

平成 23 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書の概要

1. オゾン層の状況

■ 地球規模のオゾン層の状況 (P12～)

地球規模のオゾン全量は 1980 年代から 1990 年代前半にかけて大きく減少したが、その後減少傾向が緩和し、1990 年代後半からはわずかな増加傾向がみられる。ただし、オゾン全量は現在も少ない状態が続いており、2011 年のオゾン全量は、1979 年に比べて世界平均で約 $2.1 \pm 0.1\%$ 少ない。

2011 年の世界のオゾン全量の分布を、長期的なオゾン全量の減少がみられなくなった近年 (1997～2006 年の平均値) の分布と比較すると、2.5%を超える正並びに負の偏差を示す地域があることが認められた。特に北半球中高緯度 (北緯 30 度～北緯 90 度) で 1997～2006 年の平均値からの負偏差 (%) が 5%を上回った地域もあった。これらの地域的な減少は大気循環の一時的な変動の影響が大きいものと考えられる。

■ 南極域上空のオゾン層の状況 (P19～)

南極域の春季に形成されるオゾンホールは、1980 年代から 1990 年代半ばにかけて急激に拡大したが、1990 年代後半以降では、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ている。しかし、現時点では、年々変動が大きいため、オゾンホールの規模に縮小の兆しがあるとは判断できず、南極域 (南緯 60 度～南緯 90 度) のオゾン層は依然として深刻な状況にある。

2011 年のオゾンホールの最大の面積は 9 月 12 日に観測された 2,550 万 km^2 (2010 年は、2,190 万 km^2) であり、過去 10 年間 (2001～2010 年) の平均とほぼ同程度だった。これは、オゾン層破壊の促進に関係する南極域 (南緯 60 度～南緯 90 度) 上空の低温域 (-78°C 以下) の面積が、7 月から 8 月にかけて過去の平均並で推移したことによる。その後、9 月下旬～11 月中旬まで過去 (2001～2010 年) の同期間と比べて大規模なオゾン層破壊が継続したが、この理由は、南極域上空の低温の状態が同期間続いたため極渦が強く、中低緯度 (南緯 60 度～0 度) からのオゾン濃度の高い空気塊の流入が妨げられたためと考えられる。

■ 北半球高緯度域のオゾン層の状況 (P26～)

北半球高緯度域 (北緯 60 度～北緯 90 度) では気象条件によるオゾン全量の年々変動が大きいため、長期的な変化傾向は見えにくいものの、1990 年代以降はそれ以前に比べ顕著に少ない年が多い。

2011 年春季の北半球高緯度域上空では、過去最大規模のオゾン層の破壊が観測された。特に極渦内では、1 月から 3 月末までで高度 18～20km での化学的なオゾン破壊は約 80%に達した。これはオゾン層破壊促進に関係する北半球高緯度域の低温域 (-78°C 以下) の面積の大きい状況が例年と比べて長期間継続し、オゾン破壊反応が進行しやすい状況にあったことや過去最大の強さの極渦が中低緯度 (北緯 60 度～0 度) からのオゾン濃度の高い空気塊の流入を妨げたことによると考えられる。

■ 日本上空のオゾン層の状況 (P29～)

札幌・つくば・那覇及び南鳥島で観測された日本上空のオゾン全量は、札幌とつくばにおいて主に 1980 年代を中心に減少傾向がはっきり現れており、また、1990 年代後半以降には各地点とも増加傾向が見られる。

2011 年の日本上空のオゾン全量は、1994～2008 年の平均値と比べると、札幌では 1 月と 12 月は多く、7 月は少なかった。つくばでは 3 月に多く、7 月と 9 月は少なかった。那覇では 2 月に多かった。南鳥島では、11～12 月に多く、8 月は少なかった。特に札幌とつくばの 7 月は、その月として観測開始以来 2 番目に少なかった。札幌とつくばの 7 月のオゾン全量が特に少なかった要因として、① 北半球中緯度 (北緯 30 度～北緯 60 度) 全体で春季以降、オゾン全量が少ない状況が継続しており、中緯度全体としてオゾン全量が少なめであったこと、② 7 月前半を中心に、本州以北に低緯度 (北緯 30 度～0 度) からのオゾンの少ない空気塊が移流したことが考えられる。

■ オゾン層の将来予測 (P35～)

モントリオール議定書の科学評価パネル報告書に報告されている数値モデル予測の多くの結果は、オゾン層の回復時期は南北両半球で異なり、南半球の回復は北半球に比べてやや遅れると予想している。オゾン全量が 1960 年レベルまで回復する時期は、北半球では中・高緯度域（北緯 35 度～北緯 90 度）で 2030 年頃、また、南半球中緯度（南緯 35 度～南緯 60 度）では 2055 年頃と予測されている。一方、南極域（南緯 60 度～南緯 90 度）の回復はほかの地域よりも遅く、1960 年レベルに戻るのには 21 世紀末になると予測されている。また、数値モデル予測からは、オゾン層の回復には、温室効果気体の増加による成層圏の低温化並びに気候変化に伴う大気循環の変化が影響を与えることが示唆された。

