

第 I 部 オゾン層の状況

第 1 章 世界のオゾン層

1-1 2012年の世界のオゾン層の状況

- 2012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%以上だった。
- 南緯60度～北緯60度で平均した月平均オゾン全量は、一般的に参照値より少ない状態が継続した。

2012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 I 1-1)。月別にみると、この領域では特に10～11月に+30%以上の顕著な正偏差が広い範囲でみられた(図 I 1-2b)。これは、南極オゾンホールが例年より小さい規模で推移したことと対応している(第3章参照)。低緯度域では、赤道付近で帯状に参照値よりも少ない領域が広がっており、一方、北緯20～30度、南緯20～35度付近では帯状の正偏差がみられた。このような低緯度域での帯状の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。北半球中緯度では全般に負偏差だった。月別にみると、3月に北太平洋、北米大陸、イギリス付近で、4月に中央アジアから西シベリア付近で-10%以上の負偏差がみられた。これらの領域では3月、4月に例年よりも対流圏界面が高かったことが天気図等からわかっており、オゾン全量負偏差の主な要因と考えられる(対流圏界面が高くなると、オゾンの多い成層圏の層の厚さが小さくなるため、その領域ではオゾン全量が少なくなる)。

緯度帯別のオゾン全量月平均値の年間の推移を図 I 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、一般的に参照値より少ない状態が継続した。これは、赤道付近のオゾン全量負偏差が継続したことと、北半球中緯度の3～10月に負偏差が続いたことが主な要因と考えられる。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。

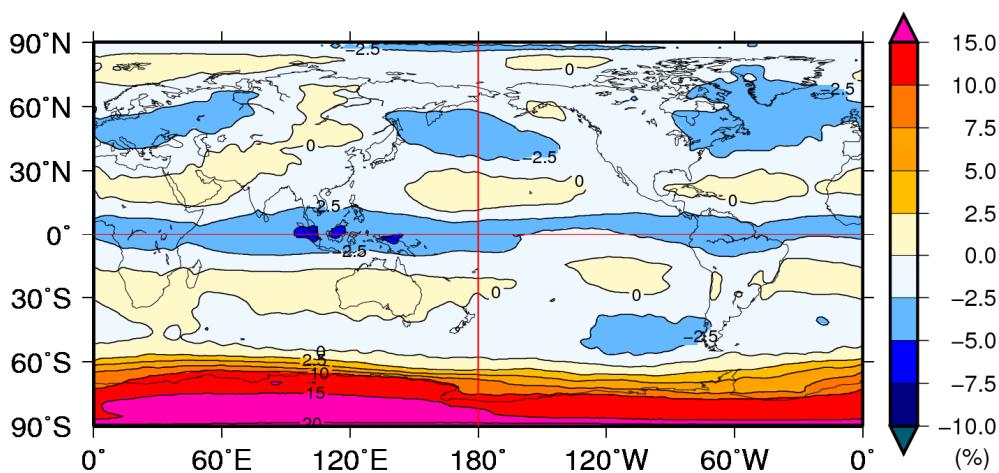


図 I 1-1 : 2012年の世界のオゾン全量偏差 (%) の年平均分布図 (2012年)

