

# 第 I 部 オゾン層の状況

## 第 1 章 世界のオゾン層

### 1-1 2011年の世界のオゾン層の状況

- 2011年のオゾン全量は、北半球中高緯度で全般に参照値より少なく、南半球の低緯度では参照値より多かった。
- 3月に北半球高緯度で顕著な負偏差となり、北半球高緯度では5～9月、北半球中緯度では4～12月まで少ない状態が続いた。

2011年のオゾン全量は、北半球中高緯度で全般に参照値より少なく、北極域およびシベリア付近で5%以上少なかった(図 I 1-1)。月別にみると、この領域では特に3～4月に顕著な負偏差がみられた(図 I 1-2。第4章参照)。低緯度域では、北緯20～30度と南緯10～35度付近で帯状の正偏差がみられ、特に南半球側に明瞭に現れている。このような低緯度域での帯状のオゾン全量偏差は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。南半球高緯度では、南極大陸の太平洋側で-5%以下の負偏差、南極大陸のインド洋側で+2.5%以上の正偏差がみられた。

緯度帯別のオゾン全量月平均値の年間の推移を図 I 1-3に示す。北半球高緯度では3月に顕著な負偏差となり、北半球高緯度では5～9月まで、北半球中緯度では4～12月まで少ない状態が続いた。春季の中高緯度のオゾン全量偏差は、夏～秋季にまで持続する傾向があり(Fioletov and Shepherd, 2003; Fioletov and Shepherd, 2005)、2011年春季に起きた北半球高緯度での顕著なオゾン減少が、夏季の中高緯度のオゾン偏差に影響したものと考えられる。

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。

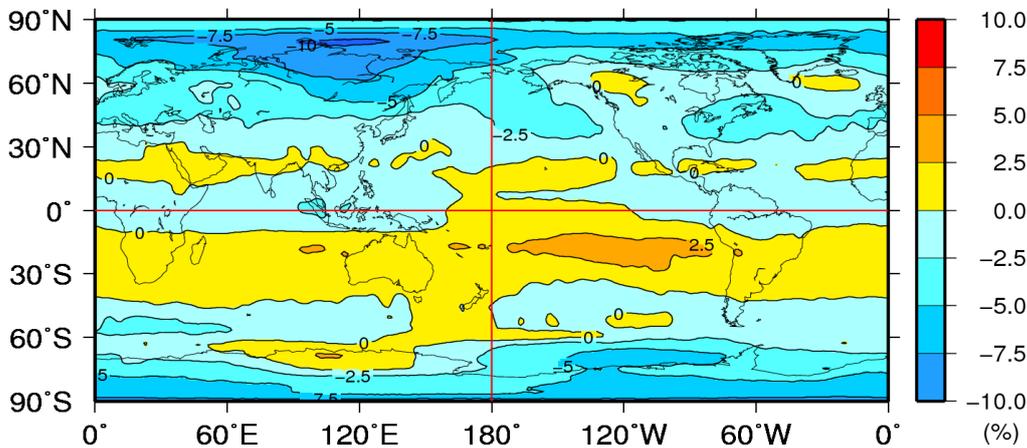


図 I 1-1 : 2011年の世界のオゾン全量偏差 (%) の年平均分布図 (2011年)

月平均オゾン全量偏差 (%) の年平均分布。等値線間隔は2.5%。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。

