

国際オゾンシンポジウム2004報告*

柴崎 和夫*¹・中根 英昭*²・林田 佐智子*³
 岩尾 航希*⁴・韓 建宇*⁵・宮川 幸治*⁶
 宮崎 和幸*⁷・北 和之*⁸・香川 晶子*⁹

1. はじめに

2004年6月1日～8日、国際オゾンシンポジウムがギリシャのコス島にあるリゾートホテルで開催された。コス島は、トルコを対岸に望める位トルコ近くに位置する、エーゲ海のドデカネス諸島に属する島である。ギリシャでは20年前の1984年にも、テサロニキで開催されている。20年前というと、気象研究所の忠鉢氏が南極昭和基地でのオゾン観測結果を報告したシンポジウムである。まだオゾンホール騒ぎが起きる前のことであった。小川利紘氏(JAXA/EORC)によると、その時の参加者は全体でせいぜい250名ほどではなかったかという。今回は450名近くが参加していて、登録された発表論文件数は684件であった。日本から向かうと24時間以上もかかるエーゲ海の島であったが、日本人も30名弱が参加していて、大変盛況なシンポジウ

ムであった。

世界的にフロン規制が実施され、いよいよオゾン層の回復が視野に入ってきたとも言われる昨今だが、オゾン研究の現場ではどのような研究が進行中か？ 今回の報告では、世界における最新のオゾン研究の動向とオゾン回復に関する議論について報告する。原則、シンポジウムのプログラムにそっての報告としたい。

さて4年に一度の開催なので、恒例のIOC委員の改選も行われた。日本からは中根英昭氏(環境研究所)が、退任した小川利紘氏に替わって新しく委員となった。新会長と新副会長はアメリカからの選出がなく、ヨーロッパ選出委員が独占する形になった。

残念なこととして、オゾン研究に多大な貢献をした2人の著名な研究者が亡くなったことが報告されている。昨年亡くなったのはH. Dütsch博士である。Dobson博士の弟子として、全世界的なオゾンの研究・観測に多大な貢献をしてきたことは、この分野の研究者ならよく知るところである。もうひとかたの訃報は突然やってきた。フランスCNRSの議長であった(1988-96のIOC会長)G. Mégie博士が6月5日に病のため急逝したとの連絡がはいった。58歳という若さであり大変惜まれる死であった。6日のセッション開始前には、A. Matthews博士(ニュージーランド, NIWA)によりMégie博士の業績と人柄が紹介された。参加者一同は黙祷を捧げた後、セッションを開始した。

なお、IOCのホームページにも委員の紹介や今回のシンポジウムの報告が乗っているので、興味のある方はそちらも参照下さい(<http://ioc.atmos.uiuc.edu/>)。

(柴崎和夫)

* Report on the Quadrennial Ozone Symposium 2004.

*¹ SHIBASAKI Kazuo, 國學院大學文学部.

*² NAKANE Hideaki, 国立環境研究所.

*³ HAYASHIDA Sachiko, 奈良女子大学理学部情報科学科.

*⁴ IWAO Koki, 東京大学気候システム研究センター.

*⁵ HAN Jianyu, 北海道大学大学院地球環境科学研究科気候モデリング講座.

*⁶ MIYAGAWA Koji, 気象庁高層気象台.

*⁷ MIYAZAKI Kazuyuki, 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻.

*⁸ KITA Kazuyuki, 茨城大学理学部地球生命環境科学科.

*⁹ KAGAWA Akiko, 富士通エフ・アイ・ピー環境システム部.



第1図 5月31日午後シンポジウムの開会行事がコス島のアスクレピオス神殿遺跡で開かれた。



第2図 開会式でのシンポジウム参加者達。

2. 国際オゾン委員会 (IOC) 委員に就任して

オゾンシンポジウム会期中に国際オゾン委員会が開かれ、次期の委員が選出された。永年 IOC で活躍された副委員長の小川利紘先生が退任されたので、日本からの唯一の委員となった。何ができるのか、何をしなければならないのか、オゾン研究会をはじめ気象学会会員の皆様のご意見を伺いながら少しでもパイプになれば、と考えている。

新しい委員長は Ivar Isaksen (オスロ大学)、「オスロモデル」で有名なノルウェーのモデル研究者、副委員長はフランスの Sophie Godin-Beekmann (CNRS)、若手のオゾンライダー研究者、事務局長は引き続きギリシャの Christos Zerefos (テサロニキ大学)である。委員は29人、アジアからは私とインドの S. Lal (PRL)の2人であった。今回のオゾンシンポジウムの期間中に1988年から1996年にかけて IOC の委員長であったフランス CNRS の Chairman, Gerald Mégie 博士が逝去された。ご冥福を祈ると共に、遺志をついでオゾン研究のコミュニティーをより発展させたいと考えている。(中根英昭)

3. オープニングセッションとシンポジウム初日

まず会議前夜の5月31日夜に歓迎のバンケットが、会場となるキプロオテスホテルで開催された。今回、優れた若手研究者の業績にドブソンアワードが設けられ、Match 解析で知られる M. Rex 博士 (独, AWD) が受賞した。表彰のあと、ノーベル化学賞受賞者の P. Crutzen 博士 (独) から過去約70年間の世界の人口増加、産業発展、さまざまな人工起源物質の発生増加とその影響についての記念講演があった。生まれてまも

