

## 用語解説

**渦位**：渦の強さを表す量。断熱変化で等温位面に沿った移動では渦位が保存量となるため、空気塊の追跡などに用いられる。

**オゾン全量**：地表から大気圏上端までの気柱に含まれる全てのオゾンを積算した量。仮に大気中のオゾンを全て1気圧、0°Cとして地表に集めたときに、オゾンだけからなる層の厚みをセンチメートル単位で測り、この数値を1000倍したもので、単位は  $\text{m atm}\cdot\text{cm}$ （ミリアトムセンチメートル）または DU（Dobson Unit; ドブソン単位）である。地球全体の平均的なオゾン全量は約  $300 \text{ m atm}\cdot\text{cm}$  で、これは地表で約  $3 \text{ mm}$  の厚さに相当する。

**オゾン層破壊物質**：成層圏オゾンを破壊する物質であり、通常、「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」によりその生産等が規制されている物質を指す。主要なものとして、クロロフルオロカーボン類（CFC-11、CFC-12、CFC-113 など。これを日本では一般に「フロン」と呼ぶ場合がある）、四塩化炭素、ハイドロクロロフルオロカーボン類（HCFCs）、1,1,1-トリクロロエタン、塩化メチル、ハロン類、臭化メチルなどがある。また、これらのオゾン層破壊物質は温室効果ガスでもある。

**オゾン分圧**：ある高さにおける大気の圧力すなわち気圧は、大気を構成する窒素、酸素、アルゴン等それぞれの気体成分の圧力すなわち分圧の総和であり、その中でオゾンが占める圧力をオゾン分圧という。通常  $\text{mPa}$ （ミリパスカル）で表す。

**オゾンホール**：南極上空のオゾン量が極端に少なくなる現象で、オゾン層に穴のあいたような状態であることから名づけられた。南半球の冬季から春季にあたる8~10月ごろに発生発達し、11~12月ごろに消滅するという季節変化をしている。

**オゾンホールの規模**：オゾンホールの規模を定量的に表現するための世界的に統一された尺度はないため、気象庁では解説の便を考慮して、オゾンホールの状況を表す指標として、南緯45度以南における次の要素を定義し、人工衛星による観測資料を用いてこれらを算出し、公表している。

**オゾンホールの面積**：オゾン全量が  $220 \text{ m atm}\cdot\text{cm}$  以下の領域の面積（単位： $\text{km}^2$ ）。オゾンホール発生以前には広範囲に観測されなかったとされるオゾン全量が  $220 \text{ m atm}\cdot\text{cm}$  以下の領域の面積であり、オゾンホールの広がりを目安を与える量。

**最低オゾン全量**：オゾンホール内のオゾン全量の最低値（単位： $\text{m atm}\cdot\text{cm}$ ）。オゾンホールの深まりの目安を与える量。

**オゾン欠損量(破壊量)**：南緯45度以南のオゾン全量を  $300 \text{ m atm}\cdot\text{cm}$ （オゾン全量の全球平均値）に回復させるために必要なオゾンの質量（万トン単位）。オゾンホール内で破壊されたオゾンの総量の目安を与える量。

**極域成層圏雲（PSCs）**：PSCsは Polar Stratospheric Clouds の略で、極域上空の成層圏気温が $-78^\circ\text{C}$ 以下に低下した際に、硝酸や水蒸気から生成される雲である。通常、クロロフルオロカーボン類から解離した塩素の大部分は、下部成層圏ではオゾン層を破壊する作用のない塩素化合物の形で存在しているが、極域成層圏雲の表面での特殊な化学反応（不均一反応）により、塩素ガスとして大気中に大量に放出される。この塩素ガスに太陽光線が射すと、活性な塩素原子が放出され、オゾンの破壊が急激に進行する。オゾンホールの生成などには、この極域成層圏雲の発生が大きく影響する。

気象庁ホームページ「オゾン層について」も参照のこと。

<http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/ozonehp/3-10ozone.html>

