

## 国際オゾンシンポジウム2008報告\*

中根英昭<sup>\*1</sup>・中島英彰<sup>\*2</sup>・長浜智生<sup>\*3</sup>・桑原利尚<sup>\*4</sup>  
 宮川幸治<sup>\*5</sup>・忠鉢 繁<sup>\*6</sup>・柴崎和夫<sup>\*7</sup>・水野 亮<sup>\*8</sup>  
 滝川雅之<sup>\*9</sup>・柴田清孝<sup>\*10</sup>・宮崎和幸<sup>\*11</sup>・村田 功<sup>\*12</sup>  
 佐伯浩介<sup>\*13</sup>・廣岡俊彦<sup>\*14</sup>

### 1. はじめに

オゾン研究者のオリンピック、4年に一度開催されるオゾンシンポジウム (Quadrennial Ozone Symposium: QOS) が、6月30日～7月5日にノルウェーのトロンソで開催された。国際気象大気科学連合 (IAMAS) の国際オゾン委員会 (IO<sub>3</sub>C) と欧州委員会 (EC) の共催、オスロ大学とトロンソ大学のホストで開催された。オゾンシンポジウムの歴史は1929年

にパリで開かれた “Conference on Atmospheric Ozone” に遡るとされており、1992年の米国シャーロットビルのシンポジウムが第16回と報告されている (小川ほか 1993) が、最近は「第〇回」ではなく、「Quadrennial Ozone Symposium 2008」のように表記されている。いずれにしても、Dobson らが活躍した頃からの伝統あるシンポジウムである。

トロンソ (北緯69.7度) は南極昭和基地より高緯度に位置するため、夜に電灯を点けずに次の日の発表の準備などができるという、極めてシンポジウムに好都合な環境であった。アクセスが不便で物価も高いにも拘わらず、約90件の口頭発表と約360件のポスター発表があり、約300名 (日本から18名) の参加者によって熱心に討論が行われた。

インターネットが発達する前は、オゾンシンポジウムは「4年に一度まとめてオゾン研究の情報を仕入れる」貴重な機会であった。パラレルセッションを避けて全ての講演を聴けるようにしていることも、その機会を保証してきた。2000年の札幌のシンポジウムから開催期間が1週間になったが、それまでは2週間続く大シンポジウムであった。私が初めて参加したのは1992年のシャーロットビルのシンポジウムであったが、2週間ノートを取り続け、特に気候変動と極域オゾン層破壊についてのモデル研究の結果が出始めていることに強い印象を受け、その後の研究やプロジェクト立案に大いに役立ったことを覚えている。最近では国際会議やシンポジウムの数も多くなり、「どのシンポジウムに出ようか。」と迷うことも多く、「まとめて情報を得る」という意味でのオゾンシンポジウムの意義

\* Report on the Quadrennial Ozone Symposium 2008.

<sup>\*1</sup> NAKANE Hideaki, 国立環境研究所.

<sup>\*2</sup> NAKAJIMA Hideaki, 国立環境研究所.

<sup>\*3</sup> NAGAHAMA Tomoo, 名古屋大学太陽地球環境研究所.

<sup>\*4</sup> KUWAHARA Toshihisa, 名古屋大学太陽地球環境研究所.

<sup>\*5</sup> MIYAGAWA Koji, 気象庁高層気象台.

<sup>\*6</sup> CHUBACHI, Shigeru, 気象庁気象研究所.

<sup>\*7</sup> SHIBASAKI Kazuo, 國學院大學文学部.

<sup>\*8</sup> MIZUNO Akira, 名古屋大学太陽地球環境研究所.

<sup>\*9</sup> TAKIGAWA Masayuki, 地球環境フロンティア研究センター.

<sup>\*10</sup> SHIBATA Kiyotaka, 気象庁気象研究所.

<sup>\*11</sup> MIYAZAKI Kazuyuki, 地球環境フロンティア研究センター.

<sup>\*12</sup> MURATA Isao, 東北大学大学院環境科学研究科.

<sup>\*13</sup> SAEKI Kosuke, 東北大学大学院環境科学研究科.

<sup>\*14</sup> HIROOKA Toshihiko, 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門.

が低下しているのではないかと、実は心配していた。しかし、新しい話題もあり、発表者も気合いが入っており、まとめて聞くことによる情報の「化学反応」もあって、私自身随分楽しめた。

伝統的に観測を重視したシンポジウムであり、今回も衛星、地上観測などについて3つのセッションが設けられた。印象的だったことは、南極オゾンホール内でのオゾン破壊反応において重要な  $\text{Cl}_2\text{O}_2$  の光分解の効率についての新しい実験データに関連して実験的研究にスポットライトが当てられたこと、対流圏オゾンのセッションが賑わったことであった。もちろん、気候変動とオゾン層破壊の関連、及び「オゾン層の回復」のセッションも賑わった。詳細についてはそれぞれの報告を読んで頂きたい。原則として、シンポジウムのプログラムに沿って報告している。

シンポジウム期間中に、恒例の国際オゾン委員会及びそのオープンミーティングが開かれた。まず、新しい President, Vice President, Secretary として、C. Zerefos (ギリシャ), R. Stolarski (米国), S. Godin-Beekmann (仏) が選ばれた。次に、交代する委員の投票が行われ、日本からは塩谷雅人氏 (京都大学) が新たに選ばれた。留任を含む28名の委員の内訳は、欧州12名 (WMOを含む)、米国10名、日本2名 (留任の中根を含む)、カナダ、ロシア、南アフリカ、ニュージーランド各1名である。女性委員は5名である。若手に与えられる Dobson Award は、B.-M. Sinnhuber 及び V. Eyring に与えられた。Sinnhuber は成層圏臭素化学に関連した研究、Eyring は成層圏化学気候モデルによる将来予測に関する研究が評価されたものである。Dobson Award については、統合的な全球オゾン観測システムなどの組織に与えることが出来るようにすべきであるとの提案が出ており、次回のオゾンシンポジウムまでに検討することになった。次回の開催地については、北米から候補を募ることになった。(中根英昭)

2. オープニングセッション  
シンポジウムが開催されたノルウェー・トロムソは、北緯

69.7°の北極圏に位置する人口6万人程度の町で、会議期間中は丁度白夜の期間中であり、「真夜中の太陽」を目にすることが可能であった。私は2008年3月に南極昭和基地から戻ってきたばかりであったので、半年間に南北両半球の白夜を経験することとなった。しかし、沖合いを暖流のメキシコ湾流 (Gulf Stream) が流れるこの地は、気候的には同緯度の南極に比べずっと温暖で、真夏でも丁度過ごしやすい涼しさであった。この街にある大学 (Tromsø大学) は、1993年に同じくノルウェー北部のスピッツベルゲン島に Svalbard 大学が出来るまでは、世界最北の大学であった。またこの地は、かつて北極探検の拠点となっていたことでも有名で、南極点に初めて到達したロアール・アムンセンがここから北極へと飛行して帰らぬ人となったことでも有名である。街中にはアムンセンの銅像や、北極圏博物館、世界最北のビール醸造所などもあり、こぢんまりとした美しい街であった。