ない彼自身が祖母に抱かれた写真から始まり、孫を抱く自分の姿で話を締め括ると満席の会場から大きな拍手が送られた。ビュッフェ形式のギリシャ料理が振る舞われ、あちこちで旧知の友人と挨拶を交わす和やかな雰囲気夜12時近くまで賑わった。

3.1 Overview Lectures

初日は EU の科学政策についてのオーバービュー講演から始まり、その後サイエンスの講演が開始された。最初は G. Brasseur (独, マックス・プランク研究所) の講演。「過去150年間のオゾン研究の科学的進展と未来への挑戦」との題で、ギリシャ時代の哲学から現代に至るオゾン研究の歴史が研究者の顔写真とともに生き生きと語られた。我々は Hartley などの時代からの話はよく聴いているが、それ以前に1858年にオゾンが大気中にあることを Houzeau が発見したことや、1879年に Cornu が地上観測される紫外線に300-nm で cut-off があることを発見した、などの話は大変興味深いものであった。一般にも専門家にも親しみやすい話で、発表に使用した電子ファイルを譲ってほしいという要求が殺到したのだろう。会議中に受付に申し込み用紙がおかれ、名前を書いた人には電子ファイルを譲ってもらえることになったようだ(筆者も申し込んだので興味のある人は問い合わせてください)。

W. Randel (米, ACD/NCAR) の講演は、「グローバルなオゾン変動の理解への挑戦」と題され、オゾン変動の力学的側面から、気温、水蒸気などの変動とオゾンの変動を比較しての講演があった。オゾンの減少傾向(トレンド)が過去30年ほどの間、顕著に現れてきたことはよく知られており、同時に気温の低下傾向も観測されてきた。しかし、オゾンには最近 M. Newchurch (米, アラバマ大学) の指摘にある通り、回復傾向が見られる(2日目の解説参照)。ただし詳細

に見ると、ピナツボ火山噴火の影響が南半球では北半球ほど顕著でないこと、気温は下降傾向が続いており、中緯度ではやや回復傾向がみられるものの、南極ではフラットになっていることなどが指摘された。彼の講演の骨子は最近 Journal of Atmospheric Science 誌に発表され、ホームページ (<http://acd.ucar.edu/~randel/>) にもプレプリントが掲載されている。

続いて H. Kelder (オランダ, KNMI) の講演は、オランダ KNMI の GOME データとその同化に関するものであった。関連して、当日午後のセッション 1 で H. Eskes (オランダ, KNMI) によって、SCIAMACHY のオゾンデータの同化について発表があった。この他にも GOME/SCIAMACHY 関連でオランダのグループの活発な発表が相次ぎ、OMI の打ち上げを間近に控えたオランダの並々ならぬ力の入れ方に圧倒される思いがした。思いおこせば、EOS-Aura に日本の ODUS (OPUS) を搭載するチャンスもあったのに、と少々残念な気持ちであった。

3.2 セッション 1 : オゾン全量および高度分布の観測と解析

昼食をはさんでセッション 1 が開始された。このセッションは翌日も引き続き行われ、オゾントレンドの話が中心であった。中でも NASA/Goddard と NOAA が協力して TOMS と SBUV データの Version 8 を長期解析用に整備した報告と、Newchurch (米, アラバマ大学) の指摘したオゾン 'recovery' の議論が目立った (TOMS と SBUV データの ver. 8 を取めた DVD は会場で配布されていた)。

1 日の午後は、まず、M. D. Müller (米, NASA/GFSC) が SBUV/ver. 8 の放射データ同化の報告をした。SAGE/SAGE II が成層圏オゾンの精度良いデータを提供してきたことは衆目の認めるところであるが、観測期間にギャップがあった。これを SBUV のデータを使って埋める努力によって、1978年から現在までの成層圏オゾンの記録が連続したデータセットとして利用できるようになった。これまではリトリバルされた気体成分の同化が行われていたが、この発表では radiance を同化してリトリバルする手法が紹介された。こういった手法は GOME や SCIAMACHY にも応用されている。

前半 4 件は 'Satellite' とサブタイトルがついたセッションであったが、その中では B. Michael (独, DLR) の講演は少々毛色の変った話に思えた。成層圏に、'quietlayer' と呼べる比較的変動の少ない層がある、と

いうことで、データ検証はこの高度でやるのがよいということであった。内容は興味深かったのだが、他の発表と比べ唐突で、どうしてこのセッションで、という印象だった。後日ドイツのグループと食事に行った際、プログラム編成のことが話題になり、同セッションに異質な内容が混在しているなどの批判があった。

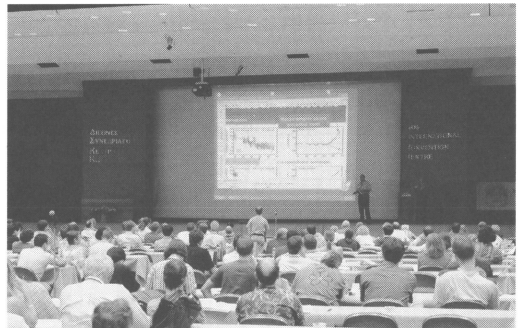
後半は 'Data Analysis' とサブタイトルがついており、最初の発表は主催者 Zerefos のグループから Tourpali (ギリシャ, テサロニキ大学) がオゾントレンドにおよぼす太陽活動、中でも光解離に関する紫外線量の変動の影響について発表した。誰かがやらなければやらない仕事をきちんとしているなあ、と感心してしまった。2 件目は日本の MU レーダーのグループの発表だったが、なぜかキャンセルされていた。