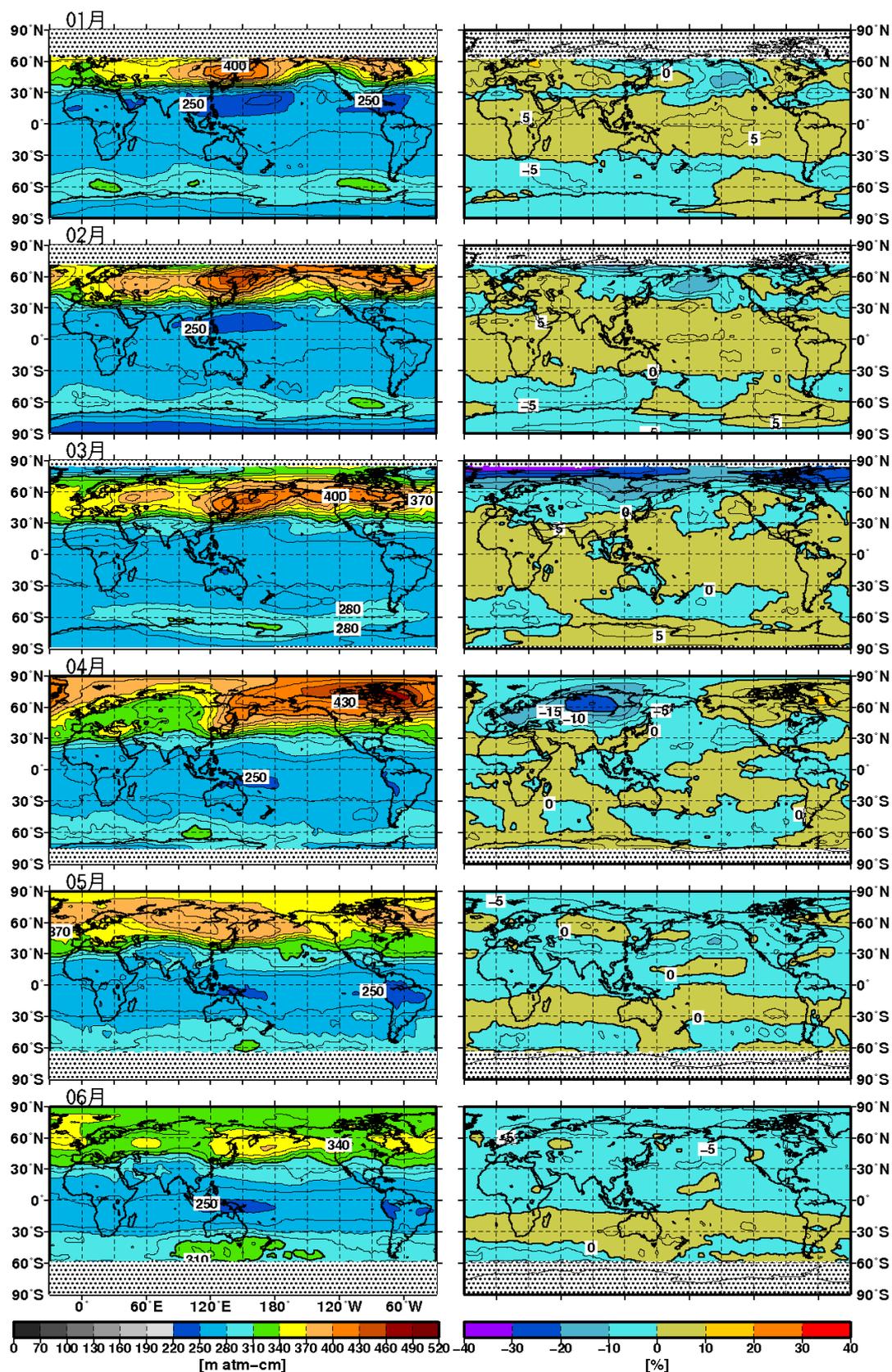


図 I 1-2a : 世界の月平均オゾン全量・偏差分布図 (2011年1~6月)

等値線間隔は、月平均オゾン全量 (左列) については15m 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。