会議は6月29日のアイスブレイカーから始まった (日本からコペンハーゲン、オスロと乗り継ぎ、17時間後の夜21時半に現地入りした筆者は、アイスブレイカーには残念ながら参加できなかった)。翌日の30日の朝から、会議本体が始まった。最初に行われたオープニングセッションではまず、IO<sub>3</sub>C会長の I. S. A. Isaksen, Oslo 大学数学・自然科学学部長の A. Elverhøi, NILU 所長の G. Jordfald, Tromsø大学理学部長の T. O. Vorren から開会の挨拶があった。挨拶の中で、Isaksen はトロムソのことを、「北極へのゲート



第1図 オープニングセッションで挨拶する、IO<sub>3</sub>C会長で今回の会議のホスト役を務めた、Oslo 大学数学・自然科学学部長の I. S. A. Isaksen 教授。

ウェイ]、「北のパリ」と紹介していた。それに引き続き、ノルウェー先住民族であるサーメ人の血をひく Øster Hansen 氏による、管楽器の演奏があった。この演奏では、植物の茎や幹、トナカイの角などを用いて作られたと思われる独特の楽器によって、フルートやトランペットに似た音による独特の民俗音楽が奏でられ、会場から大きな拍手喝采を浴びていた。

引き続き、科学セッションが始まった。まず最初に、R. D. Bojkov は1948年の第8回 IUGG の時に創設された IO<sub>3</sub>C の歴史について紹介した。その発表は、1920年代に始まるオゾン観測の歴史やオゾンホール発見の経緯、これまでの IO<sub>3</sub>C 委員の紹介など多岐に渡り、30分の発表時間も越えて、座長をはらはらさせていた。次に、1995年のノーベル化学賞を受賞した F. S. Rowland から、「オゾン破壊と CFC」と題したレビュー講演があった。会場には、同じ年のもう一人のノーベル賞受賞者である P. J. Crutzen も来て最前列に陣取っており、歳をとってもなおオゾン研究に打ち込む二人の大御所の姿に、我々若輩研究者はとても感銘を受けた。コーヒーブレイクの後、G. Velders からモントリオール議定書の重要性に関する話があった。この話の中で、「モントリオール議定書はオゾン層を破壊する原因となる特定フロン全廃への道筋となったが、同時に気候変動という観点から見ても、CO<sub>2</sub>換算で5~60 Gtの温室効果ガスの削減ともなっており、これは京都議定書による温室効果ガス削減目標の5~6倍の量に相当する。」という説明は興味深いものであった。しかし、私的には「じゃあ、代替フロンはどうなるの？本当は、その影響は差し引かなければいけないのでは？」とってしまった。最後に、D. Brack から、モントリオール議定書に関するさらに詳しい条約関係の話があった。その中では、「現時点でモントリオール議定書を批准しているのは世界で193の国と地域に上り、まだ批准していないのは東チモールなど3つの国・地域のみである。一方京都議定書を批准しているのは、182カ国・地域であり、米国、トルコを始め10数カ国・地域はまだ批准していない。」との話が興味深かった。

最後に、ノルウェーの感想を少々。うわさには聞いていたが、ノルウェーの物価の高さには驚いた。街で食べる普通のハンバーガーのセットが、60クローネ=約1,300円。普通のレストランのメインコースが、250~350クローネ=5,200~7,400円。1泊20,000円以下のホテルを見つけるのは、至難の業であった。ユー

ロ高のヨーロッパから会議に参加していた友人たちも、「ノルウェーは物価が高い。ドイツの1.5倍だ。」と憤慨していたが、我々日本人にとっては、ノルウェーの物価は、日本の2倍かそれ以上といった感覚であった。日本がバブルで物価が高かった頃、会議で日本に来ていたヨーロッパ人たちの嘆きが、今は我々のものとなってしまった。嗚呼、嘆かわしや。

(中島英彰)

### 3. セッション2：観測テクニックの新たな発展

本セッションでは、対流圏・成層圏のオゾンや大気汚染物質の新たな観測手法、特に衛星・飛翔体による観測・解析手法を中心に報告がなされた。

まず、衛星観測による全球スケールでの対流圏オゾンと汚染物質の分布と時間変動を精度良く把握する試みについて、多くの紹介がなされた。それらに共通するものは、静止衛星を利用した水平分解能数百m、時間分解能30分程度の対流圏センサによる大気質観測の可能性についてである。具体的には、紫外領域と赤外領域のデータを組み合わせることによる境界層と自由対流圏の成分を分離する解析手法 (Cloud slicing method) の提案や対流圏成分の観測におけるリム散乱法の優位性について発表がなされた。また、現在稼働中や提案されている衛星にはほぼ同じタイプのセンサが搭載されることから、CEOS-ACC という枠組みでの共同戦略による網羅的な観測計画について紹介がなされた。

その他の話題として、観測データの精度の評価について、いくつかの測器の場合で紹介があった。中でも、オゾンゾンデによる観測精度の評価と観測パラメータの標準化を目指した ECC ゾンデによる数回の検証キャンペーンの成果が報告され、センサに用いる溶液濃度とバッファ量により最大約10%程度の値の差が出ることが明らかとなり、これらのパラメータを標準化する必要性が示された。

最後に、大気観測の新しいプラットフォームとして、NASA の開発する無人飛行機の紹介があった。これは下部成層圏を最大30時間程度連続飛行可能なもので、これを使った Aura 衛星の検証実験が2009年に計画されているとの報告があった。

本セッションに参加してみて、衛星による対流圏微量分子の高頻度・高空間分解能観測に向けた技術開発が、かなり早いペースで進みつつあると感じた。日本におけるこの分野での研究の展開がいつそう必要であ

ると思われる。 (長浜智生, 桑原利尚)