**極渦（極夜渦）：**、北極および南極上空にできる、大規模な気流の渦のこと。極域上空の成層圏では、太陽光が射さない冬季（極夜）の間に、極点を中心として非常に気温の低い大気の渦が発達し、これを極渦あるいは極夜渦という。

**紅斑紫外線量・UV インデックス：**太陽光に含まれる紫外線を継続的に浴びると、皮膚が赤くなる（紅斑）などの変化が起きる。これが長年にわたって繰り返されると、皮膚ガンや白内障の発症率の増加など健康に悪影響を与えることが知られている。紅斑紫外線量は、人の皮膚に及ぼす影響を示すために、波長によって異なる影響度を考慮して算出した紫外線量である。なお、紅斑紫外線量を、日常生活で使いやすい簡単な数値とするために、指標化したものが UV インデックスである。波長別紫外線強度から紅斑紫外線量・UV インデックスを算出する方法は、気象庁ホームページ「UV インデックスを求めるには」

[http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/uvhp/3-51uvindex\\_define.html](http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/uvhp/3-51uvindex_define.html) を参照のこと。

**参照値：**オゾン・紫外線の変動を表すための基準として用いる一定期間の累年平均値。地上気温などほかの気象要素が 1981～2010 年の 30 年間平均を「平年値」としていることに対し、オゾン・紫外線は下記のとおり期間や年数が通常の「平年値」と異なることから「参照値」と称している。本報告書では、世界平均のオゾン量の減少傾向が止まり、オゾン量が少ない状態で安定していた 1994～2008 年の平均をオゾン量の参照値としている。紫外線量の参照値についても、オゾン量の変動と比較しやすいようにオゾン量と同じ期間とした。なお、1994～2008 年の期間でデータの一部が存在しない要素については、参照値期間が短くなっている。本報告書における参照値は必要に応じて該当箇所で示すが、主なものは以下のとおり。

**オゾン全量・オゾン分圧：**地上観測のオゾン全量およびオゾンゾンデ観測の参照値は、基本的に 1994～2008 年の累年平均値である。

**衛星観測によるオゾン全量：**アースプローブ衛星およびオーラ衛星（ただし OMI ver.8 のデータ）による 1997～2006 年の累年平均値。

**紫外線量：**1994～2008 年の累年平均値。

**等価緯度：**等渦位線で囲まれた領域の面積を示す指標。ある渦位の等値線で囲まれる領域（内部の渦位が大きい）の面積が、極を中心とした緯度線で囲まれた面積と等しくなる時の緯度を、その渦位に対する等価緯度とする。等価緯度は、極渦の境界線の位置を定量的に把握するための解析に用いられるが（Nash et. al, 1996）、第 I 部4-2節では、簡便な方法として、等価緯度北緯63度（領域面積が北緯63度以北の面積となる渦位）を春季の極渦の境界としている（Müller, 2008）。

**反転観測：**上空のオゾン量の鉛直分布を測定する観測方法の一つ。ドブソンオゾン分光光度計あるいはブリュワー分光光度計を用いて、天頂光の強度比を連続観測すると、太陽高度角が低くなるに従って2つの波長の強度比は初め増加し続けるが、途中から減少し始める。この強度比の変化の様子を「反転」呼び、反転現象を観測することを反転観測と呼ぶ。反転の様子はオゾン量の鉛直分布により異なるため、大気を高度別にいくつかの層に分けた層別のオゾン量を求めることが可能である。

**不均一反応**：気体分子が固体または液体の表面で起こす反応など、異なる相の間で起こる化学反応。不均一相反応、異相反応ともいう。極域では極域成層圏雲の、また中緯度帯においては成層圏の硫酸エアロゾルの表面で起きる不均一反応が、下部成層圏でのオゾン破壊に重要な役割を果たしている。

気象庁ホームページ「南極でオゾンホールが発生するメカニズム」も参照のこと。

[http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/ozonehp/3-22ozone\\_o3hole\\_mechanism.html](http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/ozonehp/3-22ozone_o3hole_mechanism.html)

**偏差 (%)**：偏差に (%) を付けて表現している場合、偏差（基準値からの差）を基準値で割った大きさを百分率で示している。本稿の第2章と第3章では、偏差の他に、偏差を標準偏差で割った値である規格化偏差も用いている。

**EESC**：Equivalent Effective Stratospheric Chlorineの略で、等価実効成層圏塩素のこと。成層圏における臭素と塩素のオゾン破壊能力に関する標準化された指標であり、オゾン層破壊物質の濃度の指標。クロロフルオロカーボン類（CFC類）の過去の放出量や地上での観測結果と、モデル計算に基づく成層圏での分解割合に基づき算出されている。

