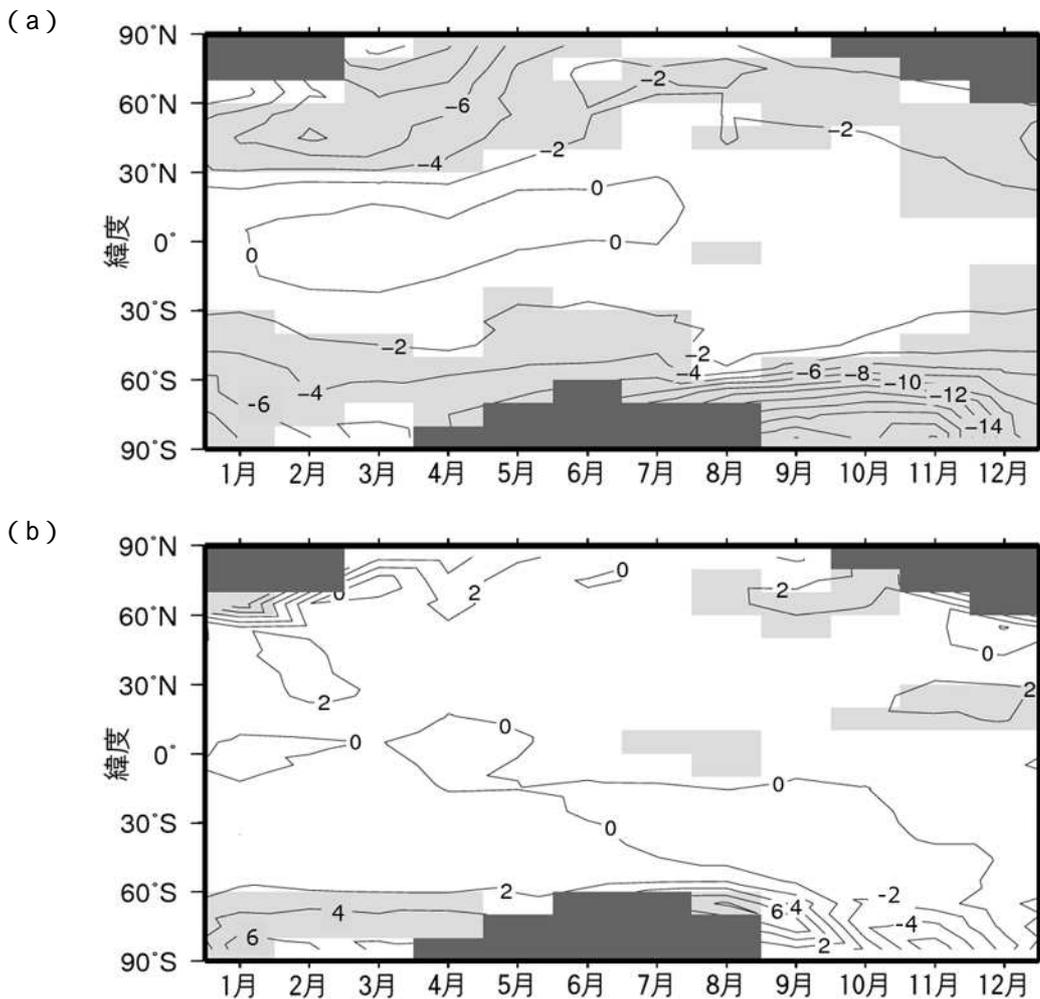


図2-3：帯状平均したオゾン全量の緯度帯別長期変化傾向の季節変化

(a) 1979～1996年のオゾン全量の変化傾向及び (b) 2000～2015年のオゾン全量の変化傾向の月別分布(%/10年)。衛星観測による帯状平均オゾン全量データを用いて求めた。等値線間隔は2%。薄い陰影部は95%信頼区間で有意に増加または減少している領域。濃い陰影部は太陽高度角の関係で観測できない領域。NASA提供の衛星観測データから作成。