#### 4. セッション3：オゾン全量、鉛直分布の観測、解析とその評価

今回のシンポジウムではこのセッションが最も発表件数が多かった。セッション前半は地上設置型測器の観測および観測結果の評価で7件の口頭発表が行われた。

米国の S. J. Oltmans は UT/LS (上部対流圏と下部成層圏) のオゾンを経系統的に調べるために、SHADOZ や IONS などのプロジェクトが実施され、多くの成果が上がっていることを示した。SHADOZ の観測結果は、CD に納められ会場で配布された。ベルギーの C. Vigouroux は、ヨーロッパに展開された FTIR の観測網から得られたオゾン全量および各層のオゾン量の1995年から2004年の10年間の観測結果を報告した。カナダの V. Fioletov らは、地上に設置されたドブソン分光計、ブリューワー分光計、フィルター型オゾン計で観測されたオゾン全量を TOMS, OMI および GOME などの人工衛星搭載測器の観測結果と比較し、誤差の傾向や衛星間の特徴を報告した。彼らの報告によると、北緯60度から南緯60度のドブソン分光計およびブリューワー分光計による観測地点と人工衛星との差が一般に±2%の範囲にあり、90%の地点が平均誤差±3%の範囲内である。しかし、差は季節と地域に依存しており、地域依存は衛星測器を統合したデータセットで解析した場合に衛星またはアルゴリズムの変更がローカルな“トレンド”と誤解される原因となる可能性があることを指摘している。米国 NASA の G. Labow らは地上観測と人工衛星とのオゾン全量の比較解析の結果を報告した。彼らは NASA のいくつかの人工衛星のオゾン全量のデータセットを最新アルゴリズムで再処理した。Ver.8.5の最新アルゴリズムで再処理された EP/TOMS, Aura-OMI/TOMS の観測結果は、利用可能なドブソン分光計およびブリューワー分光計による観測データと精度検証された。OMI/TOMS のオゾン全量は最近新たな目盛り校正とダークカウントの補正によって再処理が行なわれており、地上観測との比較では平均で約1.5%のオフセットを示しているため、目盛り校正が適切でない可能性が指摘されている。人工衛星搭載測器によるオゾン全量測定の問題点としては、オゾンプロファイルの形の効果、オゾン断面積エラー、SO<sub>2</sub>汚染、測器の迷光、エアロゾル、雲の高さの仮定などが

ある。韓国の J. Kim らは、韓国および日本の4地点(計5地点)のオゾンゾンデ観測結果から極東域のオゾン鉛直分布の特徴と第2ピーク出現の頻度および年々の変化の特徴を報告した。スペインの A. Redondas らは地上設置型測器の低太陽高度角時の精度検証を SAUNA キャンペーンにより行った。低太陽高度角での測定は光が弱く測器内部の迷光や散乱の影響によって測定精度を悪化させていることが指摘され、測器相互の比較により誤差検証しその補正法などを提案した。ドイツ気象局の H. Claude は、Hohenpeissenberg において1967年から継続されているオゾンゾンデ観測、オゾン全量観測の長期的および短期的な変動を示した。長期的な変動としては高度18 km において、1967年から1991年までは10年毎に7%の減少が観測され、短期では14 km の高度において1994年から2007年まで10年毎に8%の増加が見られた。スイスの Maillard らはアローザで観測した1931年からの反転データを再評価しそのオゾンプロファイルを発表した。1988年から自動化されたドブソン分光計で観測が行われ、過去の測定値には数回のシフト誤差が含まれている。それらを改善し長期データセットの均質化を図った。

セッション後半は人工衛星の観測7件の口頭発表が行われた。

ドイツの M. Weber は、人工衛星 ERS-2 搭載の GOME や Envisat 搭載の SCIAMACHY, MetOp-A 搭載の GOME2の解析に際し DOAS の weighting function の改良を行い、地上測器と比較した。これにより衛星による10年間のオゾン観測データの提供を可能とした。特に高緯度および大きなオゾン全量の観測精度の向上が見られたことが報告された。米国コロラド大学の V. Gijssels は2002年に打ち上げられた極軌道衛星 Envisat について報告した。同衛星には GOMOS, MIPAS および SCIAMACHY の測器が搭載され、5年以上の観測結果が報告された。L. Froidevaux は衛星 Aura に搭載された MLS について報告した。観測結果はいくつかのモデルの結果と比較され、全地球的な気象状況の理解を高めるために利用された。J. Gille は2004年に打ち上げられた Aura に搭載の HIRDLS について述べた。この測器は、打ち上げ直後はいろいろ問題があったが、現在は対流圏近辺の詳細な観測を提供している。特に圏界面付近の状況を詳細に調べる能力に優れており、以前には捉えられていなかった「上部対流圏のオゾン混合比の小さ

な空気が圏界面を貫いて成層圏に侵入する様子」が捉えられている。M Hegglin はカナダが打ち上げた衛星 SciSat-1 に搭載された ACE-FTS の検証のために、航空機とオゾンゾンデを用いて上部成層圏と下部成層圏の構造を調べた結果を報告した。米国の X. Liu は OMI の観測結果を用いて地上から 60 km までの日々のオゾンの高度分布を全球規模で求める方法を開発した。2 hPa-50 hPa の間は相対誤差が 5% の範囲で、50 hPa-215 hPa の間は 15-20% の誤差範囲であるが、得られたオゾン分布は MLS により求められたものとよく一致する。米国 NOAA の L. Flynn は、現行の SBUV/2 の観測結果、および将来の OMPS の特徴および観測について述べた。SBUV/2 は現在 NOAA の POES に搭載されているが、この技術は 2010 年に打ち上げられる予定の NPOESS に搭載される OMPS に引き継がれる予定である。

(宮川幸治, 忠鉢 繁)

#### 5. セッション 4: オゾン破壊物質

シンポジウム 2 日目午後後半のセッションは、「オゾン破壊物質」であった。このセッションの発表者は、当日の口頭発表 8 件、初日・2 日目のポスター発表 18 件であった。名古屋大学太陽地球環境研究所の水野研究室が実施している、チリでのミリ波による観測の論文 3 編と、東北大学の地上 FTIR 観測結果 (村田ほか) が、このセッションで発表されていた。

NOAA の S. Montzka がまず招待講演で、NOAA・CMDL 観測網のデータから得られた、ハロゲン化合物の現状について発表した。モントリオール・プロトコル締結から 20 年経過した現状は、規制された化合物に関しては総じて順調に減少している。しかし、CFC-12 のように、予測ほどは減少していない化合物や、また HCFC の一部では依然増加している化合物もある。発展途上国での監視や過去の貯留量の確認など、今後も慎重な観測が必要と結論した。続いて L. Zhou, D. Wan, M. K. Vollmer の 3 人が中国におけるハロゲン化合物の観測、放出予測について報告した。21 世紀の大国、中国の現状は急速に変貌しているが、これまでデータ空白とも思われていた状況も急速に変わりつつある。しかし、広大な中国の現状を把握するには今後もデータの蓄積が必要なことは確かである。それにしても、中国の観測データは、非常にダイナミックな変化をしている!