全体によくオーガナイズされた会議だったという印象を持った。しかし、会場は大変広く立派であったのだが、発表者の顔が見えない、質問しにくいといった批判も出ていた。こういう意見もあったことは、我々も今後の会議運営の参考にしないといけないと感じた (なお、筆者自身は最近オペラグラスと虫眼鏡を持ち歩いているので、視力低下にもかかわらず発表者の顔までしっかり観察してきた)。(林田佐智子)

4. セッション 1 (続) - 2 日目と 3 日目午前

大会 2 日目も引き続き Session 1/Topic 1 の発表が行われ、前日から話題となっていた Newchurch (米, アラバマ大学) の招待講演に続き、17 件の口頭発表、およそ 130 件のポスター発表が行われた。この日の口頭発表は大きく 3 つのパートに分けられており、前日に続きデータ解析、次に極域オゾン、統計解析の順で進行した。

Newchurch の招待講演は、最近彼自身が発表した



第 3 図 会場での発表風景。

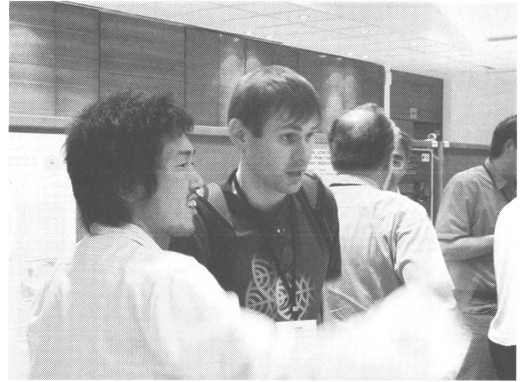
上部成層圏におけるオゾン減少トレンドの減速に関する話題の、下部成層圏への拡張であった。下部成層圏においても上部成層圏で行った方法と同様に、いくつかの観測データの長期オゾン変動から、1年周期、準2年周期(QBO)、太陽活動の周期の変動を差し引いた残りの変動を基に解析を行っていた。この残差の時間変動から1979-1997年でトレンドを取り、それを1998-2004年に伸張したものと、残差の値を比べることにより回復傾向を見出した。この発表に対する反響は非常に大きく、中でも、Stolarski(米、NASA/GSFC)は激しく嘖みつけていた。確かにNewchurchの示した結果には、まだ不明確な部分も多いのかもしれない。しかし、フロン類の排出が規制されて十数年経過し、そろそろオゾン層の回復が期待される昨今だけに、彼の発表は多くの研究者の関心を引いた。

その後、オゾンの回復傾向の話題とは少し離れたが、データ解析のパートの発表が数件続いた。Koch(スイス、ETH)はスイスで観測されたオゾン全量異常(mini-hole, mini-high)への力学的効果の寄与を見積もった。実はこの内容は筆者の本大会でのポスター発表の内容と近く、彼女に選考で負けてポスター発表になったのかと思うと、少々悔しい思いがした。ちなみに筆者の発表は、南北両半球におけるオゾン全量の極小現象(mini-hole)を対象とした解析であった。

続いて、中根(環境研究所)は筑波で1988年から行われているオゾンのライダー観測について発表した。今大会で日本人の口頭発表はわずか4人であった。筆者を含め、次回大会での奮起を期待したい。また、Rogal(米、ウィスコンシン大学)は、南極オゾンホールを取り巻くオゾン極大領域の、東西非一様性に与える北半球からの影響を、モデルを用いて解析した。

昼前からは極域オゾンのパートが始まった。Peter(オランダ、KNMI)は、南極で初めて大規模突然昇温が起き、オゾンホールが2つに分かれた2002年春の事例について、オゾン同化モデルを用いて調べた。突然昇温の間、下部から中部成層圏では渦輸送により、非常に大きいオゾンの極向きフラックスがあるが、上部成層圏では逆に、平均流により赤道向き輸送が卓越すること、またこの間化学的オゾン破壊も増すことを示した。

Streibel(独、AWI)はオゾンゾンデデータによるMatch解析の結果を、2002/2003年の北極、2003年の南極について述べた。南極オゾンホールに対してゾンデのMatch解析が行われるのは2003年が初であり、冬か



第4図 ポスター発表する岩尾さん。

ら春にかけて160DUのオゾン破壊が報告された。また、2002/2003年の北極についてはChristensen(デンマーク、DMI)からも発表があり、彼は極渦内で平均をとる解析方法によりオゾン破壊量を見積もった。両氏ともそれぞれ同程度(〜60DU)の化学的破壊量を見積もり、この年は例年よりも少ないということだった。

その他衛星ENVISAT搭載の3つのオゾン測器(GOMOS, MIPAS, SCIAMACHY)による北極域の観測、航空機搭載のライダーによる観測などの発表が行われた。ENVISATの測器については、翌日も多くの発表があった。

筆者が今回の大会で学んだのは英語の発表を理解するコツだ。発表者の話に気を取られる前に、示された図を理解するのが先だということに気が付いた。大収穫だ。(岩尾航希)

6月2日の午後と3日の午前中はオゾンの統計解析結果関係の発表である。Frith(米、SSAI)はTOMSのVer.8とSBUVのVer.8のデータを使ってオゾン長周期の変動を解析した結果を報告した。Godin-Bekmann(仏、CNRS)は、フランス南部でのオゾンライダー観測から得られた、短周期と長周期の鉛直分布変動について報告した。Hansen(ノルウェー、NILU)はトロムゾの65年間のオゾン全量データを再解析し、トレンドを求めた。

