

第 部 オゾン層の状況

第 1 章 世界のオゾン層

1 - 1 2013年の世界のオゾン層の状況

2013年のオゾン全量は、南極大陸のほとんどの領域で参照値より10%以上多く、一部は15%以上多かった。

南緯60度～北緯60度で平均した月平均オゾン全量は、参照値並か少なかった。

2013年のオゾン全量は、南極大陸のほとんどの領域で参照値より10%以上多く、一部では15%以上多かった(図 1-1)。月別にみると、この領域では特に9～11月に+30%以上の顕著な正偏差が広い範囲でみられた(図 1-2b)。年平均では、低緯度域で赤道付近で帯状に参照値よりも多い領域が広がっており、一方、低緯度域から南北中緯度にかけて負偏差が卓越した。このようなオゾン全量偏差のパターンはQBO(準2年周期振動。巻末「用語解説」参照)の影響が大きいと考えられる。北半球中緯度では、特に北太平洋のアラスカ湾付近で-5%以上の負偏差がみられた。月別にみると、1月、2月、4月と10～12月に北太平洋で、2月は華北からチベット付近にかけても-10%以上の負偏差がみられた。北太平洋ではこれらの時期に例年よりも対流圏界面が高かったことがわかっており、オゾン全量負偏差に対応している(対流圏界面が高いところでは、オゾンの多い成層圏の層の厚さが小さく、その領域ではオゾン全量が少ない)。南半球中緯度では、月別にみると、7月から10月にかけては中部太平洋から東部太平洋で、11月はインド洋で-10%以上の負偏差がみられた。

緯度帯別のオゾン全量月平均値の年間の推移を図 1-3に示す。南緯60度～北緯60度で平均した月平均オゾン全量は、全般的に参照値並か少なかった。これは、赤道付近はオゾン全量正偏差が継続したものの、前半(1～5月)は北半球低緯度で負偏差が継続し、後半(7～12月)に南半球中低緯度で負偏差が続いたことが反映されている。

南半球高緯度および北半球高緯度の状況の詳細については、それぞれ第3章、第4章で述べる。

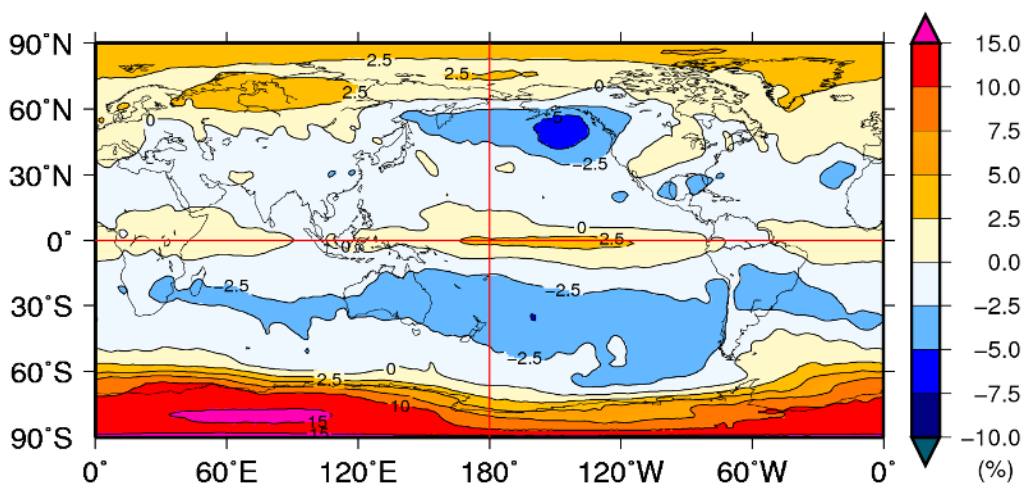


図 1-1 : 2013年の世界のオゾン全量偏差(%)の年平均分布図(2013年)