全体としては、モントリオール・プロトコルが有効

に機能していることが観測から検証されたこと、それでもまだソース/シンクを考える上で理解すべき問題があるということを感じた。

セッション後半は気球・航空機による大気採取観測 (W. Sturges, M. Dorf)、衛星による BrO 観測 (B. M. Sinnhuber)、海洋からの CH<sub>3</sub>Br 放出に関するモデル将来計算 (K. Kourtidis) と続いた。ポスター発表でも、地上観測と衛星観測 (SCIAMACHY) に大別できるが、衛星からの BrO、OCIO、NO<sub>2</sub> 観測が間違いなく実用 (検証ではなく) 段階で、対流圏の物質輸送に関する有益なデータが提供されていることは再確認した。しかし問題は、これらのデータを提供している衛星観測に将来の継続について見通しが無いことである。総会の場合でも議論になったが、アメリカもヨーロッパも (そして当然日本も)、大気観測衛星計画に、現在は希望が見えない現状である。地上観測においても、これはいつものことであると言えるが、資金の問題がつきまとう。オゾン・ホールが何時回復するか、のみに関心が傾く状況は好ましくない。今回の発表でも、地道な長期観測の有効性がみえている。いかに研究費を獲得するか、継続的に精度の高いデータを提供できるか、各国の研究者が苦悩している現状も見えていた。

MLS による ClO 観測データが、オゾン・ホールの形成を考える上大きなインパクトを与えたが、BrO、NO<sub>2</sub> でもグローバルなデータが提供される時代になり、衛星データがいまや対流圏大気の問題理解にも重要な位置を占める。アジアが今後の地球環境に大きなインパクトを与えることは疑いもない事実であるので、日本がアジアと協力していく体制を取れるのか、不安になった。欧米は着々と足場を築いているように見える。

(柴崎和夫)

#### 6. セッション 5: 紫外線 (UV) 変化

このセッションの口頭発表は 5 件で、本シンポジウムの中で最も短いセッションであった。取り上げられた話題を総じて言うならば、成層圏オゾン減少による UV 量の増加は、南半球高緯度帯、特にオゾンホールにおいては明らかにその傾向が見えるものの、北半球および中緯度帯では成層圏オゾン以外の要因、すなわち人為起源による成層圏オゾン以外の大気組成やエアロゾルの変化、あるいは雲による要因も同程度あるいはそれ以上に大きく、全球的な実態としては「成層圏オゾンの減少→UV 量の増加」という短絡的な図式

からは程遠く複雑であると指摘が多くなされた。

G. Bernhard は高緯度地域に位置する6か所の観測点でのほぼ20年にわたる観測結果を中心にUV量の変化を調べ、南極域では成層圏オゾン減少とUVインデックスとの間に相関がみられることを報告した。南極点では、オゾンホールが現れる10月から11月に最もUVインデックスが大きく、夏季に比べ20-80%程度増加していること、およびオゾンホールが顕著になりはじめた1980年代の10月から11月に比べここ20年間はUVインデックスが55-85%増加していることを示した。同じ南極大陸のマクマードでも、同様の傾向が見られる。やや緯度の低いアルゼンチンのウシワイヤーでは増加量は小さいが、オゾンホールが同地点の上空を通過するときにはUVインデックスの増加が顕著である。一方、アラスカのバローでは、過去30年余りで平均して±8%以下と、南極オゾンホールに見られるような成層圏オゾン減少に伴うUVインデックスの大きな増加は見られなかった。

G. Myhre は産業革命前から現在までにわたり、成層圏オゾンおよびそれ以外の人為起源の要因のUV量に対する影響について議論した。検討した要因は、オゾン、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>などの大気組成の変化、硫化物エアロゾル、ススおよび有機エアロゾルなどの炭素系エアロゾルなどである。その結果、高緯度地域（特にBernhardの結果と同様に南半球高緯度地域）においては成層圏オゾンの減少に伴うUVの増加が見られるが、むしろその他の陸域の大部分では対流圏オゾン、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、エアロゾル等の増加等の要因が複合しUV量の減少が見られることを示した。特にUVの減少は、産業の発展が著しい地域やバイオマス燃焼の発生地帯で顕著であった。

P. den Outer と G. Seckmeyer は、それぞれ独立に雲の影響について議論した。Outer は、ヨーロッパの8か所における観測データとモデル計算から60年代以降のUV量の変化を見積もり、雲による年々変化量が80年代以降の成層圏オゾン減少から期待される変化量よりもはるかに大きいことを示した。また、Seckmeyer も放射伝達モデルから緯度・季節による太陽放射照度変化を見積もり、それとヨーロッパの28か所の夏季の観測データから、雲の有無の影響を議論した。モデルでは日平均UV放射照度が緯度により北緯70度から35度で2.2-5.2 kJ/m<sup>2</sup>程度まで変化するものが、雲の影響を入れると1.5-4.5 kJ/m<sup>2</sup>まで減少することを示した。また、晴天率の高い夏の地中海地域

ではUV放射照度の減少が少ないことから、雲の影響は分単位の短い変動のみでなく、月単位の長期的な変化に対しても大きく寄与している可能性を示唆した。(水野 亮)

## 7. セッション6：対流圏オゾン

対流圏オゾンセッションでは、14件の口頭発表と62件のポスター発表が行われた。口頭発表では、A. Volz-Thomas が地表観測等からオゾン濃度はノルウェーなどでも増加しており、ゾンデ観測の結果を見る限り、対流圏全体で増加傾向にあることを示した。次にMOZAIC 航空機観測でもヨーロッパおよび東アジアの上部対流圏で増加傾向にあり、地表面での観測で0.34 ppbv/年、MOZAICで0.42 ppbv/年程度の増加傾向にあることを示し、NAOインデックスとの相関が、とくに北米で高いことも紹介した。今回の解析の問題点としては、信頼しうる長期観測データがないこと、場所によってトレンドがやや異なることなどを挙げた。この発表に対し、Mace Headの観測値とトレンドについて、ハロゲンによるローカルな消滅過程が効いているのではないかと質問がなされた。

次にM. Schultz は、RETROおよびTFHTAPなどのプロジェクトに関連した、対流圏光化学モデルMOZARTを用いた対流圏オゾン濃度のトレンド解析結果について発表した。ECHAM5による気象場を用いてMOZARTを走らせた結果、全球対流圏オゾン総量のアノマリトレンドが増加傾向にあることや、GOMEによって観測されたNO<sub>2</sub>カラム量と比較した結果、リトリーバルによって結果がかなり異なるもののおおむね妥当であることなどが示された。ただし、モデル(LMDz-RETRO, TM4-RETRO, およびECHAM5 MOZ-RETRO)による長期積分では90年代の春先の増加トレンドを再現できておらず、モデルではMace Headでは90年代はむしろ減少していることなども併せて示された。また地域ごとのエミッション増加を考慮しつつ長期積分を行ったところ、東アジアではエミッションが60%増加しており、その結果1.11 ppbvのオゾン増加を生じていた。ヨーロッパとアメリカは0.3-0.2 ppbv (10-5%)の減少を生じていた。ただし、モデルで再現された増加トレンドは観測されている増加トレンドの3分の1程度でしかなく、上部対流圏におけるオゾン濃度の変動が地表オゾントレンドに影響を与えている可能性があることを示した。