そして、Logan(米、ハーヴァード大学)は下部成層圏と対流圏のオゾン鉛直分布変化について発表した。オゾンゾンデ・データを使って、中緯度のオゾン変化とQBO, AO, NAOなどとの関係を解析し、鉛直方向に有意な相関域も示した。この研究は最近の私自身の仕事に関係があるので、興味を持っている。この後も

7人の講演があり、いずれもオゾン観測データの統計解析研究であった。

午後4時から恒例のポスターセッションが始まった。皆ワインを飲みながら、ポスター発表の話をし、或いは会場横のテーブルで口頭発表の話題を続けて議論する。このようなポスターセッションの雰囲気は私が今まで参加した学会に無かったものであり、すごく良い雰囲気だと思う。これも今回のシンポジウムの特徴の一つであるのだろうか。

私自身のポスター発表は1日目と2日目であり、「亜熱帯北太平洋西部のオゾン極小について」発表した。そこで、興味がある方に自分の研究を紹介し、また相手の方からもたくさんのコメントをもらった。という形で無事に発表を終了した。

今回のオゾンシンポジウムに参加したことを通じ、自分の研究を発表した上、オゾン研究の様々な面での研究の話を聞いたり、様々な研究方法を習ったり、最新のオゾン研究を理解したり、本当に素晴らしい経験だったと思う。(韓 建宇)

5. セッション1の2：観測手法と測器の相互比較

3日目午前のコーヒブレイク後に始まったこのセッションでは、30分の招待講演が4件、15分の口頭発表が23件、ポスター発表107件が行われた。Burrows (独、ブレーメン大学)の口頭発表では、GOMEとSCIAMACHYの衛星観測による、大気と気候変動研究のための新しい測定手法とその観測結果が紹介された。2001年2月に打ち上げられたENVISAT/SCIAMACHYは、220-2380 nmの波長域を8チャンネルで測定できる。南半球の2002年8月のOCIO測定マップでは、極渦内での活性化が明瞭に観測され、GOMEデータとも全体的によく一致していることが示された。Bhartia(米、NASA/GSFC)は、SBUVとTOMSの25年間のオゾン観測と、新しい解析Ver. 8の特性、その情報の内容、プロダクトの報告があった。SBUVとTOMS両データはVer. 8のアルゴリズムですべて再処理され、現在では利用可能になった。シンポジウム会場ではVer. 8データ入りDVDの配布がなされていた。Ver. 8の改良点として以下の点が報告された。Ver. 7のオゾン全量データでは、特に南極域で地上観測値との差が大きかった。その原因は雪や氷が雲として仮定されたことによるが、その点がVer. 8では修正され、よく一致すること。また、1996年以降のEP/TOMSとそれ以前のTOMSデータ値とのギャッ

プについても2%程度の修正がなされたこと。しかし、2001年7月以降は衛星の劣化によってデータ品質が悪化し、トレンド解析には注意が必要なこと。SBUVのVer. 8では、安定した測器の目盛り校正が可能となり、仮定によるトレンドへの影響がなくなったこと、垂直分解能が幾分良くなったこと、などである。

ポスター発表では、各種衛星観測、ドブソンやブリューワーによる全量観測、反転観測、オゾンゾンデ観測、FTIRでの観測、地上オゾン、地上UV等々、多岐にわたる議論が16時30分から2時間以上活発に行われていた。特に北極域の40 km付近でのオゾントレンドは、SAGEやドブソンの反転観測結果から減少傾向が認められており、その回復時期の議論が数多くなされていた。

このような解析では、測器の測定精度と誤差評価及び測器相互の比較検証がとても重要であり、関連する解析や問題点など現状報告を含む報告があった。Evans (米、NOAA)らは、オゾン全量の絶対値をハワイ・マウナロア観測所で世界標準のドブソン分光計No. 83号器により、ラングレープロット法で毎年検定しており、そのキャリブレーションの確度は、第二標準器を含めて1988年以降 $\pm 0.5\%$ の範囲であることを報告した。この精度は、測器の誤差がほとんどないことを意味している。

Koehler (独、ホーヘンパイセンバーク観測所)による発言、「最近の各種衛星測器やライダー、ブリューワー分光計など近代化した測器が導入されて既に20年以上歴史を持つ中で、ドブソン分光計は70年以上前に開発された測器である(ドブソンは化石)にも関わらず、オゾン監視のバックボーンとして、重要な役割を担っている(“Dobsons are fossils, but still a backbone of ozone monitoring.”)」は、興味深い。

ドブソン分光計の特徴としては、1970年代以前の長期データを保有すること、その測定精度と測器の劣化による影響が少ないことが挙げられる。オゾン観測のバックボーンとして他の測器をリードしていることは、ドブソン専門家の長年の努力とその功績といえる。

(宮川幸治)

6. セッション2：大気化学と力学：モデルと観測

このセッションは6月4日午後から5日午前にかけて1日間行われ、主に対流圏および成層圏におけるオゾン濃度の変動に関する研究成果を中心とした発表が行われた。口頭およびポスター発表ともに、セッション

