

# 概要

## 1. オゾン層の状況

### ■地球規模のオゾン層の状況（P13～）

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 1970 年代と比べて現在も少ない状態が続いている。

2016 年の年平均オゾン全量の地球規模の分布を、オゾン量の減少傾向が止まり、オゾン量がほぼ一定であった 1997～2006 年の平均値の分布と比較すると、南北両半球の高緯度と赤道付近で正偏差、それ以外の南北両半球の低緯度と中緯度で負偏差となった。特にロシア北西部の負偏差と南半球高緯度の正偏差は顕著であった。

2 月のロシア北西部の大きな負偏差は、この時期に北半球高緯度で起きた比較的規模の大きなオゾン破壊によるものである。また、南半球高緯度での 9～11 月の大きな正偏差は、例年に比べて南極オゾンホールが発達が遅れ、最盛期となる 10 月にオゾン破壊が少なく、また、消滅時期が早かったことから、期間を通じてオゾンホールの規模が例年と比べて同程度かやや小さく推移したことが要因として考えられる。

### ■南極域上空のオゾン層の状況（P21～）

南極域（南緯 60 度～南緯 90 度）の春季に形成されるオゾンホールの規模は、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、年々変動による増減はあるものの、長期的な拡大傾向は見られなくなった。しかし、その規模は依然として大きい状態が続いている。

2016 年のオゾンホールの最大面積は 9 月 28 日に観測された 2,270 万 km<sup>2</sup>（南極大陸の約 1.6 倍）であり、過去 10 年間（2006～2015 年）の最大面積の平均値と同程度の大きさであった。10 月中旬から、急速に縮小し、11 月 22 日に消滅した。10 月中旬以降の面積は、最近 10 年間と比較して小さく、消滅時期も半月程度早かった。2016 年のオゾンホールの消滅時期は、極渦が長期間安定し消滅時期がかなり遅かった 2015 年に比べて 1 か月程度早く、その要因として極渦の偏在化が考えられる。

### ■北半球高緯度域のオゾン層の状況（P30～）

北半球高緯度域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。

2016 年春季の北半球高緯度域上空では、2 月中旬から 3 月上旬にロシア北部を中心にオゾン全量が 280 m atm-cm 以下の非常に少ない領域が広く存在していたが、3 月中旬以降では、280 m atm-cm 以下の領域はほとんど観測されていない。それは、2015 年冬季から 2016 年春季には、北半球高緯度の上空において、平均値を大きく下回る気温が長期間継続したことにより、大規模なオゾン層の破壊が起きたためと考えられる。

### ■我が国におけるオゾン層の状況（P33～）

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 1980 年代から 1990 年代半ばまで減少傾向が現れていた。1990 年代後半以降には各地点とも増加傾向が見られたが、2016 年は近年の増加傾向と異なり、4 地点全てで大きく減少した。

2016 年の日本上空のオゾン全量の月平均値は、1994～2008 年の平均値と比べ、札幌、つくば、南鳥島では全般に平均値に近かったが、那覇では 6 月から 10 月にかけて少ない月が多かった。つくばと那覇では 10 月にその月として観測開始（つくばは 1957 年、那覇は 1974 年）以来最低値となった。

### ■オゾン層の将来予測（P37～）

数値モデル予測によると、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されている。オゾン全量が 1960 年（人為起源のオゾン層破壊物質による大規模なオゾン層破壊が起こる前）レベルまで回復する時期は、北半球の中・高緯度域で 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、温室効果ガス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の循環の変化が影響を与えることが示唆されている。

## 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（P87～）

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。一方、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 1990 年代以降急速に減少した。

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 は約 2%/年の割合で増加している。また、HFC-134a の増加率は約 5%/年で極めて大きい。HCFC-141b、HCFC-142b は、調査開始以来増加し続けていたが、近年その増加はゆるやかになり、2014 年以降は濃度の明瞭な増加は認められない。

### ■ 日本の都市域における大気中濃度の状況（P104～）

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るとともに、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、HCFC-142b 及び HFC-134a は、近年やや放出量が減少する傾向を示しているものの、依然として頻繁に高い濃度で検出されている。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（P109～）

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る。

## 3. 太陽紫外線の状況

### ■紫外線の概要（P8、P129～）

オゾン層は、太陽から地球にやってくる紫外線のうち、UV-C（200～280nm）のすべてと UV-B（280～315nm）のほとんど（約 90%）を吸収する。これらは有害紫外線と呼ばれる。しかし波長が長い UV-A（315～400nm）は吸収しない。地表面に生物が生存できるのは、このオゾン分子が地表面から離れた高度領域にオゾン層として存在し、UV-B、UV-C に対するシールドとして働いているおかげである。

地表で観測される紫外線は、オゾン全量その他、太陽高度、雲の状況、エアロゾルの量、地表面の反射率、海拔など、様々な要因によって変動する。また、それらの影響は波長によって異なる。

UV-B は、核酸などの重要な生体物質に損傷をもたらし、皮膚の光老化や皮膚がん発症率の増加、さらに白内障発症率の増加、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 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。

紅斑紫外線は、人体に及ぼす影響を示すために、波長によって異なる影響度で重み付けして算出した紫外線量である。

### ■南極域の太陽紫外線の状況（P144～）

南極昭和基地における紅斑紫外線量日積算値の 2016 年の月平均値は、1～4 月は 1994～2008 年の平均値よりも高く、特に 1 月は観測開始（1993 年）以来第 3 位の高い値となった。9 月、11～12 月は平均値と同程度であった。

2016 年の紅斑紫外線量日積算値は 11 月は上旬に多く中旬と下旬に少なく、12 月は同程度かやや少なく推移した。紅斑紫外線量日積算値が多い 11～12 月の推移は、オゾン全量の変動とよく対応した逆相関を示している。

### ■日本国内の紫外線量の経年変化（P147～）

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）の紅斑紫外線量について、気象庁が観測を開始した 1990 年代初めからの経年変化をみると、3 地点とも統計的に有意に増加している。増加の特徴として、札幌では 1990 年代半ばから 2000 年代に増加し、つくばでは 1990 年代に増加がみられ、また 2010 年以降は紅斑紫外線量が多い年が続いている。なお、那覇では、1990 年代に増加傾向が見られたが、2000 年以降目立った増加はみられない。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。

### ■太陽紫外線の将来予測（P149～）

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（オゾンホールが顕著に現れ始めた年）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、さらに南極域（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。