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。

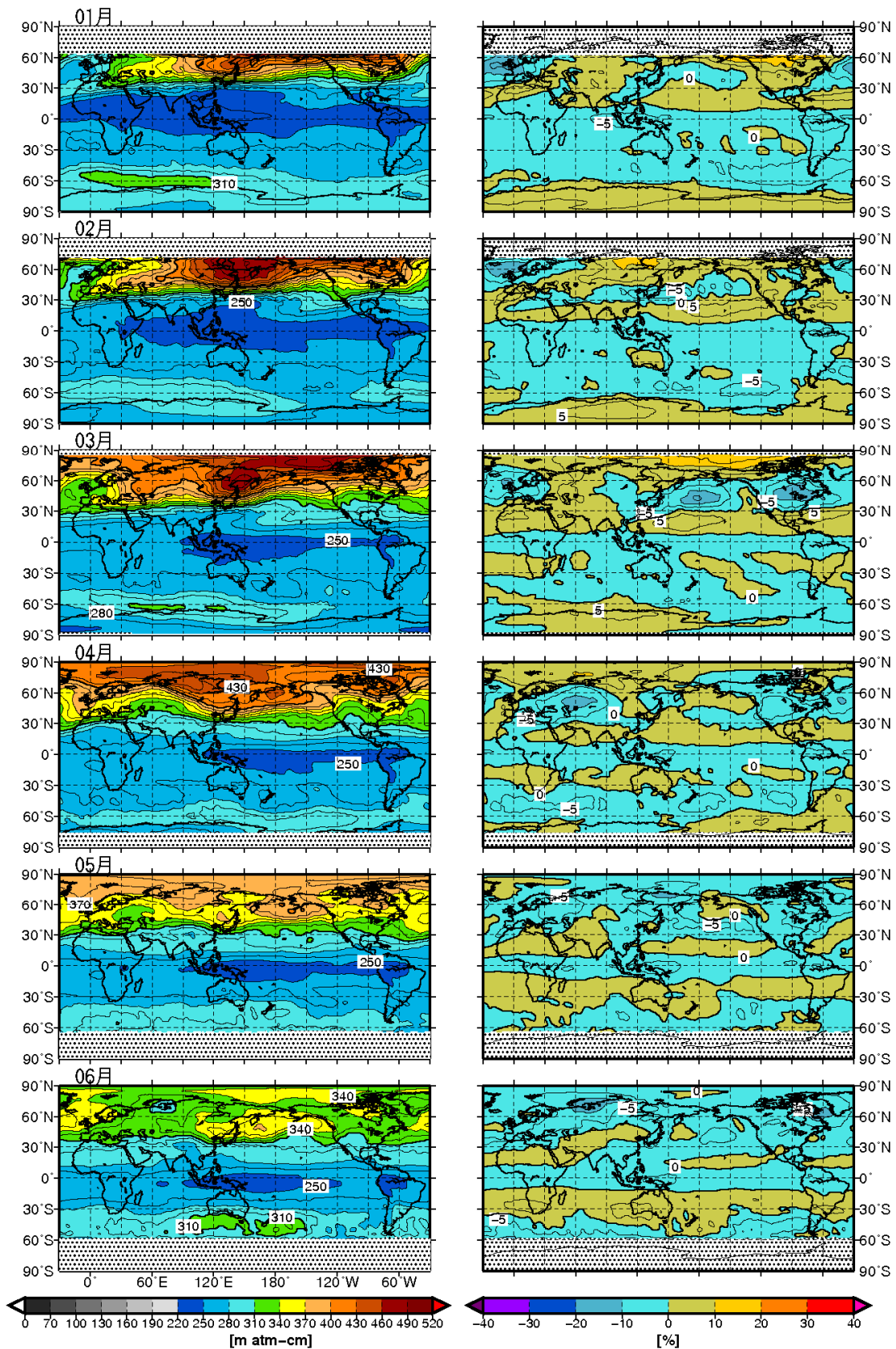


図 I 1-2a : 世界の月平均オゾン全量・偏差分布図 (2012年1~6月)