月平均オゾン全量偏差(%)の年平均分布。等値線は-10%～+10%では2.5%間隔、±10%以上では5%間隔。比較の基準である参照値は1997～2006年の累年平均値。年平均値は、北緯60度以北の1月と11、12月および南緯60度以南の5～7月の太陽高度角の関係で観測できない時期を除いて計算した。NASA提供の衛星データをもとに気象庁で作成。

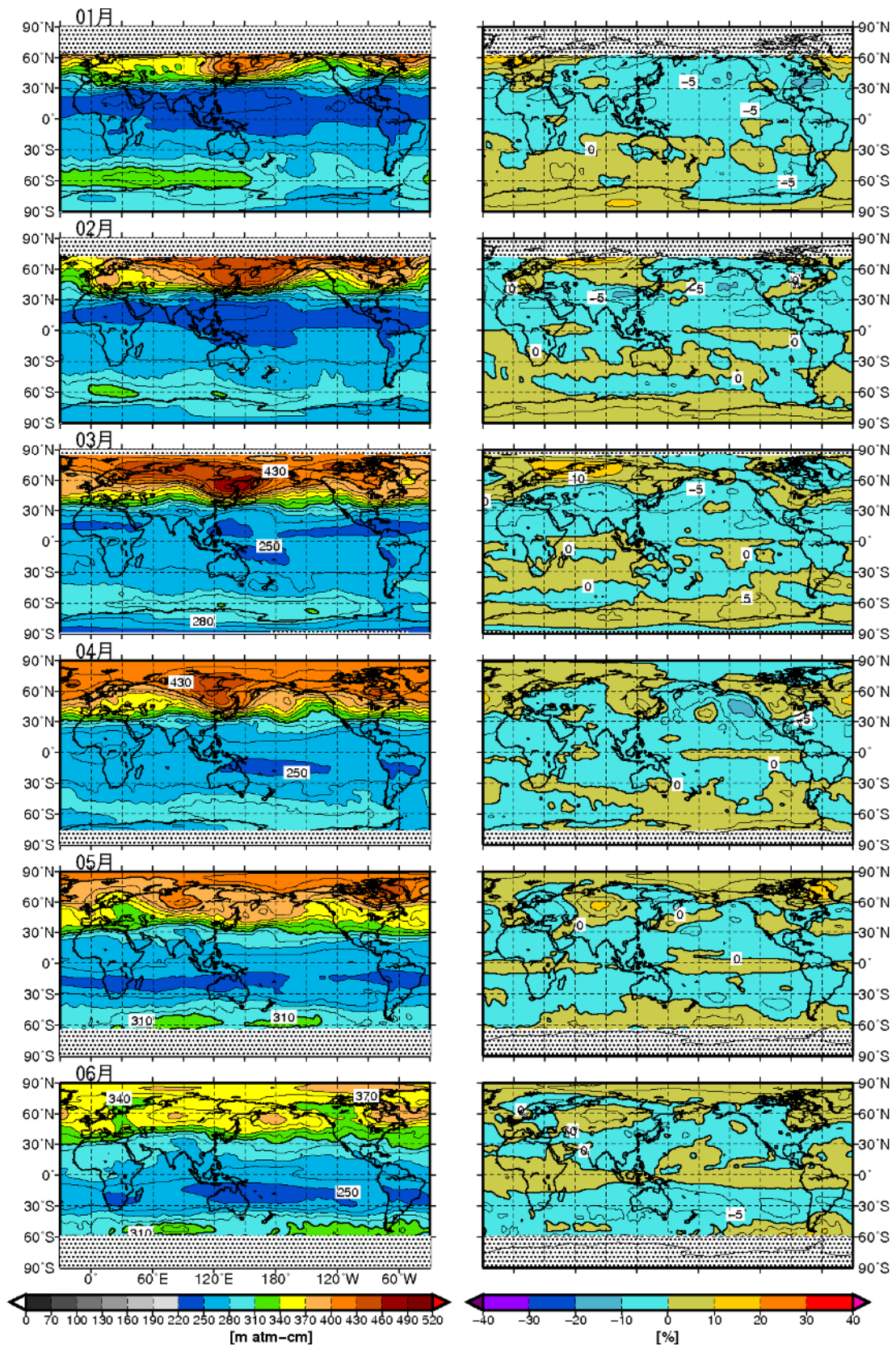


図 1-2a : 世界の月平均オゾン全量・偏差分布図 (2013年1~6月)