ン名にあるように、オゾンなど大気微量成分の化学過程や力学過程およびそれらの複合過程を扱い、様々な解析データ（ゾンデ・衛星などの観測データや2次元全球化学輸送モデル）を用い、対象領域も多岐にわたり（都市規模から全球規模、対流圏から中間圏まで）、非常に多様性に富んだセッションであった。

Chipperfield (英、リーズ大学) は、3次元化学輸送モデルの計算結果をもとに、過去10年規模の中緯度成層圏オゾンの減少は塩素と臭素の変動が主な要因であることを示した。更に、成層圏における Age of air は、モデルの鉛直座標に気圧座標を用いた場合には過小評価するが、温位座標を用いると現実的な分布となりオゾン分布再現の成功につながることを示した。Stolarski (米、NASA/GSFC) も3次元化学輸送モデルを用いてオゾン分布再現実験を行い、ピナツポ火山の影響などを考慮すれば過去10年規模のオゾン濃度の変動は比較的良く再現されると報告した。一方、Andersen (デンマーク、DMI) は、各国の化学輸送モデルによるオゾン分布再現実験の結果を観測データと比較し、多くのモデルがオゾン全量の季節進行の再現に問題を抱え、オゾン分布の将来予測のためにも更なるモデルの改良が必要であると指摘した。

中島 (環境研究所) は、ILAS-II による成層圏オゾン観測結果を示し、南半球極域におけるオゾン破壊の時間推移と極渦内におけるオゾン濃度の不均一性を報告した。Goutail (仏、CNRS) は、北極域冬季のオゾン全量減少量は成層圏の気温に強く依存し、2002/03年は下部成層圏で特に低温であったためにオゾン全量の減少が非常に早い時期（12月初旬）から見られることを示した。この他にも、Sinnhuber (独、ブレーメン大学) は太陽プロトンイベントが極域成層圏オゾンへ与える影響をモデル実験により評価し、Millard (英、ケンブリッジ大学) は南極におけるオゾン減少率を Match 解析により見積もり、Egorova (スイス、ETH)、柴田・関山 (気象研究所) らは太陽周期に伴うオゾン分布の変動について報告した。更に、Schoeberl (米、NASA/GSFC) による対流圏・成層圏物質交換過程に関する研究や、Andronova (米、イリノイ大学) による温室効果気体増大の成層圏化学への影響など、興味深い研究発表が数多くあった。

国際会議であれば当然な状況であるかは私の経験不足で判断しかねるが、特にポスターセッションにおける活発な議論、発表者の積極性などには学ぶべき点が多くあり、非常に有意義な会議参加となった。しかし

ながら、楽しみにしていたポスター発表の幾つかがキャンセルされていたのは残念であった。(宮崎和幸)

7. セッション3：オゾン-気候相互作用

オゾン-気候相互作用というタイトルから想像されるより、はるかにバラエティに富んだ内容であった。つまり、オゾン破壊によってもたらされる下部成層圏の気温の低下、地表面気温の低下、及び温室効果ガスの増加による成層圏気温の低下とそのオゾン層への影響という話題がセッション名から想像されるが、むしろ「オゾン層の回復」に関する気候や対流圏化学を含んだモデリングの発表が多かった。Schnadt (スイス、ETH) は、極域オゾントレンド、成層圏水蒸気及び気温のトレンド、北大西洋振動 (NAO) や海面温度 (SST) を含め広範囲に最近の研究のレビューを行った。また、欧州プログラム SCOUT (Stratosphere-Climate Links with Emphasis on the UTLS) には、化学・気候モデルによるオゾン、気候、紫外線の将来予測が含まれていることを紹介した。Wang (米、ニューヨーク州立大学) は、化学・気候モデルによる計算結果を様々な実測データと比較したが、力点是对流圏オゾンに置かれていた。Wuebbles (米、イリノイ大学) は2次元モデルによる「オゾン層の回復」のシミュレーションを紹介した。“recovery”と常に括弧付きでパワーポイントに記入してあり、実際にやっていることは sensitivity study であつたり、「線形近似 (折れ線) よりも化学輸送モデルの方がオゾン層の回復を検出し易い。」と主張したり、正直に言えば、「“recovery”という言葉を使わなければよほど本当の研究の内容がはつきりするの。」との感想を持った。オゾン-気候相互作用の大きなトピックの一つに、過去のオゾントレンドに気候変動による気象場の変化の寄与があるのではないかという問題があり、これは「2002年オゾン層破壊科学アセスメント」でも定量的に扱うに至らなかったものである。Hudson (米、メリーランド大学) は、北半球のオゾン全量データから亜熱帯フロント、極フロントの位置を同定し、これらのフロントに北上するトレンドのあること、これがオゾン全量の減少トレンドに寄与していることについて発表した。同様の報告は、南半球についてもポスターで行われた。Orsolini (ノルウェー、NILU) はアリューシャン-アイスランドシーソー (AIS) がオゾンの年々変動と関連して重要であることについて述べた。これらの発表を聞きながら、「オゾン層の回復を統計的に有意に検出できるのはいつ