M. Schoeberl からは衛星データから成層圏を除いた対流圏カラムオゾン (TOR) を精度よく求めるための方法に関する研究例が報告された。対流圏カラムオゾンを求めるには、圏界面高度を精度よく決めてやる必要があるが、MLS や HIRDLS と OMI を組み合わせ、熱帯域でトラジェクトリ、中高緯度で PV-温位マッピングを用いて成層圏カラム量を求めることにより、精度が良くなることを示した。

T. Trickl はドイツ南部の山岳地帯での 3 基の対流圏オゾンライダーによる長期観測から、成層圏オゾンと tropopause folding の影響を評価した。半球モデル EURAD や FLEXPART などの解析結果から、成層圏オゾンの流入量が1990以降増加していることが示唆されることなどが示された。

M. Prather は、成層圏対流-圏物質交換に関するモデル結果の紹介を行った。モデルではカラムオゾン量の年々変動の振幅を観測の 2 倍程度過大評価しており、QBO の影響が示唆されることなどを示した。

C. Hoyle は、Oslo CTM の計算結果を2004年のユングフラウヨッホでの観測値との比較などで紹介した。この中で、中国起源 NO<sub>x</sub> の排出レベルを産業革命以前のレベルにすると、ユングフラウヨッホのオゾンレベルが 3 ppbv (6%) 程度下がることなどが示された。

W. Collins は船舶からのオゾン前駆体エミッションがヨーロッパ域内のオゾン濃度に与える影響について発表を行った。船舶からのエミッションについてはこの発表以外にもポスター発表で数件見られたが、船舶からのエミッションは都市域と比較して清浄なところに放出されるため影響が大きいことや、とくに国際航路については国際的な放出量規制の枠外であることから重要である。彼らの結果では、2030年の将来予測では、北部ドイツ沿岸など VOC-limited な状況ではオゾンは減少するが大西洋などでは増加することなどが示された。

R. Doherty は、STOC-HadAM3を用いた、ソース-レセプタ実験による各地域の寄与率評価実験に関する発表を行った。気象場とエミッションをそれぞれ将来予測シナリオで実験させた場合、気象場のみを変化させた場合、およびエミッションのみ将来予測シナリオを用いた場合の三種類の数値実験で比較した結果、気候変動のみでも、雷による NO<sub>x</sub> 生成や生物起源イソプレンの放出量などが変動するため、オゾン濃度が増加する場合があることなどを示した。また、北米エ

ミッションを20%減らした実験も併せて紹介した。

P. Pochanart は2004年に行われたロシア・モンディ、中国・泰山および日本での観測結果について発表を行った。東アジア広域汚染に対して、モンディは上流域 (バックグラウンド)、泰山は発生源近傍、日本は下流域に相当し、これら三地域での濃度変化を比較することにより、領域内でのオゾン生成などを調べることができる。冬季は三地域で濃度差が大きくなり領域内でのオゾン生成がそれほど活発でないものの、春と秋に泰山では極大を示し、これらの季節に域内オゾン生成が盛んであることなどが示された。このうち春の極大についてはちょうど冬小麦の収穫期にあたることから、残さ収穫物の燃焼なども寄与している可能性があることなどが示された。

O. Wild は人為起源エミッションに対する対流圏オゾン生成能の変動に関する発表を行った。1900年・1990年・2000年・2100年の各年におけるオゾン生成量・破壊量などを比較した結果、成層圏-対流圏物質循環量はほぼ変わらないものの、生成量が破壊量を上回る領域は1900年・2000年・2100年 (NO<sub>x</sub> エミッションが各々10倍近く異なる) でほとんど差がないことなどが示された。また、NO<sub>x</sub> の光化学的な寿命が 1900年に2.1日だったものが2100年には0.6日程度にまで減少すること、OH ラジカルの量が20%程度減少することによりメタンの光化学的寿命が8.2年から10.3年に延びることなども示された。また、NO<sub>x</sub> の光化学的寿命が 1/3 になる理由に関する質問が出たが、炭化水素の濃度が各年で異なるため、その結果 NO/NO<sub>2</sub>比が異なってくるのが影響されるのではないかと考えられる、との返答が発表者よりなされた。(滝川雅之)

## 8. セッション7：気候-オゾン相互作用

気候-オゾン相互作用セッションでは、7件の口頭発表と23件のポスター発表があった。まず、セッションの始めに、J. Pyle (ケンブリッジ大学) から、対流圏および成層圏における気候とオゾンの変動に関するレビュー的な発表があった。温室効果気体の増加により引き起こされる気候変動は、特に成層圏極域でオゾン濃度に関連する化学反応過程に大きな影響を及ぼすと同時に、大気大循環および対流強度を変化させ物質輸送過程に影響することを指摘した。一方、オゾンの変動が放射過程を介して気候に及ぼす影響もあり、気候変動を理解する上で、オゾンと気候の複雑な相互

作用系が重要な役割を果たしていることを指摘した。Pyleの講演で重要な指摘の1つはオゾンの温度感度(オゾン濃度の対数の温度の逆数での微分)の評価である。この値は生成・消滅・輸送の効果を含むものであり(値は数百から千数百ケルビン)、気候変化とオゾンの関係を示す良い指標である。これに関してはR. Stolarski (NASA/ゴダード宇宙航空センター)も「オゾン層回復」のセッションで力説していた。発表者も述べていたが、今後の高度な気候予測研究のためには、大気海洋モデルの高度化と併せて、化学気候結合モデルの枠組みが欠かせなくなるものと感じた。次にD. Wuebbles (イリノイ大学)は、北アメリカの将来の地表オゾン濃度をモデルシミュレーションから調査した結果を示した。大気汚染物質の排出のみならず、起こり得る気候変動が将来の地表オゾン濃度に影響を及ぼす可能性があることを示した。G. Myhre (CICERO)は、航空機などの各交通網による大気汚染物質の排出に起因する対流圏オゾンの増大が、地表気温に及ぼす影響を議論した。O. Morgenstern (ケンブリッジ大学)からは、モントリオール議定書による取り決めが現在のオゾンおよび気候にどのような影響を及ぼしたのかについて発表があった。議定書の取り決めはオゾン破壊を抑制しただけではなく、そのオゾン破壊により起こり得た気候変動を抑制することに貢献したと述べた。