気象庁の長期トレンド解析に用いているEESCについては、「オゾン層観測報告：2010」の「解説2 等価実効成層圏塩素（EESC）」を参照のこと。

**ERA-40**：ヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）で作成された対象期間約45年（1957～2002年）の大気再解析プロジェクトのこと。このプロジェクトで作成されたデータセットを指す場合もある。（Uppala *et al.*, 2005）

**JCDAS**：JMA Climate Data Assimilation Systemの略で、気象庁の気候データ同化システムのこと。JRA-25と同等の全球数値解析予報システムを用いてリアルタイムの気候データを作成している。

**JRA-25**：Japanese Re-Analysis 25 yearsの略で、対象期間1979～2004年の日本で行われた大気の大気長期再解析プロジェクトのこと。気候の推移を正確に把握することを目的とし、季節予報モデルの高度化や気候研究のための高精度の気候データセットを気象庁と財団法人電力中央研究所の共同研究として作成した。このデータセットのことを指す場合もある。（Onogi *et al.*, 2005）

**NCEP-NCAR**：NCEP (National Centers for Environmental Prediction: 米国環境予測センター) と NCAR (National Center for Atmospheric Research: 米国大気研究センター) のこと。

**NOAA/NCEP**：米国海洋大気庁（National Oceanic and Atmospheric Administration）の米国環境予測センター（National Centers for Environmental Prediction）のこと。

**QBO**：Quasi-Biennial Oscillationの略で、準2年周期振動のこと。赤道付近の成層圏で、東風と西風が約2年の周期で交互に出現する現象。気温やオゾン量にも準2年周期振動があることが知られている。QBOとオゾン全量の変動の関係については、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」でより詳細に解説している。

[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)

**WOUDC** : World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre の略で、世界オゾン・紫外線資料センターのこと。世界気象機関（WMO）の全球大気監視（GAW）プログラムの下にカナダ気象局に設立され、世界中で観測されたオゾンおよび紫外線のデータを収集、管理、提供している。

## 参考文献

- 気象庁 (2005), 異常気象レポート2005.
- 気象庁 (2006), オゾン層観測報告 : 2005.
- 気象庁 (2010), オゾン層観測報告 : 2009.
- 気象庁 (2011), オゾン層観測報告 : 2010.
- 吉松和義, 永田和彦, 坂本尚章, 藤本敏文(2005), つくば上空のオゾン変動要因について, 気象庁研究時報, 57, 81-94.
- Deshler, T., J. L. Mercer, H. G. J. Smit, R. Stubi, G. Levrat, B. J. Johnson, S. J. Oltmans, R. Kivi, A. M. Thompson, J. Witte, J. Davies, F. J. Schmidlin, G. Brothers and T. Sasaki (2008), Atmospheric comparison of electrochemical cell ozonesondes from different manufacturers, and with different cathode solution strengths: The Balloon Experiment on Standards for Ozonesondes, *J. Geophys. Res.*, D113, D04307, DOI: 10.1029/2007JD008975.
- Hadjinicolaou, P., J. A. Pyle and N. R. P. Harris (2005), The recent turnaround in stratospheric ozone over northern middle latitudes: A dynamical modeling perspective, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L12821, doi:10.1029/2005GL022476.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne and D. Joseph (1996), The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-470.
- Manney, G. L., M. L. Santee, M. Rex., N. J. Livesey, M. C. Pitts, P. Veefkind, E. R. Nash, I. Wohltmann, R. Lehmann, L. Froidevaux, L. R. Poole, M. R. Schoeberl, D. P. Haffner, J. Davies, V. Dorokhov, H. Gernandt, B. Johnson, R. Kivi, E. Kyrö, N. Larsen, P. F. Levelt, A. Makshtas, C. T. McElroy, H. Nakajima, M. C. Parrondo, D. W. Tarasick, P. von der Gathen, K. A. Walker and N. S. Zinoviev (2011), Unprecedented Arctic ozone loss in 2011 echoed the Antarctic ozone hole, *Nature*, 478, 469-475.
- Miyagawa, K., T. Sasaki, H. Nakane, I. Petropavlovskikh and R. D. Evans (2009), Reevaluation of long-term Umkehr Data and Ozone profiles at Japanese stations, *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2008JD010658.
- Müller, R., J.-U. Groöf, C. Lemmen, D. Heinze, M. Dameris and G. Bodeker (2008), Simple measures of ozone depletion in the polar stratosphere, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 251-264, doi:10.5194/acp-8-251-2008.
- NASA, (2012), SBUV (Version 8.6) MERGED TOTAL AND PROFILE OZONE DATA SETS, [http://acd-ext.gsfc.nasa.gov/Data\\_services/merged/](http://acd-ext.gsfc.nasa.gov/Data_services/merged/).
- Nash, E. R., P. A. Newman, J. E. Rosenfield and M. R. Schoeberl (1996), An objective determination of the polar vortex using Ertel's potential vorticity, *J. Geophys. Res.*, D101, 9471-9478, DOI: 10.1029/96JD00066.
- Newman, P. A., S. R. Kawa and E. R. Nash (2004), On the size of the Antarctic ozone hole, *Geophys. Res. Lett.*, 31, doi:10.1029/2004GL020596.
- Newman, P. A., J. S. Daniel, D. W. Waugh and E. R. Nash (2007), A new formulation of equivalent effective stratospheric chlorine (EESC), *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 4537-4552, doi:10.5194/acp-7-4537-2007.
- NOAA (2005), Northern hemisphere winter summary 2004-2005, [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/winter\\_bulletins/nh\\_04-05/index.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/winter_bulletins/nh_04-05/index.html).
- Onogi, K., J. Tsutsui, H. Koide, M. Sakamoto, S. Kobayashi, H. Hatsushika, T. Matsumoto,