か？」という議論も盛んであるが、それは年々変動やプラネタリー波の変動の影響をどこまで解析し得るかに大きく依存しており、そのような立場からのデータ解析やモデリングこそが重要であると強く感じた。Rex (独, AWI) は、北極域における冬から春にかけてのオゾン減少について、化学と力学の寄与を定量的に示した。そこには、極域成層圏雲の体積とオゾン減少の正の相関、火山噴火や極域の気温の低下による追加的なオゾン破壊、residual circulation が化学と力学の両面でオゾン減少に寄与していることなどが含まれていた。また、北極域オゾン破壊が1月には異常に大きい問題について、反応速度の見直しで解決する可能性のあることに言及した、非常に良くまとまった発表であった。現在を含むこの10~20年は、成層圏の塩素・臭素濃度が最大の「成層圏オゾン層が最も脆弱な期間」であり、このような状況における自然変動や気候変動に対するオゾン層の応答についての研究の重要性を改めて感じた。(中根英昭)

8. セッション4：対流圏オゾン—特に過去および未来のオゾン収支とトレンド

今回のオゾンシンポジウムでは、対流圏オゾン関係の講演はあまり多くなかったが、6日目のこのセッションでは対流圏オゾンのトレンドと収支を中心に、口頭発表10件とポスター発表50件余りがあった。以下、主な口頭発表を紹介する。Law (仏, CNRS) は化学輸送モデルを用いて、MOZAIC など航空機観測との比較から、モデルでのオゾン収支を議論した。成層圏からのオゾン輸送の再現はまだ不十分であるが、オゾン輸送量が多くなると HO_x 量の増加からオゾン消失率が増加することを示した。Wild (フロンティア研究システム) は、東アジア域を中心にモデルでのオゾン分布と観測を比較し、境界層では過大見積り、自由対流圏ではやや過少気味であることを示した。また、上海と東京でのオゾン収支に占める、地域的なオゾン生成と全球バックグラウンド成分の比を比較し、上海では地域的な成分が半分近くになるなどの結果を示した。Oltmans (米, CMDL/NOAA) は、オゾンゾンデ観測から様々な地点での地表付近および下部対流圏でのオゾンのトレンドを示した。対流圏でのオゾントrendは地域や期間での変動が大きく、一概には言えないが、カナダでは「オゾン層状構造」発生頻度との相関があること、アメリカでは変動はあるもののトレンドとはいえないこと、ヨーロッパではやや増加、日本では1980

年代まで増加でその後はほぼ一定、Cape point では1985年以降増加しつつあることを示した。Thouret (仏, 大気質研究所) は、MOZAIC のデータ解析から北大西洋域でオゾンが上部対流圏および下部対流圏でそれぞれ1.8%/年、3.4%/年の増加傾向であることを示した。また、オゾンとNAO指数との関係なども示した。Prather (米, カリフォルニア大学) は、TRACE-P 航空機観測とモデルの比較を行い、成層圏からの輸送などがよく再現されていること、Westerly duct に伴う中緯度から熱帯への輸送が見られることを示した。須藤 (フロンティア研究システム) は、1980年代からの下部成層圏でのオゾン減少が、対流圏オゾン増加率を減らしていることなどを議論した。対流圏オゾンのトレンドに関しては変動が大きく、まだ系統的な理解には至っていないという印象である。(北 和之)

9. セッション5：オゾンに関連した大気微量成分の観測と収支

シンポジウム7日目は標題テーマで、オゾン層破壊に関連した大気微量成分についての研究発表が行われた。口頭発表では、人工衛星から地球規模で観測された成層圏の水蒸気・CFCs・Cly や、対流圏 NO_x などの大気微量成分をはじめとした、最近の研究結果が多数報告された。最初に、Salawitch (米, JPL) がオゾン層破壊に関連する大気微量成分の観測の重要性についての講演を行った。彼は、世界最新の数値モデルでもオゾン層破壊を十分再現することが困難(モデルが過小評価)であることに触れ、その原因として、巻雲上の不均一反応や、ヨウ素・臭素が与えるオゾン層破壊への寄与の可能性を示唆し、BrO などの観測が必要であることを強調した。また、この問題は、最近 JPL2002 で更新された HOCl の反応速度定数を考慮に入れても解消されないことを報告した。

Anderson (米, ハンプトン大学) からは、HALOE で観測された塩化水素 (HCl) とフッ化水素 (HF) などから導かれた、上部成層圏における過去20年ほどの塩素全量の長期変動について報告があった。それによると、塩素全量は、CFCs の放出に相関して1991年から97年頃までは増加傾向にあるが、その後はわずかな増減を繰り返しながら減少しているとのことである。なお、この変動の原因については十分解明されていないようである。

Richter (独, プレーメン大学) は GOME で観測された対流圏 NO₂ 全量を MOZART CTM と比較した

結果について報告した。対流圏 NO₂は、1996-2002年間でヨーロッパや米国南東部では減少を示す一方、中国工業地帯や米国北東部では大きな増加を示した。

その他、2001年に打ち上げられた ODIN で観測された水蒸気などの最新の解析結果などについて、多くの報告が行われた。また、ポスターセッションでは、衛星・地上観測・モデルなどで得られた大気微量成分・エアロゾル(PSC)の発表が行われた。筆者自身もフーリエ変換分光計(FTS)で観測した成層圏微量成分の発表を行ったため、全ての発表を聞くことができなかったのは残念であったが、筆者に関係する発表としては、Schneider(独、カールスルーエ大学)による、FTSで観測された化学種の高度情報についてのアペレーシングカーネルを用いた新しい解析方法と、それから得られる分子鉛直分布の精度(なまり方)についての報告が興味を引くものであった。彼等を含め地上FTSで微量成分を観測している研究グループでは、SLIMCAT CTMとの比較がよく行われているが、どのグループも両者が十分一致しないのが問題となっていた。しかし、モデル開発者のChipperfield(英、リーズ大学)がセッション2で発表していたところによると、原因はモデルの方にもあるそうである。本シンポジウム全体を通して、今後、塩素量とオゾンの長期変動を観測からどのように精度よく導くのかということが焦点の一つになっていたと感じた。(香川晶子)

