

# 概要

## 1. オゾン層の状況

### ■地球規模のオゾン層の状況（P17～）

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。

2019 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、南北両半球の中緯度と高緯度で正偏差となり、それ以外の南北両半球の赤道付近と低緯度で負偏差となった。その中で、南半球高緯度の正偏差は特に顕著となった。

世界の月平均オゾン全量偏差の分布を月毎に見ると、北半球では、1 月から 3 月の太平洋北東部から北アメリカ大陸北部にかけてと、北アメリカ大陸南部から大西洋北西部にかけて -10%以上の負偏差がみられた。一方+10%を超える正偏差は、1 月から 4 月のユーラシア大陸北部などでみられた。また、南半球では、7 月、8 月に南太平洋から南アメリカ大陸南部にかけて -10%以上の負偏差が、インド洋南部で+20%以上の正偏差がみられた。例年南極オゾンホールが発達する 9 月以降は、主に高緯度で正偏差が広がり、特に 9 月から 11 月は+40%以上となった。これは南極オゾンホールの規模が例年よりかなり小さく推移したことが要因である。

### ■南極域上空のオゾン層の状況（P25～）

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 年代半ば以降では、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。

2019 年は近年のオゾンホールの状況に比べて極めて特異的な年であった。オゾンホールは 8 月中旬に発生し、その面積は 8 月中は拡大したものの、例年に比べて急激な拡大は見られなかった。最大面積は 9 月 7 日に観測され、その大きさは 1,100 万 km<sup>2</sup> で、南極大陸の約 0.8 倍に止まった。その後、最近 10 年間の平均値と比べると最も小さい状態で推移しながらその規模を保っていたが、10 月下旬から急速に縮小し、11 月 10 日に消滅した。2019 年は、8 月末に南極上空で成層圏突然昇温が発生し、極渦内部の高度約 20km 付近で気温の高い状態が続いたため、オゾン層破壊を促進させる極成層圏雲が形成される領域が例年に比べて限定的となり、その結果オゾンホール特有の化学反応によるオゾン層破壊の進行が抑制されたことに加え、極渦が弱かったことによりオゾンホールの外側から高濃度オゾンが流入したことなどの気象状況を主な要因として、オゾンホールの面積の拡大が抑えられたと考えられる。また、10 月下旬に極渦がさらに弱まったことで、オゾンホールの消滅が早まったと考えられる。

### ■北半球高緯度域のオゾン層の状況（P36～）

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。

2019 年 3 月のオゾン全量偏差分布は、北半球高緯度の広い地域で大きな正偏差となった

が、北アメリカ大陸北部では負偏差となった。2018年7月～2019年6月の北半球高緯度の下部成層圏（北緯60度以北50hPa面）における最低気温は、12月中旬まで累年平均値と同程度で推移したが、12月下旬から急激に高くなり（成層圏突然昇温）、3月上旬まで概ね累年平均値より高く推移した。このことが、北半球高緯度の広い地域での正偏差となったことの要因と考えられる。一方、北アメリカ大陸北部の負偏差域は、対流圏界面高度が高かったことが要因と考えられる。北半球高緯度の下部成層圏の気象状況から判断して、2019年の北半球では顕著なオゾン破壊は起こらなかったと考えられる。

#### ■我が国におけるオゾン層の状況（P39～）

札幌・つくば・那覇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年代はじめまで減少した後、緩やかな増加傾向がみられる。また、那覇では1990年代半ば以降、緩やかな増加傾向が見られていたが、近年はオゾン全量が少ない年が続いている。

2019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、札幌では、1月に少なく6月に多くなった。つくばでは1、2、8、9月に少なく、観測開始（1957年）以来、1月はその月として3番目に少なく、2月はその月として1番目に少なく、9月はその月として2番目に少ない値となった。一方、5月と6月は多かった。那覇では、1、2、3、7、9月に少なく、観測開始（1974年）以来、2月はその月として過去最低となり、9月はその月として3番目に少ない値となった。これらは、対流圏界面の高度の高低による影響に加え、2019年の赤道付近を除く低緯度帯では、QBOの位相に対応していることが主な要因として考えられる。

#### ■オゾン層の将来予測（P43～）

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（P98～）

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。このうち CFC-11 については、国内での観測や国際機関による観測で 2014 年頃から濃度の減少に鈍化が認められる。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。ハロン-1301 については、増加し続けていたが、近年その増加はゆるやかになり、2015 年以降は濃度の明瞭な増加は認められない。

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。

また、2018 年にオゾン層保護法が改正され、「特定物質代替物質」として HFCs が新たに規制されることとなったことを受けて、本年度から HFCs の観測結果を掲載している。

### ■日本の都市域における大気中濃度の状況（P116～）

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きている。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 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。HFC-134a においても、2010 年頃まで検出されていた高濃度イベントは最近ではその頻度・強度は低下している。一方で、2011 年頃から濃度の中央値及び 20%値に明瞭な増加傾向が認められ、濃度の中央値は北海道でのバックグラウンド濃度に比べて依然として高い。

### ■特定物質の大気中濃度の将来予測（P121～）

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、先進国の生産・消費は 2020 年をもって全廃されたが、途上国においては生産・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 10～20 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（P9、P145～）

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に対するシェルター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（P162～）

2019年の紅斑紫外線量日積算値は9月以降、平均値（1994～2008年）よりかなり少なくな推移し、12月中旬以降は並みとなった。これは、概ねオゾン全量の変動とよく対応した逆相関を示している。

南極昭和基地における紅斑紫外線量日積算値の2019年の月平均値についてみると、8～11月は観測を開始した1993年以来その月として最小値となった。これは、オゾン全量が多かったことと日照時間の寡少が要因である。

### ■日本国内の紫外線量の状況と経年変化（P164～）

2019年の紅斑紫外線量日積算値は、つくばでは1月、3～5月、9、11月に多く、特に1、9、11月は1990年の観測開始から2番目に多い値となった。これは日照時間が例年より長かったことに加え、1、9月は上空のオゾン全量が例年より少なかったことも要因である。

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、札幌、つくばでは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年代に顕著に増加している。つくばでは1990年代に顕著に増加がみられる。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ど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（P166～）

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。