- N. Yamazaki, H. Kamahori, K. Takahashi, S. Kadokura, K. Wada, K. Kato, R. Oyama, T. Ose, N. Mannoji and R. Taira (2007), The JRA-25 Reanalysis, *J. Meteor. Soc. Japan*, 85, 369-432.
- Rabbe, A. and S. H. H. Soren (1995), On the low ozone values over Scandinavia during the winter of 1991-1992, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 57, 367-373.
- Reinsel, G. C., E. C. Weatherhead, G. C. Tiao, A. J. Miller, R. M. Nagatani, D. J. Wuebbles and L. E. Flynn (2002), On detection of turnaround and recovery in trend for ozone, *J. Geophys. Res.*, D107, doi:10.1029/2001JD000500.
- Uppala, S. M., P. W. Kallberg, A. J. Simmons, U. Andrae, V. da Costa Bechtold, M. Fiorino, J. K. Gibson, J. Haseler, A. Hernandez, G. A. Kelly, X. Li, K. Onogi, S. Saarinen, N. Sokka, R. P. Allan, E. Andersson, K. Arpe, M. A. Balmaseda, A. C. M. Beljaars, L. van de Berg, J. Bidlot, N. Bormann, S. Caires, F. Chevallier, A. Dethof, M. Dragosavac, M. Fisher, M. Fuentes, S. Hagemann, E. Holm, B. J. Hoskins, L. Isaksen, P. A. E. M. Janssen, R. Jenne, A. P. McNally, J.-F. Mahfouf, J.-J. Morcrette, N. A. Rayner, R. W. Saunders, P. Simon, A. Sterl, K. E. Trenberth, A. Untch, D. Vasiljevic, P. Viterbo and J. Woollen (2005), The ERA-40 re-analysis, *Quart. J. R. Meteorol. Soc.*, 131, 2961-3012. doi: 10.1256/qj.04.176.
- WMO (1992), Scientific assessment of ozone depletion:1991, Global Ozone Research and Monitoring Project Report, 25.
- WMO (1998), JOSIE-1996. WMO/GAW, 130, 108pp.
- WMO (2004), JOSIE-2000. WMO/GAW, 158, 147pp.
- WMO (2011), Scientific assessment of ozone depletion:2010, Global Ozone Research and Monitoring Project Report 52.

# 謝辞

本書は、気象庁地球環境・海洋部環境気象管理官付オゾン層情報センターが作成し、内容に関する検討は、近藤洋輝 専門委員を部会長とする気候問題懇談会検討部会の協力を得た。

## 気候問題懇談会検討部会

部会長 近藤 洋輝 財団法人 リモート・センシング技術センター  
利用推進部 特任主席研究員

今村 隆史 独立行政法人 国立環境研究所 環境計測研究センター  
センター長

日下 博幸 筑波大学 計算科学研究センター 准教授

須賀 利雄 東北大学 大学院理学研究科 教授

早坂 忠裕 東北大学 大学院理学研究科 教授

渡部 雅浩 東京大学 大気海洋研究所 准教授

(敬称略)