等値線間隔は、月平均オゾン全量 (左列) については15 m atm-cm、偏差 (右列) については5%。陰影部は太陽高度角の関係で観測できない領域。比較の基準である参照値は1997~2006年の月別累年平均値。NASA提供の衛星データをもとに気象庁で作成。

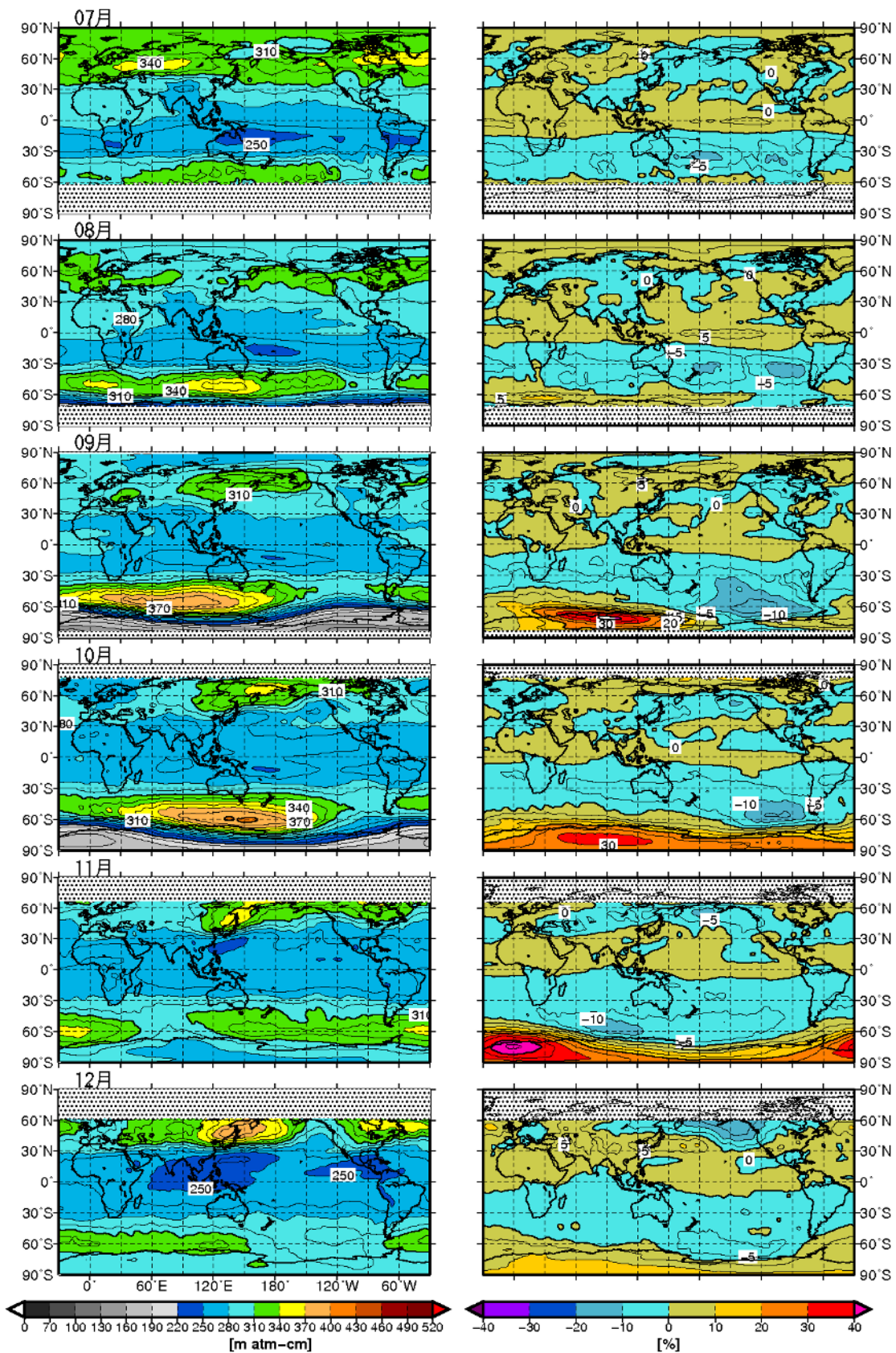


図 1-2b：世界の月平均オゾン全量・偏差分布図（2013年7～12月）

等値線間隔は、月平均オゾン全量（左列）については15 m atm-cm、偏差（%）（右列）については5%。陰影部は太陽高度角の関係で観測できない領域。比較の基準である参照値は1997～2006年の月別累年平均値。NASA提供の衛星データをもとに気象庁で作成。