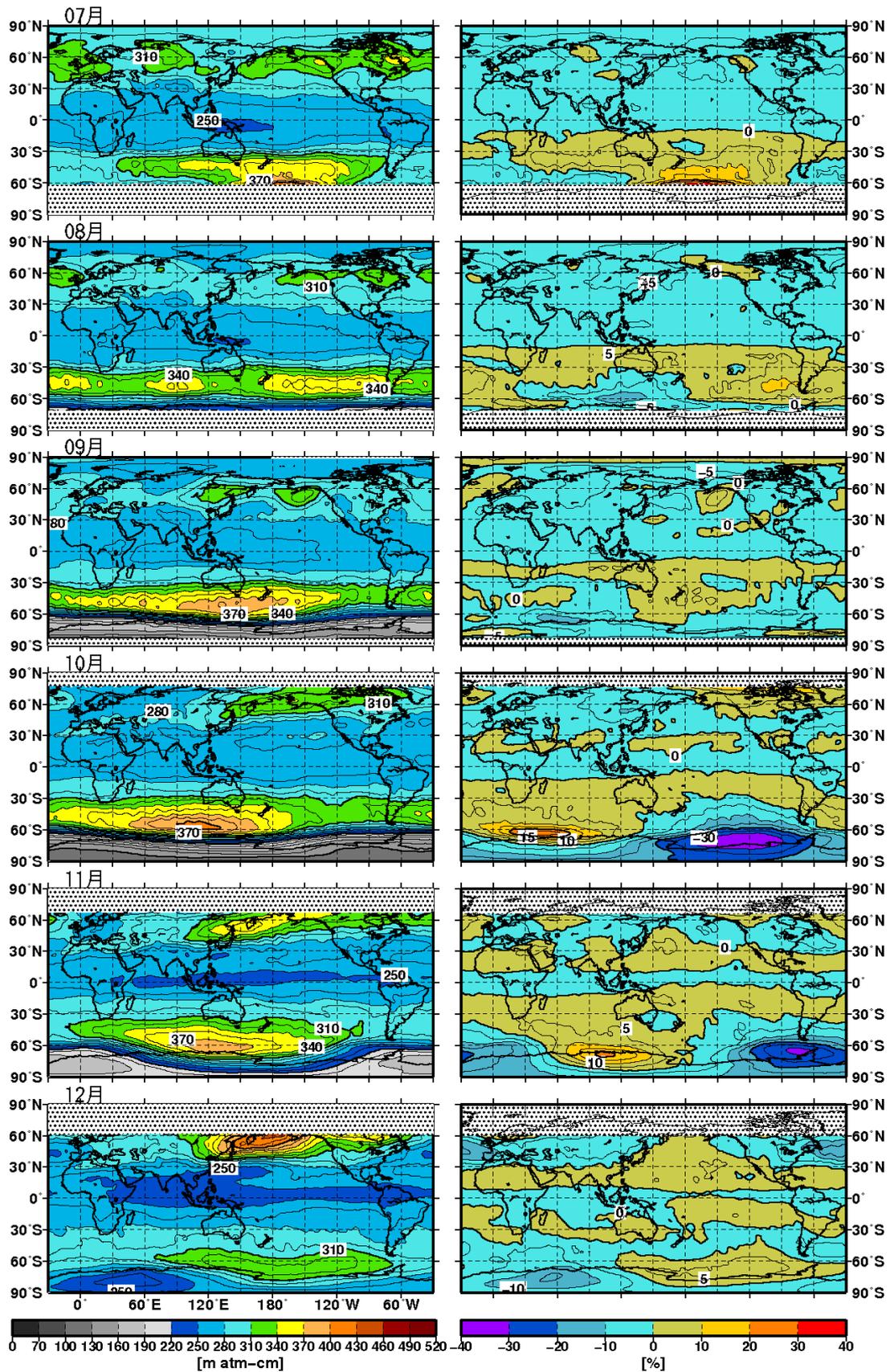


図 I 1-2b : 世界の月平均オゾン全量・偏差分布図 (2011年7~12月)

等値線間隔は、月平均オゾン全量 (左列) については15m 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。

