

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。

2018 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、北半球ではアラスカ、北太平洋付近等の負偏差を除いて、広い地域で正偏差となり、特にグリーンランド付近では +5%以上となった。

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、-10%以上の負偏差がみられたのは、2月の太平洋北東部から北アメリカ大陸北部にかけてと、3月の太平洋北部やユーラシア大陸北部であり、+10%を超える正偏差がみられたのは、2月のユーラシア大陸北部や3月の大西洋北部などであった。また、南半球では、4月以降、中緯度の広い地域で正偏差となった。南極オゾンホールが発達する9月以降は、主に高緯度で負偏差が広がり、特に10月は南極大陸の太平洋側を中心に-20%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大き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。

2018 年のオゾンホールは 9 月 20 日に最大面積 2,460km²（南極大陸の約 1.8 倍）を観測した。またオゾン欠損量は 9 月中旬から 11 月中旬まで、最近 10 年間（2008～2017 年）の平均値より大きく推移し、9 月 28 日に年最大値となる 8,300 万トン記録した。2018 年は、成層圏の高度約 20km 付近の気温が低く、オゾン層破壊を促進させる極成層圏雲が例年より発達したことが要因と考えられる。

2018 年は、下部成層圏気温が例年より低く、大規模なオゾン層破壊が進行する気象状況であったが、1990 年代半ばから 2000 年代半ばほどの規模には拡大しなかった。これは、大気中のオゾン層破壊物質の濃度が減少しているためと考えられる。

■北半球高緯度域のオゾン層の状況（P35～）

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。

2018 年 2 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り、太平洋北東部から北アメリカ大陸北部にかけては -10 %以上の負偏差となった。この偏差の分布は、2月上旬から中旬にかけて、極渦が北アメリカ大陸付近に長く位置したことが要因となっている。-10 %以上の負偏差域については、北アメリカ大陸付近は概ね極渦内のオゾン量が少ない領域と対応しているが、太平洋東部においては加えて対流圏界面高度が高かったことも要因と考えられる。この負偏差域は、極渦の偏在により極域から離れた地域で

みられた。北半球高緯度の下部成層圏の気象状況から判断して、2018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（P38～）

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年代半ばまで減少した後、緩やかな増加傾向がみられる。また、那覇では2000年以降、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。

2018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、2月に観測開始（1958年）以来、その月として3番目に多く、7月はその月として2番目に少ない値となった。2月は寒気の移流とともに高緯度側から例年よりも多くのオゾンが日本付近に流れこんだことが要因であり、7月は対流圏界面の高度が高かったことが主な要因として考えられる。2月はオゾン層破壊が顕著に現れる以前の期間（1980年以前）を除くと最も多い値となった。つくばでは2月と4月に多く、8、10、12月に少なかった。これらは、対流圏界面の高度の高低やQBOの位相の転換に伴い低緯度からのオゾンの流入が増減したことなどが主な要因として考えられる。那覇では、観測開始（1974年）以来、3月はその月として3番目に多く、4月はその月として2番目に多く、12月はその月として3番目に少ない値となった。2018年の赤道付近を除く低緯度帯では、QBOの位相に対応して8月頃まで正偏差が継続し、以降は徐々に負偏差に変化しており、これが主な要因と考えられる。

■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 (P95～)

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。

■ 日本の都市域における大気中濃度の状況 (P113～)

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 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 (P118～)

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（P9、P139～）

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（P155～）

2018年の紅斑紫外線量日積算値は8月以降、平均値（1994～2008年）付近で推移しているが、11月上旬から中旬はかなり多くなり、11月下旬以降は少なくなった。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2018年の月平均値についてみると、2月は観測を開始した1993年以来最小値となった。これは、2月の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（P157～）

2018年の紅斑紫外線量日積算値は、つくばでは4～8月、10、11月に多く、特に7月は1990年の観測開始から3番目に多い値となった。4～8月は日照時間が例年より長かったことに加え、7月と8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。また、年を通して少ない月はなく、年平均値は観測開始から3番目に多い値となった。

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（P159～）

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。