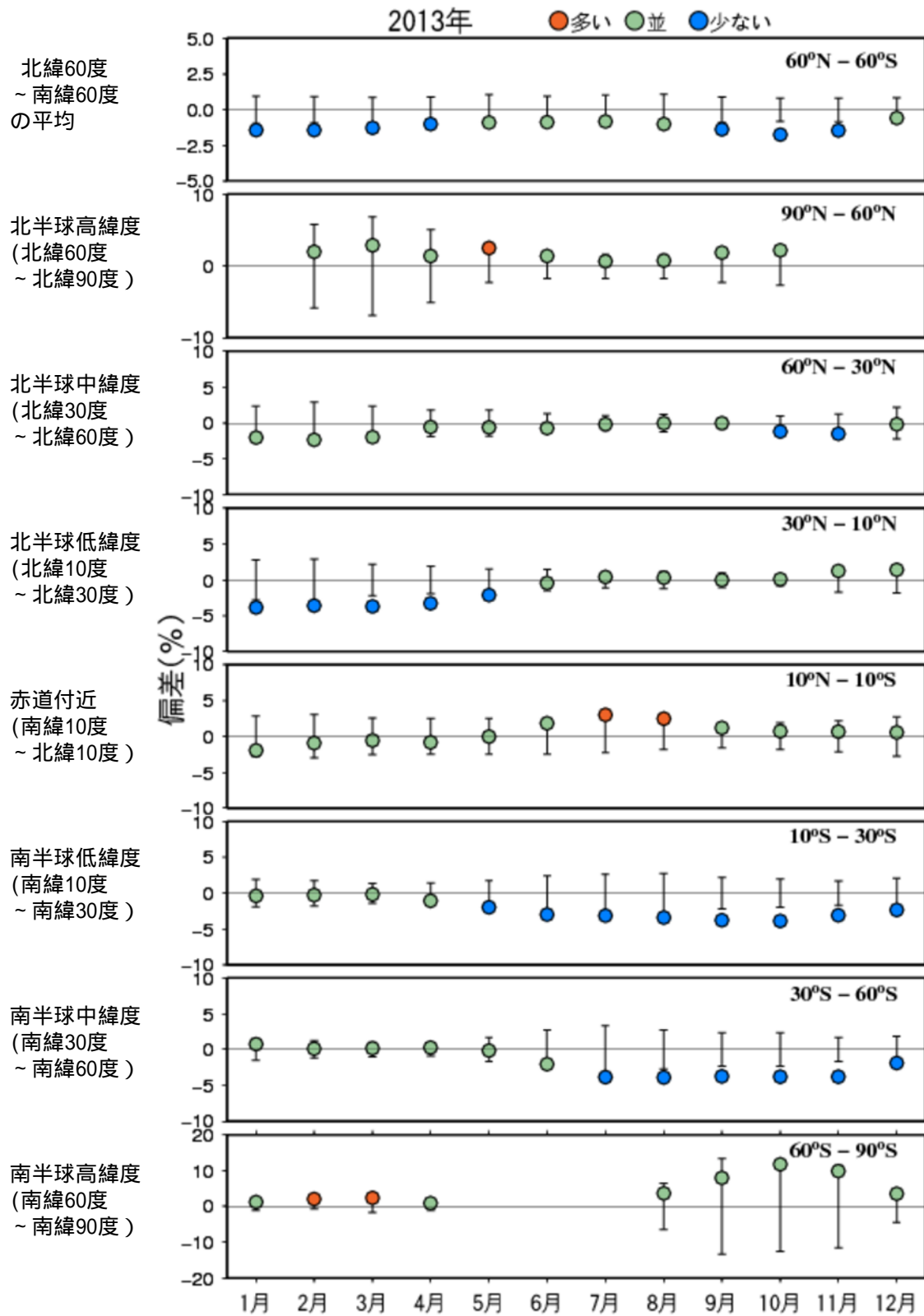


図 1-3 : 2013年の緯度帯別のオゾン全量月平均値偏差 (%)

比較の基準である参照値は1997～2006年の平均値。縦線は標準偏差。北緯60度以北の1月と11、12月および南緯60度以南の5～7月は、太陽高度角の関係で観測がない。NASA提供の衛星データをもとに作成。参照値からの差が標準偏差以内のときを「並」(緑)、それより大きいときを「多い」(赤)、それより小さいときを「少ない」(青)とした。

1-2 世界のオゾン層の長期変化

世界全体のオゾン全量は 1980 年代から 1990 年代前半にかけて大きく減少した。1990 年代後半以降はほとんど変化がないかわずかな増加がみられるが、1979 年以前と比較すると少ない状態が続いている。

長期変化傾向を解析すると、2013 年のオゾン全量は、1979 年と比べて世界全体で約 2% 少なく、緯度別にみると中緯度～高緯度にかけて減少の割合が大きい。月別では、北半球高緯度で 3～4 月に、南半球中高緯度で 8～12 月に減少の割合が大きい。

オゾン全量の経年変化

地上および衛星からの観測による月平均オゾン全量の 1970～1980 年の平均値に対する偏差 (%) の時系列を、図 1-4 に示す。世界全体のオゾン全量は 1980 年代から 1990 年代前半にかけて大きく減少した。1990 年代後半以降はほとんど変化がないかわずかな増加がみられるが、1979 年以前と比較すると少ない状態が続いている。地上観測データから求めた世界全体のオゾン全量の 2013 年の等価実効成層圏塩素 (EESC) (Newman *et. al*, 2007) フィッティング値 (オゾンの経年変化のうちオゾン層破壊物質による成分を取り出したもの。詳しくは付録 3 参照) は、1979 年を基準とすると $2.0 \pm 0.1\%$ 少なかった。1980 年代は減少率が大きく、世界全体では $-1.8 \pm 0.1\%/10$ 年、北半球中緯度では $-2.3 \pm 0.3\%/10$ 年、南半球全体では $-2.2 \pm 0.2\%/10$ 年の減少がみられた。低緯度では $-0.5 \pm 0.1\%/10$ 年と減少の割合は小さい。ただし、南半球全体および低緯度はそれぞれ観測点が 9 地点および 12 地点と、北半球中緯度 (39 地点) に比べて少ないことに注意が必要である。

オゾン全量に 1990 年代半ば以降ほとんど変化がみられないかわずかな増加がみられることは、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に関係していると考えられる。北半球中緯度では、1993 年ごろに地上観測と衛星観測ともに最小値となったが、これは、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ためと考えられている (WMO, 2011)。