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。

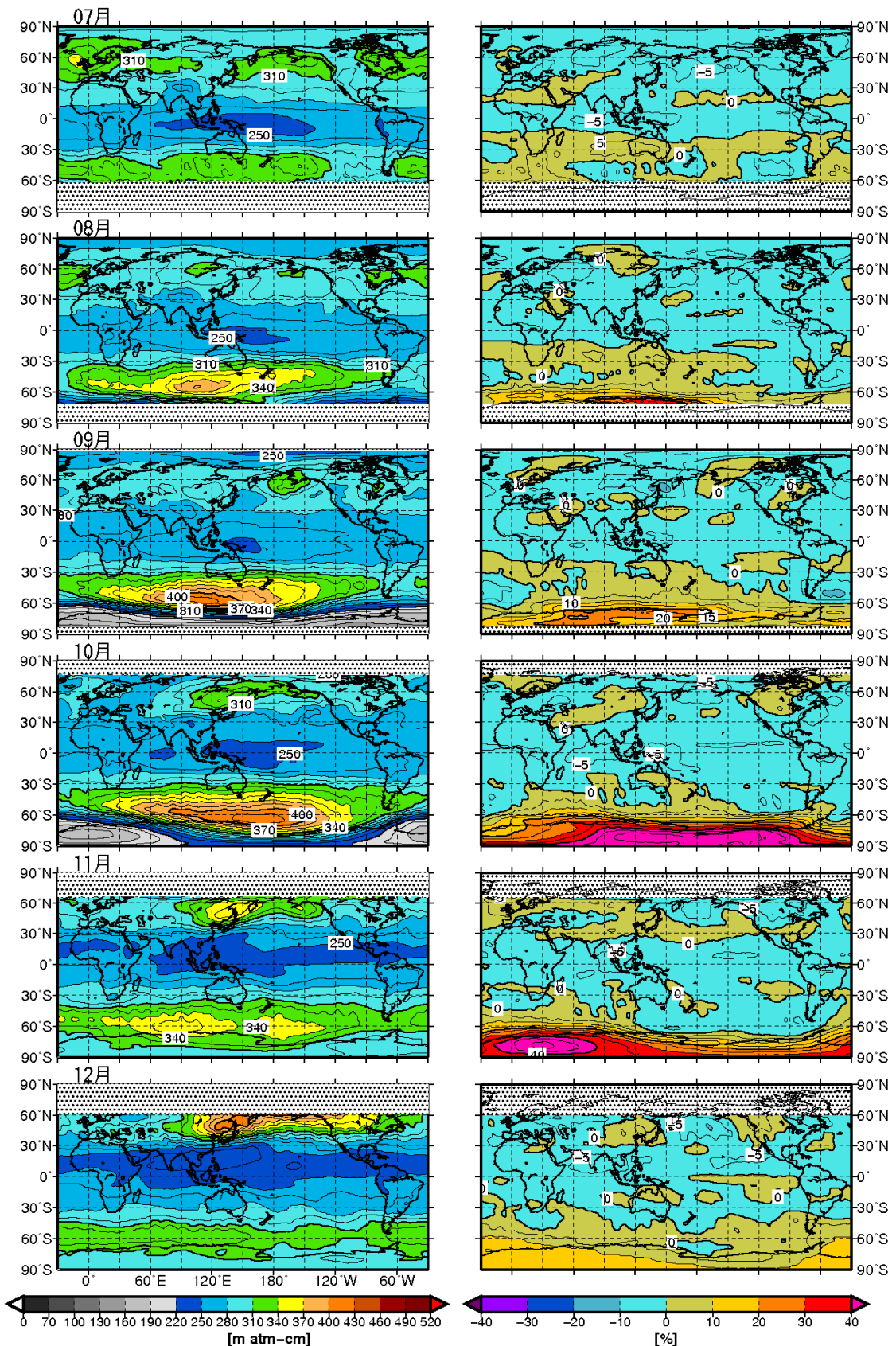


図 I 1-2b : 世界の月平均オゾン全量・偏差分布図 (2012年7~12月)