M. Weber (プレーメン大学)、M. Rex (アルフレッドウェーゲナー研究所) および T. Shepherd (トロント大学)からは、大気波動活動とオゾン変動の関連性を議論する発表があった。まず、M. Weberは、大規模波動の変化により引き起こされる大気大循環および気温の変動が、成層圏のオゾンと水蒸気の長期的な変動に影響していることを議論した。次に、M. Rexからは、北極オゾン破壊と気候変動の関連性についての議論がなされ、特にPSC(極成層圏雲)体積と大気波動活動の関連性についての興味深い議論があった。近年の気候変動に伴い、活発化した中高緯度プラネタリー波が成層圏ブリュワードブソン循環を強化している可能性があり、その効果は北半球の既存の循環が一樣に強化するのではなく、プラネタリー波の伝搬経路が赤道寄りに移動することで、中緯度の下降流強化が卓越しているであろうことを指摘した(残差循環のトレンドの図は示さなかった)。その結果、北半球冬季成層圏は中緯度で昇温するが、高緯度ではそれほど高温にならず、中高緯度のE-P(エリアッ

セン-パーム) fluxの強化が直ちに極域の気温上昇とそれに伴うPSC体積の減少を招くわけではないことを議論した。これまでの認識では、半球的に一樣に循環が強化するようなイメージがあったので、このような具体的な指摘は大変興味深い。セッションの最後には、T. Shepherdから、気候変動とオゾンリカバリーに関する発表があった。まず、化学-気候モデルによる2100年までのアンサンブル予測実験結果(3メンバー)から、上部成層圏の気温下降トレンドに対するオゾン減少とCO<sub>2</sub>増加の寄与が時期により異なることを指摘した(1960-1995年はオゾン減少による太陽放射加熱率減少の影響、2000-2100年にはCO<sub>2</sub>増加による赤外放射冷却率増大の影響が支配的)。更に、これら成層圏の気温変動はwave dragの変動と強く関連することを指摘した。プラネタリー波の活発化に起因する北半球の成層圏ブリュワードブソン循環の強化によって中緯度の成層圏中下部で下降流( $w^*$ )が卓越することを示した。下降流の強化は昇温を招き、wave dragの変動が輸送と化学両方の効果で成層圏オゾン量の回復を促す可能性があることが議論された。しかしながら、wave dragの変動は、重力波ドラッグスキームの違いなどに起因してモデルにより大きく異なることが予想され、シミュレーション結果には依然として不確定な部分が残ることも指摘された。ポスター発表においても、化学気候モデルを用いた将来のオゾン変動やその気候への影響を理解する上で重要な研究成果が数多く報告された。一方で、T. Shepherdによる指摘にもあったが、化学気候結合系の更なる理解のためには、物理過程や化学過程などモデルの諸過程の高度化が依然として必要なのにも感じた。(柴田清孝, 宮崎和幸)

## 9. セッション8: 新たな化学反応過程とその信憑性

このセッションの座長はN. Harrisが務めた。最初のレビュー的な講演はA. R. Ravishankaraが来られなくなったためR. A. Coxが代わりに“Progress in Chemistry”という題で講演した。この講演ではIUPACのKinetics Data Evaluationという活動が紹介された(<http://www.iupac-kinetic.ch.cam.ac.uk/>でデータなどを閲覧可能)。実験技術の進歩で反応定数の精度は上がっているが、不安定な反応についてはまだ難しい面があるとのこと。また、UT/LS領域で重要となる氷粒子上への取り込みやそこでの不均一反



応の係数の改訂が現在進行中とのことであった。

続いて、S. Vranckx が  $C_2H$  と  $O(^1D)$  の化学蛍光を測定する新しい手法による  $N_2O+O(^1D)$  や  $CH_4+O(^1D)$  の反応速度の測定結果 (JPL の値より Takahashi らの値に近く、 $O(^3P)$  が生成する比率は 1% 以下になった) について、I. Larin が  $H_2O_2$  の硫酸液滴への溶け込みの測定 ( $H_2O_2$  は硫酸液滴によく溶けるので、不均一反応を通してハロゲンの活性化に効く可能性あり) について講演した。

J. -P. Pommereau は力学的な話題として、対流圏から成層圏への積雲対流の突抜けによる輸送が 10% くらいあることと、これが分解能の低いモデルでは再現出来ないが雲分解モデルではとらえられていることを示した。

後半は、2007 年来注目的である ClO dimer に関する講演である。M. Kurylo は、まず「ClO dimer の件は我々のハロゲンとオゾン破壊の関係に対する理解が不足していることを示している」と述べたあと、2008/6/15-17 に英国・ケンブリッジでワークショップを行ったことを報告。実験としては  $Cl_2$  の寄与の定量化がキーであり、20% の精度を目標に新たに 4 つの実験が進行中であること、理論計算も数ヶ月以内に結果を出す予定であることを報告した。

次に、M. von Hobe が講演し、matrix isolation という方法で ClO dimer を Ne の格子の中に閉じこめて測定したところ、ClO dimer の吸収は 290 nm 以下では Pope の結果と一致し、長波長側は 395 nm まで伸びており Huder and DeMore (1995) に近い結果となったことを示した。まだ観測と合わない、matrix 中の吸収は気相とは少し違うかもしれない、など問題点はあるが、Cl がオゾン破壊で果たしている役割の重要性を否定することはないとのことであった。

最後にこの議論のきっかけになった F. Pope 自身が講演した。彼はどうやら 2007 年の論文 (Pope *et al.* 2007) での  $Cl_2$  の寄与の差し引きはうまく行っていなかったと認めている様子で、現在は、 $Cl_2$  と ClO dimer の測定を 200-400 nm で行い、同時に  $Cl_2$  は 500-540 nm でも測定して差し引くというやり方で、新しい測定を準備中とのことであった。

セッション終了前に討論の時間が少しあり、 $Br_y$  の効果を調べる必要があるとの意見が挙がった。ただし、 $Br_y$  は現在のモデルに既に入っているため、これをもっと効いているとなるとかなり  $Br_y$  が多いことに

なってしまうため、これで解決するというものではない。

私の印象としては、後半 3 件の発表からすると年内にも新たな測定結果が出され、その段階である程度議論は収束するのではという感じであった。

(村田 功)

## 10. セッション 9：極域オゾン

このセッションでは、モデルに関するものが 5 件、観測に関するものが 6 件口頭発表された。全体として衛星および地上観測データとモデル研究、北極と南極などバランス良く構成されていたように思う。

セッション前半では、モデルに関する研究について M. Salby (オーストラリア、Macquarie 大学)、N. Harris (イギリス、Cambridge 大学) Y. Orsolini (ノルウェー、NILU) らが、冬季極域成層圏の気温が低くなる要因と、それに伴う PSC 量の変化要因について 3 次元モデルを用いて求めた結果をそれぞれ報告した。Orsolini は、PSC 量の違いを対流圏の動きから予測できる可能性を示唆した。M. Santee (アメリカ、NASA/JPL) のモデルでは、極夜期間における ClO/ $Cl_2O_2$  の平衡定数が JPL 2006 Assessment の値よりも低い結果となり、これが Aura MLS と ACE-FTS 衛星データとよく一致していることが示された。