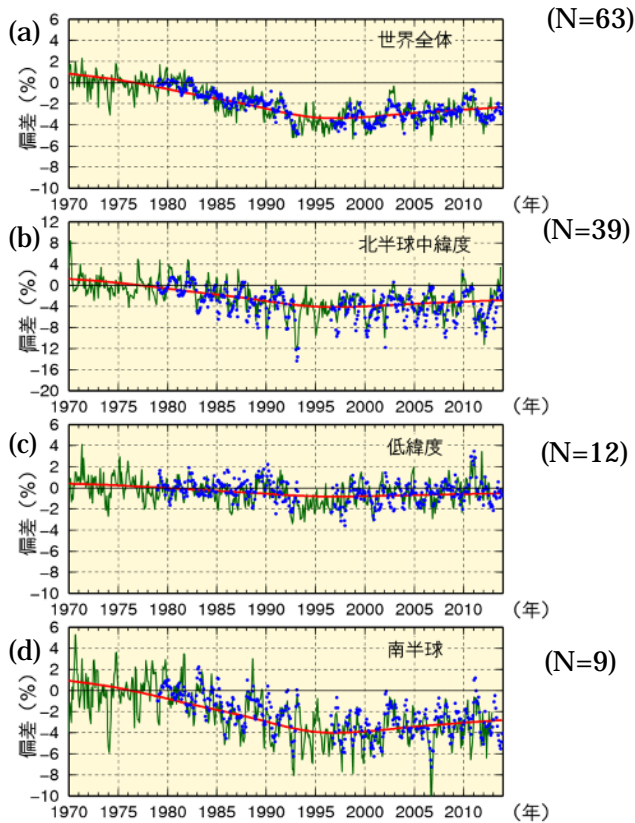


図 1-4 : 世界のオゾン全量偏差 (%) の経年変化

緑実線は世界の地上観測によるオゾン全量偏差 (%)、青丸は衛星観測データによるオゾン全量偏差 (%) で、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る (付録 2 参照)。比較の基準値は 1970 ~ 1980 年の平均値。赤実線は地上観測データに対する EESC フィッティング曲線。(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) のオゾン全量の変化の割合を示す。世界の地上観測点は世界オゾン・紫外線資料センター (WOUDC) のデータを用いており、各領域で使用した地点数は各図の右上のカッコ内に示した。衛星データは NASA 提供のデータを用いた。

緯度帯別オゾン全量の長期変化傾向

オゾン全量の長期変化傾向の緯度による違いを示すため、EESCフィッティング値による2013年の緯度帯別オゾン全量の1979年に対する変化の割合を、図 1-5aに示す。衛星観測による帯状平均オゾン全量データのEESCフィッティング値から求めた値である。低緯度を除き統計的に有意な減少がみられ、減少の割合は高緯度ほど大きくなり、特に南半球高緯度では10%近く減少している。

一方、最近の変化傾向を示すため、1997～2013年のデータから直線回帰により求めた変化傾向を図 1-5bに示す。北緯40度～南緯30度、南緯60～70度では、衛星観測で有意な増加傾向がみられた。北半球中緯度の北緯40～50度では、増加傾向がみられたが有意ではなかった。地上観測データからは、全般に増加傾向の地点がみられるが、北緯45度付近より北では減少傾向を示す地点が多くなり、ばらついている。なお、成層圏の塩素量を一定にした数値モデルを用いた実験では、北半球中緯度の近年のオゾン全量の増加傾向が再現されており (Hadjinicolaou *et al.*, 2005)、北半球中緯度のオゾン全量の増加には大気循環の変動が寄与している可能性がある³。