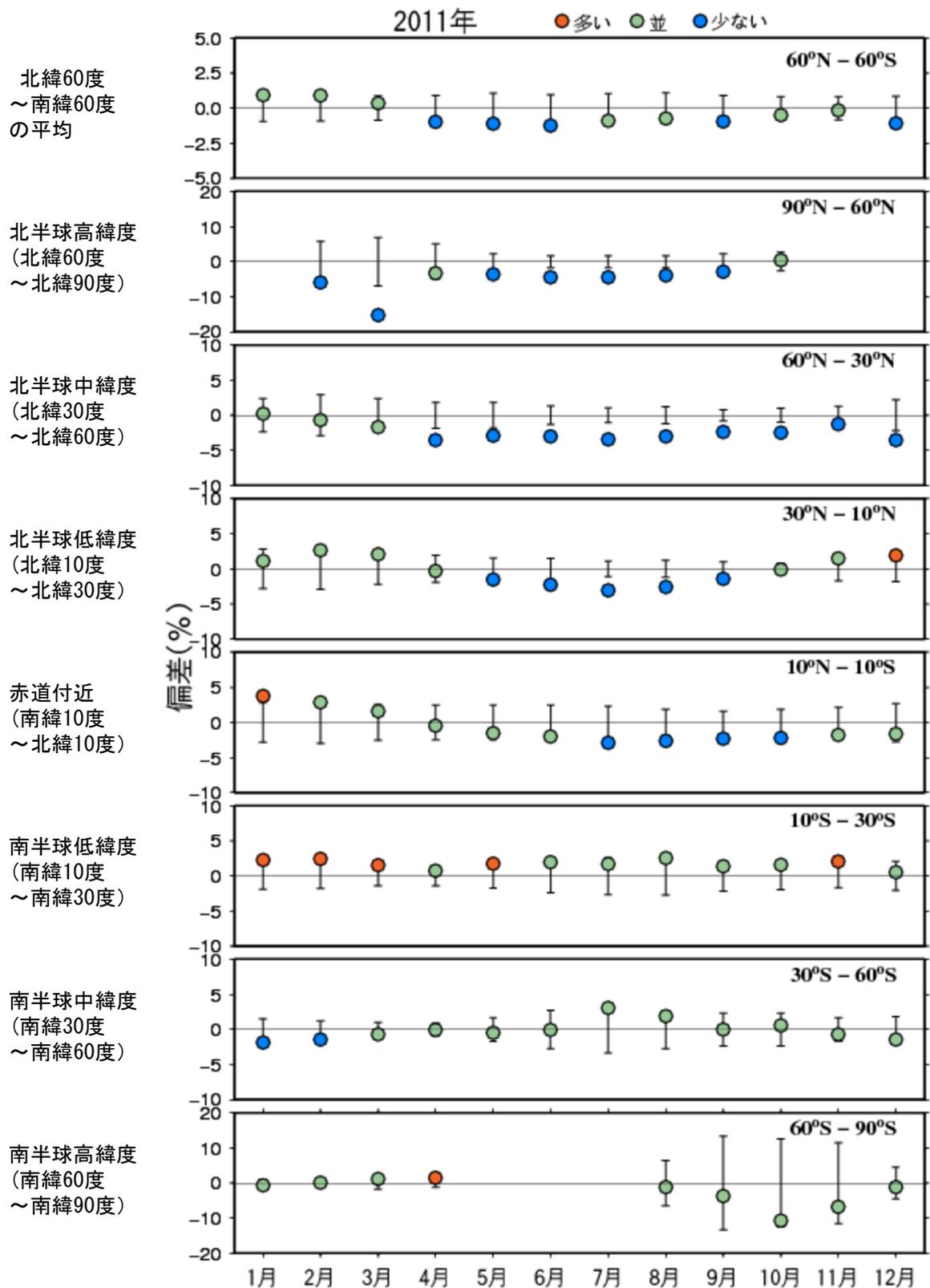


図 I 1-3 : 緯度帯別のオゾン全量月平均値偏差 (2011年)

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度以上の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。

## 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、2011 年のオゾン全量は、1979 年と比べて世界全体で  $2.1 \pm 0.1\%$  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 2011 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  $2.1 \pm 0.1\%$  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。

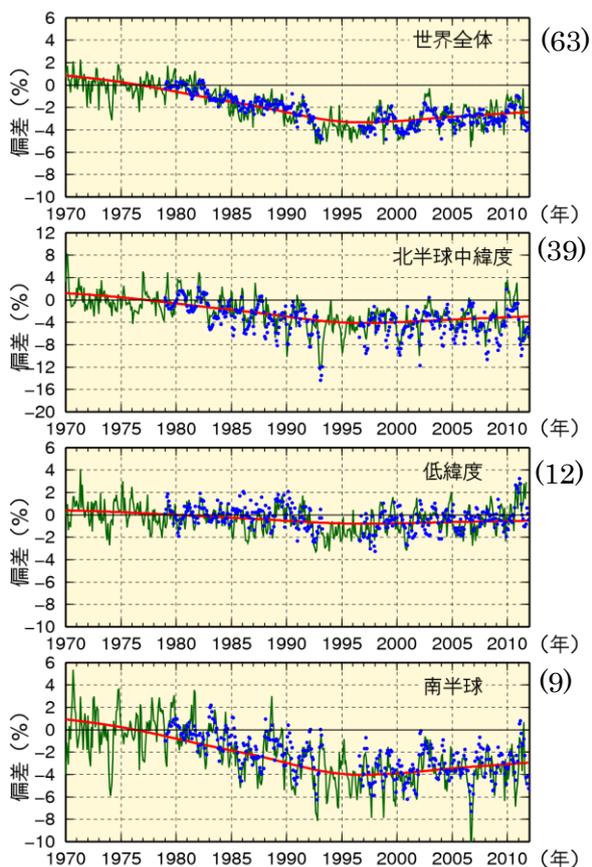


図 I 1-4: 世界のオゾン全量偏差 (%) の経年変化

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。上から世界全体 (衛星データは北緯 70 度～南緯 70 度の平均)、北半球中緯度 (北緯 30～60 度平均)、低緯度 (北緯 30 度～南緯 30 度平均)、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、2011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 1-5 上図に示す。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、1997～2011年のデータから直線回帰により求めた変化傾向を図 I 1-5 下図に示した。北緯30度～南緯50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、南北半球の低中緯度で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によると、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)、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<sup>3</sup>。