休憩を挟んで、G. Braathen (WMO) から、2003 年から 2007 年にかけて、南極大陸における各国の基地および衛星データによる南極オゾンホールの様子について報告された。特に 2006 年は、多くの基地で過去最低もしくはそれに準ずるオゾンカラム量が観測され、いまのところ南極でのオゾン層回復の兆候はみられないという結論であった。つづいて、T. Deshler (アメリカ、Wyoming 大学) より、マクマード基地での 20 年間のオゾンゾンデ観測に関する報告がなされた。成層圏の塩素量は 1995 年以前のレベルまで減少していると考えられるが、近年のオゾン量の増加は塩素量の減少によるものではなく、冬季成層圏の高い平均気温がもたらす塩素反応のロスと、極渦の擾乱が原因であると述べた。A. Seppälä (イギリス、BAS) は、GOMOS のデータを用いて見積もられた、極夜期に上部成層圏へ降りてくる  $NO_2$  とオゾンの関係について報告した。この  $NO_2$  の量は地磁気の活動と太陽粒子量に対応しており、 $NO_2$  降下に対応するオゾンの減少を示した。J. Urban (スウェーデン、Chalmers

大学)はOdin/SMRの観測データから得られた両極域の大気微量成分の変動について紹介したあと、北極域でおきた2004-2005年の大きな脱窒や、気温とClOの相関などについて述べた。中島(国立環境研究所)は、2007年南極オゾンゾンデマッチキャンペーンによるオゾン破壊量の定量化及び昭和基地上空でPSCの出現とともに測定されたオゾン破壊量について報告した。また、昭和基地に新たに持ち込んだPSC測定用FTIRによる、異なったタイプのPSCの観測結果についても報告した。最後に、T. Blumenstock(ドイツ, FZK/IMK)は、スウェーデン・キルナにおける長年にわたるFTIRの観測結果について紹介し、HClカラム量がここ10年では年-0.6%の割合でわずかながらではあるが減少傾向にあると報告した。

(佐伯浩介)

### 11. セッション10：オゾン層の回復

本セッションは最終日午前に行われた。南極オゾンホール回復に関する議論は、主としてセッション9「極域オゾン」で行われ、ここでは全球的变化傾向についての議論が中心であった。発表論文は、G. Bodeker(ニュージーランド, NIWA)の招待講演1件を含め口頭発表が6件、ポスター発表11件であった。

オゾン層回復の議論は、オゾン量の長期的変化傾向が次の3段階のいずれに属するかということに基づき行われている(WMO(2007)の第6章「21世紀のオゾン層」参照)。第1段階が統計的に有意なオゾン減少傾向の鈍化が見られるか、第2段階が統計的に有意なオゾン増加の開始が見られるか、そして第3段階がオゾン破壊物質(ODS)の影響を受けていない1980年以前の状況への完全な回復が果たされたか、である。1990年代後半に第1段階へ入ったのはすでに明らかとなっている事実であるが、第1段階から第2段階へはいつ移行するか、ということが依然として最大の問題であり、本セッションでも、その観点からの発表が多かった。以下、セッションの概要を、口頭発表を中心にまとめる。

G. Bodekerは、観測されるオゾン変化傾向をもたらす要因を理解するための、CCM, CTM, 化学ボックスモデルなど、様々なモデルの役割について議論を行った。D. Cunnold(米, ジョージア工科大学)は、WMO(2007)の第6章で示されている、25 km以下の下部成層圏における2005年までのオゾン量の長期変化(図6-3)を中心に議論を行った。オゾン層破壊

に関わるハロゲンの等価的実効値であるEESCの変化で、減少から横ばいに転じた変化傾向の大半が説明できることを強調していた。G. Hansen(ノルウェー, NILU)は、TromsoとSvalbardでのオゾン量の長期変化を、同様にEESCの変化に基づき議論した。

D. Loyola(独, DLR)は、1995年から2008年までのGOME, SCIAMACHY, GOME2など衛星観測オゾンデータについて、分光計による地上観測やCCMの計算結果と相互比較後補正して求めた成層圏オゾンの長期変化を示した。南北両半球で異なる変化傾向が得られた模様であるが、それについての詳しい議論はなかった。

R. Stolarski(米, NASA)は、1978年から2007年までのSBUV観測による上部成層圏のオゾンデータを用いて、オゾン層回復兆候の探索を議論した。上部成層圏は、今後の成層圏オゾンの変化傾向を知る上で最適な領域であることを強調していた。この高度では、EESCに加え、温室効果気体増加による寒冷化によるオゾン破壊の緩和効果を加味することでオゾン変化傾向が説明できるとしている。あと5年から10年のデータが加われば安定した結果が得られるだろうが、現在ではまだ第2段階に入ったとは言えないとのことであった。

W. Steinbrecht(独, 気象サービス)は、1985年以降の20年以上に及ぶライダー・ネットワークによる上部成層圏のオゾン観測データを用いて長期変化傾向を調べた。その結果、現状はほとんど横ばいであり、やはり、回復傾向を主張するにはデータ蓄積が必要との結論であった。

ポスターセッションでは、P. Newman(米, NASA)らが南極オゾンホール回復について議論するなど、興味深い発表も多かったが、詳細は割愛する。

以上のように、本セッションの大半の発表で、オゾン層回復傾向への遷移の兆候は未だ見られないと結論づけられていた。極域オゾンのセッションでは回復傾向が見られると主張する発表もあったが、会場から強い反論が出されるなど全体的な総意は得られていないのが現状である。4年後の次回シンポジウムで、回復傾向への遷移の明確なメッセージが出されることを期待したい。

(廣岡俊彦)

**略語一覧** (アルファベット順, なお日本語訳は著者らによる仮訳であり, 正式名称でない可能性もあり)

ACE-FTS : Atmospheric Chemistry Experiment-Fourier-Transform Spectrometer 大気化学実験-フーリエ変換分光計 (カナダ SciSat-1衛星搭載センサ)

Aura オーラ (米国の大気観測衛星)

BAS : British Antarctic Survey 英国南極調査所

CCM : Chemistry-Climate Model 化学気候モデル

CEOS-ACC : Committee on Earth Observation Satellites-Atmospheric Composition Constellation 地球観測衛星委員会・大気組成観測集団

CFC : Chloro Fluoro Carbon クロロフルオロカーボン

CICERO : Center for International Climate and Environmental Research ノルウェー・国際気候環境研究センター