2. 特定物質等の大気中濃度

■ 特定物質等の大気中バックグラウンド濃度の状況（P77～）

北半球中緯度域（北緯 30 度～北緯 60 度）の平均的な状況を代表するような国内の観測地点（北海道内など）において、それまで増加し続けてきた特定物質（オゾン層保護法に基づき生産等が規制されているフロン等）のうち、CFC-12 の大気中濃度は 1990 年代後半以降最高濃度でほぼ横ばいであったが 2006 年頃から減少し始めている。CFC-11、CFC-113、四塩化炭素の大気中濃度は 1990 年代半ば以降、約 1%/年の割合で減少している。大気中での寿命の短い 1,1,1-トリクロロエタンの大気中濃度は急速に減少している。

ハロン-1211 の大気中濃度は 2000 年代に入って増加傾向が鈍化し、近年は減少に転じた。しかし、ハロン-1301 については、現在も引き続き増加している。

HCFC-22、HCFC-141b、HCFC-142b 及び HFC-134a の大気中濃度は近年急速に増加している。特に HFC-134a の増加率は約 7%/年で極めて大きい。

■ 日本の都市域における大気中濃度の状況（P90～）

日本の都市域の代表例として川崎市内で連続測定した CFC-11、CFC-12、CFC-113、四塩化炭素、1,1,1-トリクロロエタンの大気中濃度は、次第に変動幅が小さくなり、北海道における大気中濃度とほとんど変わらなくなっている。変動幅の縮小や濃度の低下には、日本における生産の全廃及び排出抑制等が進んだ結果が反映されていると考えられる。

一方で、HCFC-22、HCFC-141b 及び HFC-134a は頻繁に高い濃度で検出されているが、このことは、これらの物質は現在も多方面で利用されていることや、過去に製造・充填された機器装置等から大気中に放出されていることが反映されていると考えられる。

■ 特定物質の大気中濃度の将来予測（P94～）

オゾン層を破壊する CFC の生産と消費は、モントリオール議定書に基づいて先進国では 1995 年末までに、途上国では 2009 年末までに全廃されたが、大気中寿命が非常に長いため、今後、CFC の大気中濃度は極めてゆるやかに減少していくと予測されている。一方、CFC と比べるとオゾン層破壊係数の小さい HCFC については、同議定書の規制スケジュールに従って生産・消費の削減が進められている途中段階にあり、HCFC の大気中濃度は引き続き増加するが、今後 20～30 年でピークに達し、その後減少すると予測されている。

■ 特定物質の大気中濃度とオゾン層（P35～）

特定物質の大気中濃度は、1990 年代半ばにピークに達し、その後緩やかに減少しつつあるが、南極域（南緯 60 度～南緯 90 度）でオゾンホールが観測され始めた 1980 年頃に比べて依然かなり高い状況にあるため、成層圏オゾン層の状況が改善されるためには、これらの物質の濃度が更に低下することが必要である。

3. 太陽紫外線の状況

■ 太陽紫外線の影響（P115～）

紫外線は、核酸などの重要な生体物質に損傷をもたらす、光老化や皮膚がんの増加、白内障の増加、

免疫抑制など人の健康に影響を与えるほか、陸域、水圏生態系に悪影響を及ぼす。成層圏オゾン層の破壊により有害な紫外線（UV-B）の地上への照射量が増大すると、それらの悪影響が増大することが懸念される。

■ 日本国内の紫外線量の経年変化（P133～）

北半球中緯度（北緯 30 度～北緯 60 度）のいくつかの観測点では、地表に到達する紫外線は 1990 年以降増加している。国内の紫外線観測地点（札幌・つくば・那覇）の紫外線量について気象庁が計測を開始した 1990 年代初めからの経年変化をみると、3 地点とも増加傾向がみられるが、統計的に有意に増加しているのは札幌とつくばである。なお、那覇では、1990 年代に増加した後、2000 年代以降は変化傾向がみられなくなった。こうした傾向は、上空のオゾン量の変化に関連するというよりは、雲量やエアロゾル量の変化による影響と考えられるが、紫外線量の増加に対してそれぞれの程度寄与があるのか明らかではない。

■ 南極域における紫外線の状況（P131～）

南極昭和基地における紅斑紫外線量（人の皮膚に影響を及ぼす紫外線の度合を示す）日積算値の 2011 年の月平均値は、オゾンホール消滅期にあたる 12 月で観測開始（1991 年 2 月）以来 2 番目に高く、それ以外の月は 1994～2008 年の平均値並かそれより高かった。オゾン全量は、2011 年 10 月は 1994～2008 年の平均値を超える時期が多く、それに対応して紅斑紫外線量日積算値は累年平均値（1994 年から 2008 年までの平均値）より低かった。11 月から 12 月半ばまで、オゾン全量は累年平均値よりも少ない時期が多く、その時期の紅斑紫外線量日積算値は累年平均値より高かった。

■ 太陽紫外線の将来予測（P135～）

晴天条件での紫外線量はオゾン全量に依存する。そのため、オゾン層破壊の影響により、現在の晴天時の紅斑紫外線量は、引き続き高い状況が続いていると思われる。オゾン層の回復が期待される中で、今後の晴天時の紫外線量は、北半球中高緯度（北緯 30 度～北緯 90 度）では、2020 年代には 1980 年レベルの紫外線量に戻ると予想されている。一方、南半球では 1980 年レベルの紫外線量に戻るのには北半球よりやや遅れ、更に南半球高緯度（南緯 60 度～南緯 90 度）では今世紀半ばになると予想されている。なお、紫外線量は雲量、エアロゾル、気候変化の影響も強く受けるため、紫外線量の今後の変化予測には大きな不確実性がある。