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。

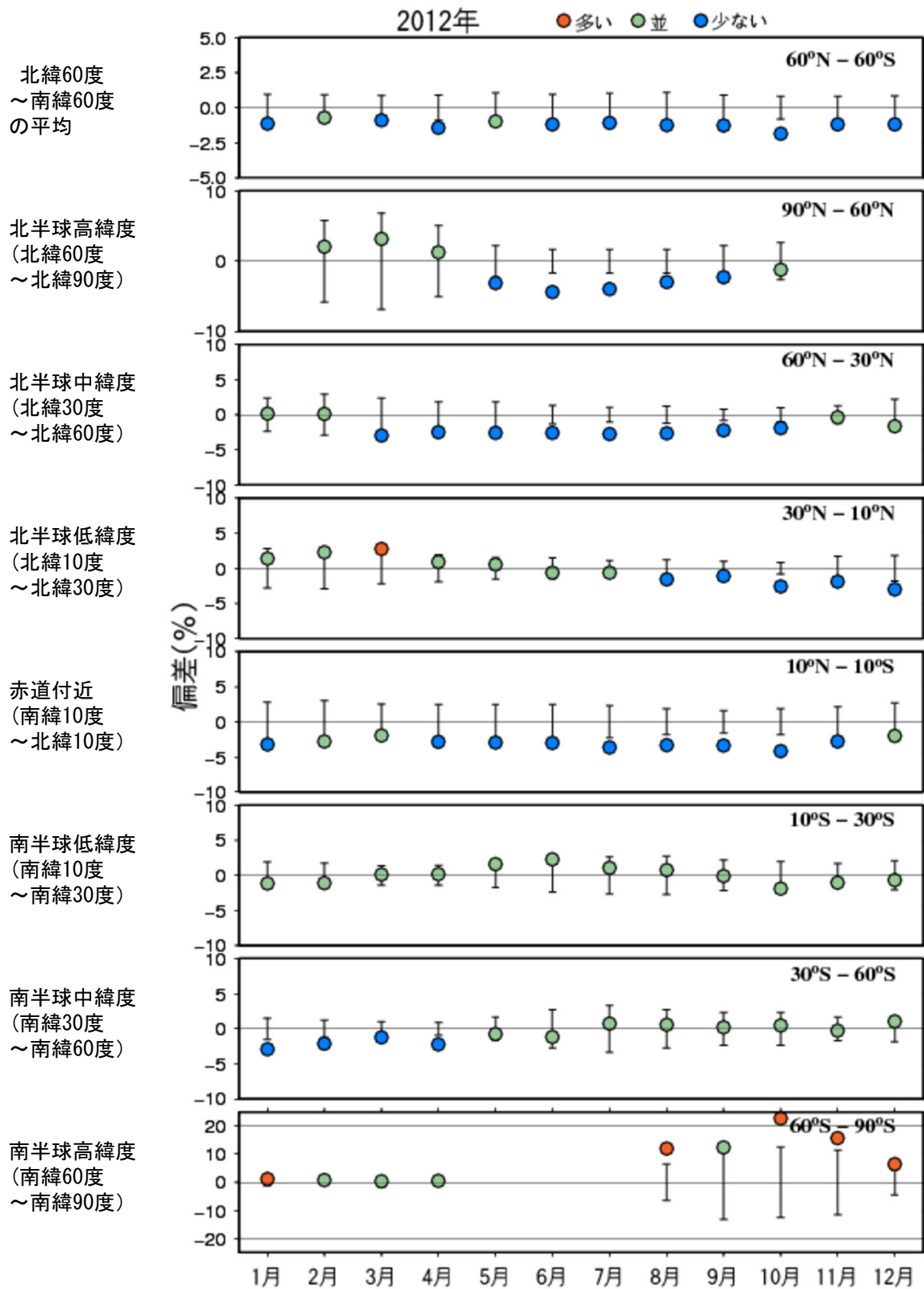


図 I 1-3 : 2012年の緯度帯別のオゾン全量月平均値偏差 (%)

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」、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。

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、2012 年のオゾン全量は、1979 年と比べて世界全体で $2.0 \pm 0.1\%$ 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 I 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 2012 年の EESC (Newman *et. al*, 2007) フィッティング値 (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 $-2.4 \pm 0.3\%/10$ 年、南半球全体では $-2.1 \pm 0.2\%/10$ 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 地点と少ないことに注意が必要である。

オゾン全量の減少が 1990 年代半ば以降みられなくなったことは、クロロフルオロカーボン類の大気中濃度が 1990 年代以降ほとんど増加していないか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を記録したが、これは、ピナトッポ火山噴火 (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。

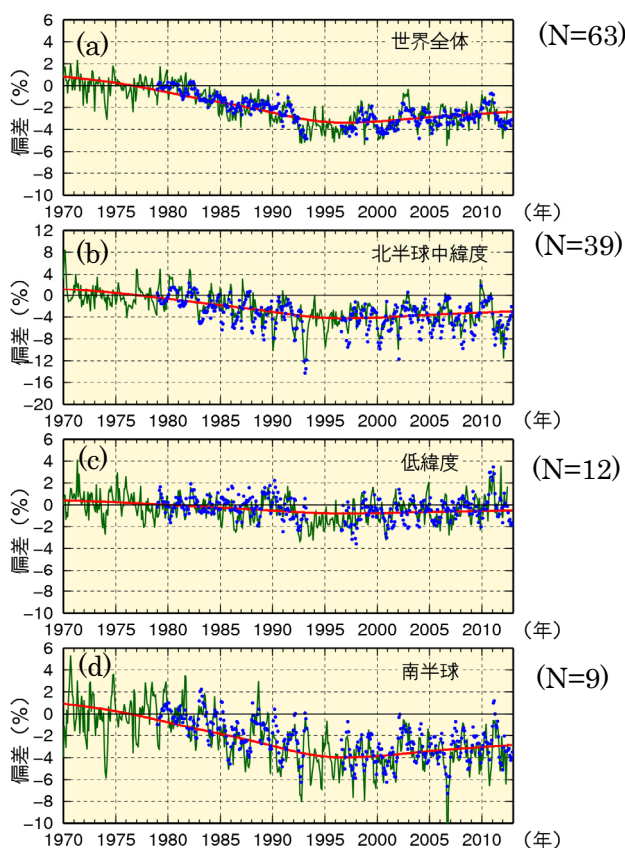


図 I 1-4: 世界のオゾン全量偏差 (%) の経年変化

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、2012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 I 1-5aに示す。EESCフィッティングを用いて衛星観測によるオゾン全量データ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約10%減少している。

一方、最近の変化傾向を示すため、1997～2012年のデータから直線回帰により求めた変化傾向を図 I 1-5bに示す。北緯30度～南緯40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30～40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度付近より北では負偏差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自然変動が寄与している可能性がある。このため、最近のオゾン全量の増加傾向の原因を成層圏の塩素量の減少だけと判断することはできない³。