10. 最終日の2つのセッション

10.1 セッション6：オゾンおよび紫外線放射

最終日の8日午前は、Kerr(カナダ、環境庁)の招待講演で始まった。UV放射量と他の地球物理諸量との関係をレビューした。

最近では日本でも、天気予報の中でUV強度についての予報が発表される機会が多くなってきた。初期のオゾン観測も地表UV強度の測定を目指すことから始まったことを考えると、UV測定こそオゾン観測の最も基本かもしれない。さて、UVセッションでは、招待講演のようにUV強度に影響をおよぼす要素についての研究、モニタリングと長期変動傾向、各国のUV観測ネットワークと観測の質の維持、等々の報告があった。

特に、McKenzie(ニュージーランド、NIWA)は1978年以降のニュージーランドにおけるUVスペクトル強度観測について、最新の現状報告を行った。ニュージーランドでは、長年減少傾向にあったオゾン全量に

下げ止まりを認めることができ、それに伴い夏季のUVピーク強度の増加傾向も頭打ちになってきたとのこと。オゾンとUV量の関係を考えれば当然の結果だが、精度の高い、長期観測データで示したことに大きな意味がある。

また、Gröbner(イタリア、欧州共同体研究施設)はヨーロッパのQASUMEという、観測の質と制度を保証するための、移動型標準分光計を用いたヨーロッパ域内UVスペクトル観測ネットワーク内比較観測の結果を報告した。ヨーロッパでは、UV予報は天気予報と同様当たり前の情報になりつつあることを感じさせる。ただ、実際に地上で得られるUV量と雲やエアロゾルとの関係については、まだ判然としないという印象を受けた。TOMS等の衛星からの地表UV量導出にもまだまだ問題は多い。

10.2 セッション7：熱帯域のオゾン

午後は、熱帯が主要テーマであった。Brunner(スイス、ETH)が熱帯対流圏オゾン分布の大規模構造に関して、まず講演した。しかしここでは、なんといてもThompson(米、NASA/GSFC)が主導してきたSHADOZネットワークの成果発表が圧巻である。ヨーロッパもENVISATをはじめとする衛星の検証実験ということで、赤道(熱帯域)で様々な地上・大気球観測を実施してきている。柴崎(國學院大学)もインドネシアのワトコセでの10年に渡るオゾンゾンデ観測結果を報告し、北(茨城大学)はタイでの対流圏オゾン変動について、バイオマス燃焼や対流・力学輸送との関連を報告した。熱帯域を理解するには、インドを含め東南アジアの影響が大きく、日本の果たすべき役割は多い。

一つ印象に残ったことは、J.-P. Pommereau(仏、CNRS)のグループが発表していた、長時間浮遊気球による微量成分観測結果である。日本の南極観測でも実施しているような、赤道域を一周するような気球での観測である。日本でも、計画できないだろうか？

(柴崎和夫)

11. オゾン層回復に関する議論

今回のオゾンシンポジウムで発表・議論されたことについて、IOCのまとめが公表されている。特に今回議論が沸騰した「オゾン層の回復」に関連した点についてのまとめは、概略以下のようなものである。

次の事実の確認については多くの研究者に異論はない。「モントリオール・プロトコルの実施で大気中の

CFC 濃度は減少しており、成層圏の活性塩素濃度もほぼ一定濃度レベルになり、ピークを過ぎた。では今後のオゾン層回復を議論するときには、以下の3段階を確認して初めて、はっきりオゾン層が回復したと認められるだろう。

1. 統計学的に有意な、オゾン減少トレンドの緩和
2. 既知のすべての外的影響を取り除いた後でも、統計学的に有意なオゾン増加傾向がある
3. 成層圏オゾン層が1980年代以前のレベルに達する

現状は第1段階の議論であり、第2段階に入るにはまだ10年単位の良質な観測継続が必要である。オゾン層回復の検出には、まだ時間が必要であり、今は忍耐強く待つ時であろう。

ということである。なお、全文はIOCのホームページで読むことができる。(柴崎和夫)

謝 辞

最後に、本文中の写真は図1～3が主催者側により、図4はNOAAのEvans博士が会期中に撮影したものを(オゾンシンポジウムのホームページで閲覧可能)使用させていただいた。快く掲載を許可していただいたZerefos, Evans両博士に心から感謝します。

略語一覧 (アルファベット順)

ACD : Atmospheric Chemistry Division 大気化学部門
 AO : Arctic Oscillation 北極振動
 AWI : Alfred-Wegener-Institut für Polar-und Meeresforschung アルフレッド・ウェーグナー極地海洋研究所
 CMDL : Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory 気候監視診断室
 CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique (French National Center for Scientific Research) フランス国立科学研究センター
 CTM : Chemical Transport (Tracer) Model 化学輸送モデル
 DLR : German Aerospace Center ドイツ宇宙航空センター
 DMI : Danish Meteorological Institute デンマーク気象研究所
 ENVISAT : ENVironment SATellite 環境監視衛星
 EORC : Earth Observation Research Center 地球観測利用推進センター
 EP : Earth Probe 現在稼働している唯一のTOMSを