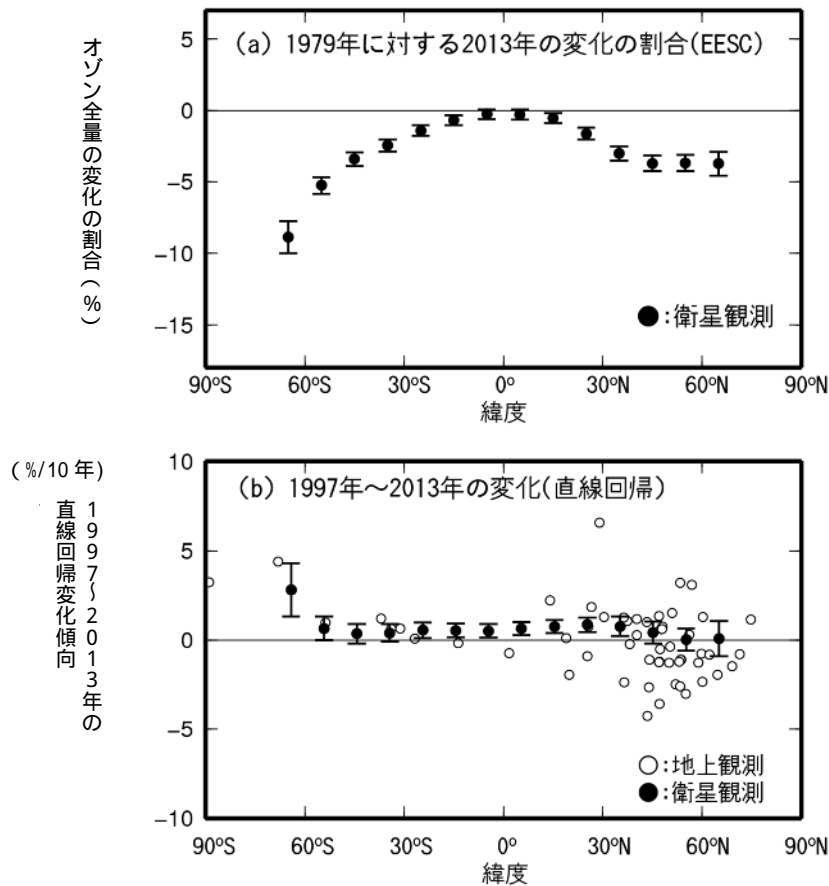


図 1-5 : オゾン全量の長期変化傾向および最近の変化傾向の緯度帯別分布

(a) EESCフィッティングを用いて求めた2013年オゾン全量の1979年に対する変化の割合(%)。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。

(b) 1997～2013年のデータから直線回帰により求めた変化傾向(%/10年)。

衛星観測データの縦線は95%信頼区間の範囲。世界の観測地点のオゾン全量データ(最近4年間(2010～2013年)に観測データのない地点を除く56地点)、NASA提供の衛星観測データから作成。

³ 気象庁ホームページ「オゾン量の経年変化に影響を及ぼす自然変動」

http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/ozonehp/3-24ozone_o3variability.html参照。

緯度帯別の長期変化傾向の季節変化を示すため、図 1-6に、2013年オゾン全量の1979年に対する変化の割合(%)を緯度ごとに月別に示した。衛星観測データのEESCフィッティング値を用いて求めている。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い様子が見られる。

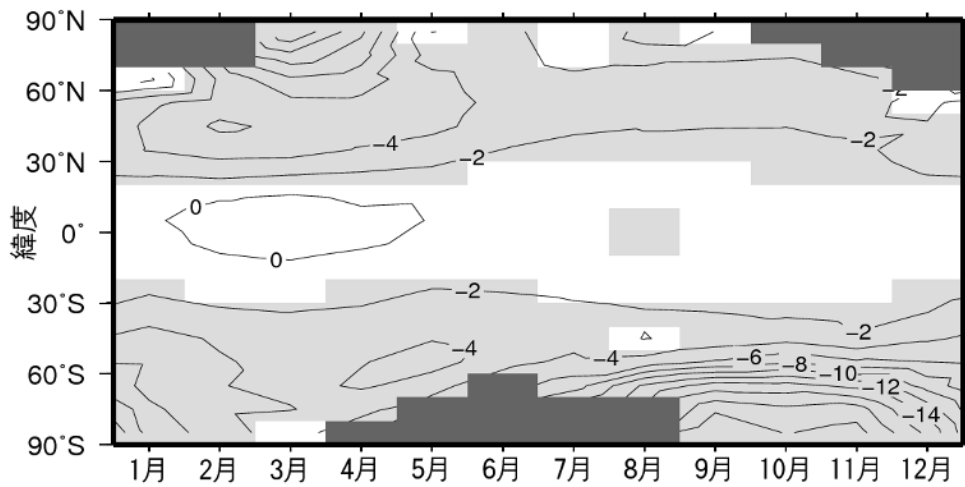


図 1-6 : 帯状平均したオゾン全量の緯度帯別長期変化傾向の季節変化

2013年オゾン全量の1979年に対する変化の割合(%)の月別分布。衛星観測による帯状平均オゾン全量データのEESCフィッティング値を用いて求めた。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。