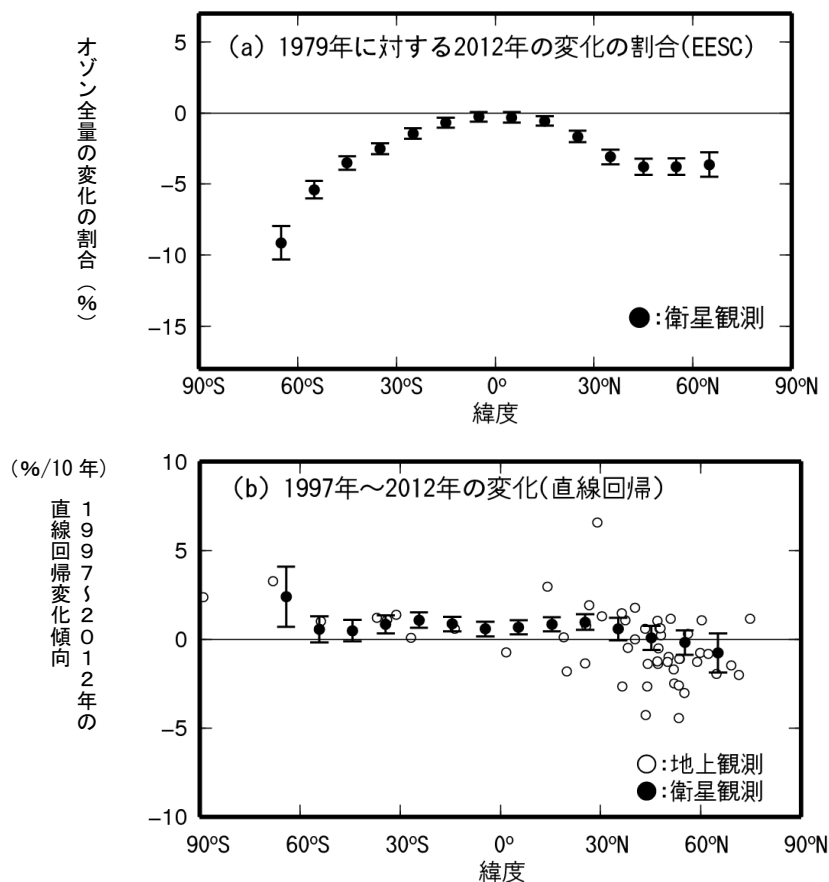


図 I 1-5 : オゾン全量の長期変化傾向および最近の変化傾向の緯度帯別分布

(a) EESCフィッティングを用いて求めた2012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) 1997～2012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 (2009～2012年) に観測データのない地点を除く53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.kishou.go.jp/obs-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 I 1-6に、2012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。衛星観測データからEESCフィッティング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わかる。

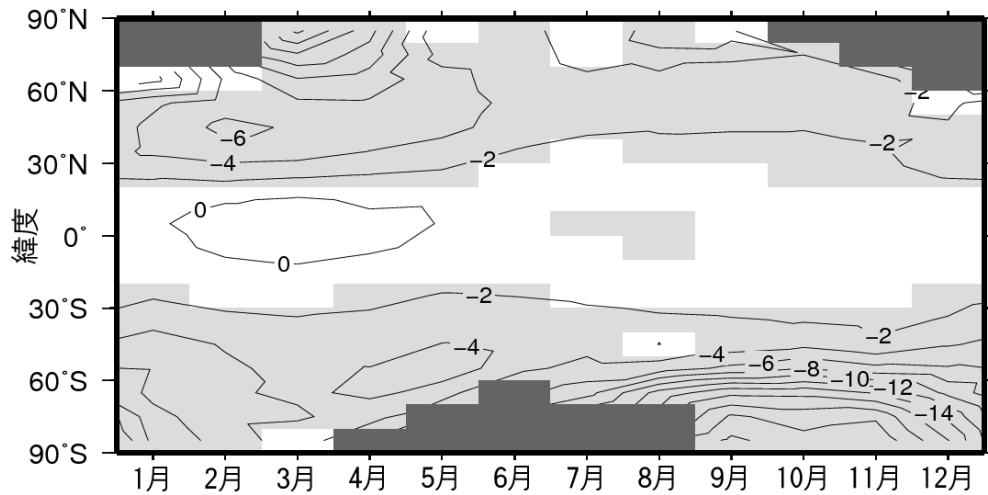


図 I 1-6 : 帯状平均したオゾン全量の緯度帯別長期変化傾向の季節変化

2012年オゾン全量の1979年に対する変化の割合 (%) の月別分布。EESCフィッティングを用いて求めた。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。