搭載している衛星
 ETH : Swiss Federal Institute of Technology Zurich スイス連邦工科大学
 EU : European Union 欧州連合
 FTIR : Fourier-transform Infrared spectrophotometer フーリエ変換赤外分光光度計
 GOME : Global Ozone Monitoring Experiment 全球オゾン監視装置 (ERS-2衛星搭載)
 GOMOS : Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars 恒星掩蔽法による全球オゾン監視装置 (ENVISAT 衛星搭載)
 GSFC : Goddard Space Flight Center ゴダード宇宙飛行センター
 HALOE : Halogen Occultation Experiment ハロゲン観測センサー (UARS 衛星搭載)
 ILAS-II : Improved Limb Atmospheric Spectrometer-II 改良型大気周縁赤外分光計II型 (環境観測技術衛星 ADEOS-II 搭載)
 JAXA : Japan Aerospace EXploration Agency 宇宙航空研究開発機構
 JPL : Jet Propulsion Laboratory ジェット推進研究所 (NASA)
 KNMI : Royal Netherlands Meteorological Institute オランダ王立気象研究所
 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)
 MOZAIC : Measurement of OZone by Airbus In-service aircraft 民間定期航空機利用のオゾン観測
 MOZART : Model of OZone And Related chemical Tracers オゾンおよび関連微量成分用化学輸送モデル
 NAO : North Atlantic Oscillation 北大西洋振動
 NASA : National Aeronautics and Space Administration 米国航空宇宙局
 NCAR : National Center for Atmospheric Research 米国大気科学研究所
 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
 ODUS : Ozone Dynamics Ultraviolet Spectrometer 紫外分光計方式のオゾン観測センサー
 ODIN : スウェーデンが2001年に打ち上げた小型衛星 (サブミリ波観測器と可視紫外分光計を搭載)
 OMI : Ozone Monitoring Instrument オゾン観測用紫

外後方散乱光撮像型分光計 (NASA の EOS-Aura 衛星搭載)
 OPUS : Ozone and Pollution monitoring Ultraviolet Spectrometer 広域大気汚染監視紫外線分光計
 PRL : Physical Research Laboratory インド物理学研究所
 PSCs : Polar Stratospheric Clouds 極成層圏雲
 QBO : quasi-biennial oscillation 準2年周期振動
 QASUME : Quality Assurance of Spectral Ultraviolet Measurements in Europe 欧州内紫外線スペクトル測定品質保証計画
 SAGE : Stratospheric Aerosol and Gas Experiment 成層圏エアロゾル・気体成分観測センサ (I, II, III まである)
 SSAI : Science System and Applications Incorporation (NASA の契約会社)
 SBUV : Solar Backscatter Ultraviolet Instrument

太陽後方散乱紫外線センサー (NIMBUS-7衛星搭載)
 SCIAMACHY : Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography 大気成分地図作製用走査型撮像分光計センサ (ENVISAT 衛星搭載)
 SHADOZ : Southern Hemisphere Additional Ozone-sondes 南半球付加的オゾンゾンデ (観測ネットワーク)
 SLIMCAT : Single Layer Isentropic Model of Chemistry And Transport 大気化学・輸送モデル
 SST : Sea Surface Temperature 海面温度
 TOMS : Total Ozone Mapping Spectrometer オゾン全量地図作製分光計センサ
 TRACE-P : TRansport And Chemical Evolution over the Pacific 航空機による太平洋上空の化学物質輸送・変質過程観測

第2回天気予報研究会開催のお知らせ

日時：2005年2月18日(金) 13時30分～17時30分

場所：気象庁大会議室(気象庁5F)

千代田区大手町1-3-4

主題 「新しい観測システムの短時間予報への利用」

総合講演

鈴木 修(気象研究所気象衛星・観測システム研究部)

「新しい観測システムとシビア現象の監視・直前予測での利用について」

講演

1. 原 基(気象庁予報部予報課)

「沿岸前線と低層ウィンドシアー」

2. 吉野勝美(全日本空輸(株))

「首都圏に発現する激しいメソ擾乱の1パターン」

3. Randolph Ware(代理発表 門倉克矩)
(Radiometrics Corporation)

「マイクロ波放射計プロファイルデータを用いた短時間空港気象予報」

4. 山下順也(気象庁観測部観測課高層気象観測室)

「ウィンドプロファイラーが捉えた台風第16号の構造変化」

5. 味崎利光, 鈴木智幸(航空自衛隊気象業務隊)

「衛星赤外データを用いた台風の時空間変動解析」

6. 石川直広(気象庁予報部数値予報課)

「雲解析と3次元変分法を用いたモデルの初期値化」

7. 瀬古 弘(気象研究所予報研究部)

「1999年7月21日の練馬豪雨をもたらした降水系の同化実験」

8. 八尾 孝(気象大学校)

「注警報発表作業におけるプロファイラーなど観測資料の活用」

9. 富山芳幸((株)ウェザーニューズ予測値精度向上研究所)

「災害予防段階の意思決定と情報」

各発表の講演要旨は天気予報研究連絡会ホームページ(気象学会 HP → 研究連絡会ページ → 天気予報研究連絡会 HP, または

<http://members.jcom.home.ne.jp/tenkiyoho/>) をご覧下さい

主催：日本気象学会天気予報研究連絡会

問い合わせ先：連絡会事務局：山岸米二郎

(tenkiyoho@jcom.home.ne.jp)