CMDL : Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory 気候監視・診断研究所

CTM : Chemical Transport Model 化学輸送モデル

DLR : German Aerospace Center ドイツ宇宙航空センター

DOAS : Differential Optical Absorption Spectroscopy 差分吸収分光法

EC : European Commission 欧州委員会

ECC : Electrochemical Concentration Cell 電気化学式濃縮セル (オゾンゾンのタイプを指す)

ECHAM5 : ECMWF-based global climate model developed at the Max Planck Institute for Meteorology in Hamburg-5 ハンブルグ・マックスプランク研究所にて開発された ECMWF ベースの世界気候モデル第5世代

ECMWF : European Centre for Medium-Range Weather Forecasts 欧州中期気象予測センター

EESC : Equivalent Effective Stratospheric Chlorine 等価実効成層圏塩素量

Envisat : Environmental Satellite (欧州) 環境監視衛星

EP : Earth Probe (米国) 地球探査衛星

ERS-2 : European Remote-Sensing Satellite-2 欧州リモートセンシング衛星2号

EURAD : The EUROpean Air pollution Dispersion model 欧州大気汚染物質分散モデル

FLEXPART : The Lagrangian PARTicle dispersion model ラグランジュ粒子分散モデル

FTIR : Fourier-Transform InfraRed spectrometer フーリエ変換赤外分光計

FZK/IMK : Research Center Karlsruhe/Institute for Meteorology and Climate カールスルーエ研究センター/気象・気候研究所

GOME : Global Ozone Monitoring Experiment 全球オ

ゾン監視装置 (ERS-2衛星搭載センサ)

GOME2 : Global Ozone Monitoring Experiment 2 全球オゾン監視装置2号 (MetOp-A衛星搭載センサ)

GOMOS : Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars 恒星掩蔽法全球オゾン監視装置 (Envisat衛星搭載センサ)

HCFC : Hydro Chloro Fluoro Carbon ハイドロクロロフルオロカーボン

HIRDLS : High Resolution Dynamics Limb Sounder 高分解能赤外周縁放射計 (Aura衛星搭載センサ)

IAMAS : The International Association for Meteorology and Atmospheric Sciences 国際気象大気科学協会

INTEX : Intercontinental Chemical Transport Experiment 大陸間化学輸送実験

IO<sub>3</sub>C : International Ozone Commission 国際オゾン委員会

IONS : INTEX Ozone Sonde Network Study INTEX オゾンゾンデネットワーク研究

IUPAC : International Union of Pure and Applied Chemistry 国際純粋化学・応用化学連合

JPL : Jet Propulsion Laboratory ジェット推進研究所  
MetOp-A : メトッップ A 衛星 (欧州の極軌道気象衛星)

MIPAS : Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding 受動型大気観測用マイケルソン干渉分光計 (Envisat衛星搭載センサ)

MLS : Microwave Limb Sounder マイクロ波周縁放射計 (Aura衛星搭載センサ)

MOZAIC : The Measurement of Ozone and water vapor by Airbus In-service aircraft エアバス商用旅客機によるオゾン及び水蒸気観測プログラム

MOZART : The Model of Ozone And Related chemical Tracers オゾン及び関連化学トレーサーモデル

NAO : North Atlantic Oscillation 北大西洋振動 (指数)

NASA : National Aeronautics and Space Administration 米国航空宇宙局

NILU : Norwegian Institute for Air Research ノルウェー大気研究所

NIWA : National Institute of Water and Atmospheric Research ニューージーランド国立水・大気研究所

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration 米国海洋大気庁

NPOESS : National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System 米国極軌道環境監視衛星システム

Odin : オーディン (スウェーデンの大気・天文観測衛星)

ODS : Ozone Depleting Substance オゾン破壊物質

OMI : Ozone Monitoring Instrument オゾン監視分光計

- (Aura 衛星搭載センサ)
- OMPS : Ozone Mapping and Profiler Suite オゾン地図・プロファイル作成装置 (NPOESS 衛星搭載予定センサ)
- POES : Polar-orbiting Operational Environmental Satellite 極軌道環境監視衛星
- PSC : Polar Stratospheric Cloud 極成層圏雲
- PV : Potential Vorticity 渦位
- QBO : Quasi-Biennial Oscillation 準二年振動
- QOS : Quadrennial Ozone Symposium (四年ごとに行われる) 国際オゾンシンポジウム
- RETRO : REanalysis of the TROpospheric chemical composition over the past 40 years 過去40年対流圏化学成分再解析 (プロジェクト)
- SAUNA : Sodankylä totAl colUmn ozoNe inter-compArison サダンキラ・オゾン全量比較 (キャンペーン)
- SBUV : Solar Backscatter UltraViolet Radiometer 太陽後方散乱紫外線放射計 (米国 NOAA 衛星搭載センサ)
- SBUV/2 : Solar Backscatter UltraViolet Radiometer/2 太陽後方散乱紫外線放射計2型 (米国 NOAA 衛星搭載センサ)
- SCIAMACHY : SCanning Imaging Absorption spectroMeter for Atmospheric CartographY 大気成分地図作成用走査型撮像分光計センサ (Envisat 衛星搭載)
- SciSat-1 : Science Satellite-1 カナダ科学衛星1号
- SHADOZ : Southern Hemisphere ADditional Ozonesondes 南半球付加的オゾンゾンデ (プロジェクト)
- SMR : Sub-Millimeter Radiometer サブミリ波放射計
- (スウェーデン Odin 衛星搭載センサ)
- STOC-HadAM3 (英国エジンバラ大学で開発された化学気候モデルの名称)
- TFHTAP : The Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution 大気汚染物質の半球輸送に関するタスクフォース
- TOMS : Total Ozone Mapping Spectrometer オゾン全量地図作成分光計センサ
- TOR : Total Ozone Residual オゾン全量残差
- UT/LS : Upper Troposphere / Lower Stratosphere 上部対流圏・下部成層圏
- VOC : Volatile Organic Compound 揮発性有機化合物
- WMO : World Meteorological Organization 世界気象機関

#### 参 考 文 献

- Huder, K. J. and W. B. DeMore, 1995 : Absorption cross sections of the ClO dimer. *J. Phys. Chem.*, **99**, 3905-3908.
- 小川利紘, 川平浩二, 神沢 博, 近藤 豊, 柴崎和夫, 中根英昭, 村松久史, 1993 : 第16回国際オゾンシンポジウム報告. *天気*, **40**, 55-62.
- Pope, F. D., J. C. Hansen, K. D. Bayes, R. R. Friedl and S. P. Sander, 2007 : Ultraviolet absorption spectrum of chlorine peroxide, ClOCl. *J. Phys. Chem. A*, **111**, 4322-4332, DOI : 10.1021/jp067660 w.
- WMO, 2007 : Scientific Assessment of Ozone Depletion : 2006. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 50, 572 pp., Geneva, Switzerland.