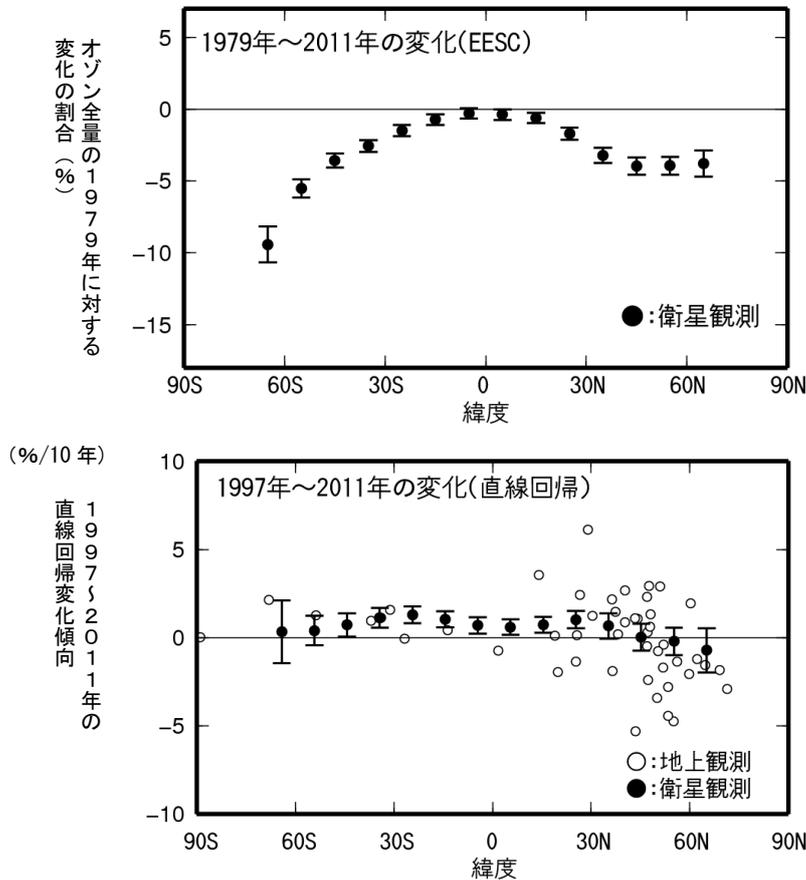


図 I 1-5：オゾン全量の長期変化傾向および最近の変化傾向の緯度帯別分布

上段：EESCフィッティングを用いて求めた2011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。

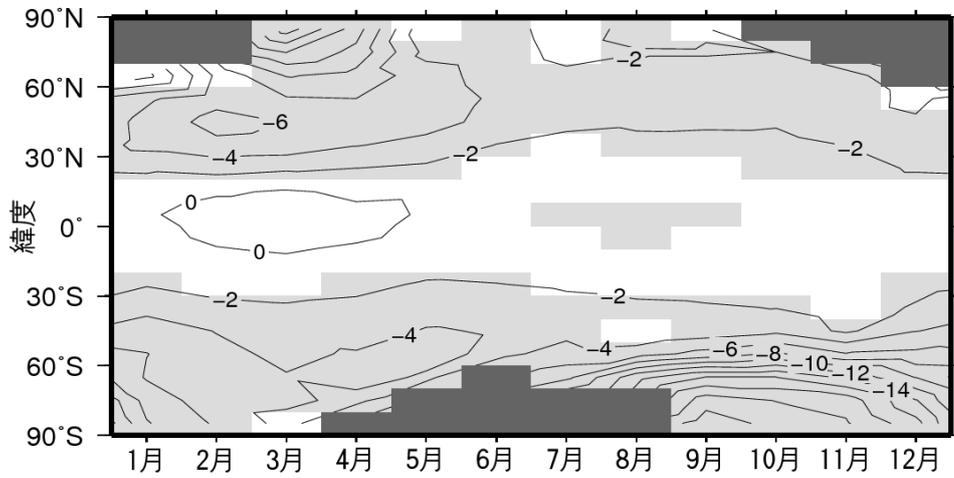
下段：1997～2011年のデータから直線回帰により求めた変化傾向(%/10年)。

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(48地点。2008年以降の観測データのない地点は除いた)およびNASA提供の衛星観測データから作成。

<sup>3</sup> 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](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、2011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見られる。



**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**

2011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。