

「大気化学ミレニアムシンポジウム：大気化学の過去，現在，未来」参加報告*

谷本浩志**

1. はじめに

2001年1月14日から19日にわたって、標記のシンポジウムがアメリカ合衆国アルバカーキーにおいて開催された。本シンポジウムはアメリカ気象学会第81回年会の一部として位置付けられ、千年紀の節目を迎えるにあたって、大気化学に関する研究の過去と現状を総括し、これから進むべき道筋を議論することを目的に開催されたものである。アルバカーキーはニューメキシコ州の州都であるものの、世界遺産の一つであるプエブロ（インディアンマンション）で有名なサンタ・フェの方が日本には馴染みがあるかもしれない。エキゾチックで美しい街並み、広大で赤茶けた大地、澄みきった青空と輝かしい夕焼け、そして夜は溢れんばかりの星空、と大気科学 (Atmospheric Science) の学会を開催するには非常に良い場所である。

会場は、ダウンタウンにあるアルバカーキーコンベンションセンターであった。ダウンタウンはオールドタウンとは異なり、近代的なビルが立ち並ぶ街であったが、コンベンションセンターはアドビ（日干しレンガ）式建築を想わせる色彩にデザインされたもので非常に印象的であった（第1図）。

アメリカ気象学会の年会は、多くの異なるテーマのシンポジウムが大部分平行に、そして一部は相互に乗り入れたジョイントセッションとして行われている。今回の報告では筆者が参加した標記のシンポジウムに限って報告する。

大気化学ミレニアムシンポジウムは、



第1図 会場となったアルバカーキーコンベンションセンター。

- セッション1：大気化学の歴史
- セッション2：大気化学の現在
- セッション3：対流圏化学における衛星の役割
- セッション4：大気化学における雲の役割
- セッション5：都市・地域スケールの相互作用：発生源としての巨大都市
- セッション6：エーロソルが放射収支と光化学に与える影響
- セッション7：対流圏モデリング：気象と化学のカップリング
- セッション8：大気化学の未来：複合領域研究の必要性
- ジョイントセッション1：エーロソルのグローバル気候的な描像（「第12回地球変動と気候変化に関するシンポジウム」との共催）

の8つのメインセッションと1つのジョイントセッションに分けて構成されており、これらの口頭発表とポスターセッションが4日間にわたり行われた。発表は口頭発表が約60件、ポスター発表が21件であったが、ポスター発表が少ないように感じられた。

* Report on "A Millenium Symposium on Atmospheric Chemistry: Past, Present, and Future of Atmospheric Chemistry"

** Hiroshi Tanimoto, 東京大学大学院理学系研究科(現所属：国立環境研究所大気圏環境研究領域大気反応研究室)。

以下、印象に残った発表や議論の概略を、口頭発表を中心に紹介したい。

2. 口頭発表

シンポジウムはまず、「大気化学の歴史」をレビューすることから幕を開けた。G. M. Hidy (Envair/Aerochem), W. R. Stockwell (砂漠研究所), J. S. Gaffney (アルゴンヌ国立研究所), Y. Chun (韓国気象庁) がそれぞれエアロソル、放射化学、パーオキシアセチルナイトレート、黄砂について、研究の歴史をレビューした。それらが発見された経緯から現在にいたるまでの道筋をいささかの懐かしみを込めて語り、さながら歴史の講義のようであった。

セッション2から7までは現在行われている研究の成果が、主に観測とモデルの観点から各講演者によって発表された。

W. H. Brune (ペンステート大学) は対流圏におけるオゾンの光化学生成について、水酸ラジカル (OH) や窒素酸化物 (NO_x) の観点から議論した。近年のさまざまな場で行われた野外観測キャンペーン (例えば、大洋上、森林地帯、都市地域) で得られた成果を紹介し、今後の対流圏光化学プロセスをより良く理解するために必要な Fast Photochemistry (ラジカルなど短寿命気体成分の光化学) 研究の方向性を指摘した (Brune, 2000)。

J. D. Fuentes (ヴァージニア大学) は北極域にみられる春季の急激な地表オゾン破壊現象を解明するための観測キャンペーン (ALERT 2000) の成果について紹介した。彼らはオゾンゾンデを用いた観測により、オゾン破壊の鉛直スケールを調べ、大気境界層が安定な時には高度2000 mにまでもオゾン破壊が及んでいることを見出し、化学過程のみならず気象的要因も現象に大きく寄与している可能性を指摘した。

A. M. Thompson (NASA/GSFC) は TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) の衛星データを使った対流圏オゾン・エアロソルの研究について、最近の成果を紹介した。中でも印象的だったのは、汚染物質の大陸内長距離輸送の様子が衛星によって捕えられたことである。1999年7月に、北米大陸西岸から南東岸まで汚染気塊が輸送されてゆく様子を追うことに成功しており、衛星センサーによる大気化学研究も対流圏をターゲットにしうる時代に入ったことを印象付けた発表であった。対流圏オゾン研究における次の展開の一つと言われている、大陸間長距離輸送の研究への応

用が大いに期待できるところである。熱帯における最新の成果は Thompson *et al.* (2001) を参照されたい。

M. Z. Jacobson (スタンフォード大学) は GATORG (Gas, Aerosol, Transport, Radiation, and General Circulation Model) モデルを用いて、ブラックカーボン (元素状炭素) が放射収支に与える影響を考察した結果について発表した。直接の放射収支がメタンを凌ぐほど大きいことが明らかとなり、特にディーゼル車に対する規制においては二酸化炭素を規制するよりもブラックカーボンをコントロールする方が大きい効果をもたらすことを指摘した。

B. Rappenglueck (ミュンヘン工科大学) は観測例が希薄である地中海に存在するクレタ島におけるオゾンの観測について報告した。清浄な海洋性大気であるはずのクレタ島にもアテネやイスタンブールといった地中海沿岸の都市における人間活動の影響が及んでいることを示唆した。

その他では、INDOEX (Indian Ocean Experiment), TOPSE (Tropospheric Ozone Production about the Spring Equinox), TEXAS AQS-2000 (The Texas Air Quality Study 2000) などに代表される観測キャンペーンの成果が興味深いものであった。

INDOEX では、地上・航空機・船舶・衛星・モデルを駆使して、インド洋上のエアロソルの特性を精査するとともに、放射強制力へのインパクトが考察された。S. K. Satheesh (カリフォルニア大学サンディエゴ校), V. Ramanathan (Center for Clouds, Chemistry, and Climate) らの発表で、インドを中心とする南アジア地域において急激に増大している人間活動が熱帯・亜熱帯の強い太陽光と海洋性大気の下、アラビア海からタイに及ぶ巨大なエアロソルのヘイズ (もや) を形成していることがその場 (in situ) の化学・物理観測と衛星画像から明らかとなった (Lelieveld *et al.*, 2001)。

また、TOPSE では対流圏オゾンに関する古典的な問題である、オゾンの春季極大現象に関して、北米大陸上の中緯度から高緯度までを飛行する総合的な航空機観測が2000年2月から5月までの期間行われた。

J. D. Fast (太平洋北西国立研究所) はこれらのフライトと同期させたオゾンゾンデ観測を行って、春季極大時の対流圏オゾンの鉛直分布を導出した。その結果、対流圏界面のフォールディングによって成層圏オゾンが中部対流圏にまで侵入しているイベントを捕えることができ、中部から下部対流圏にかけてバックグラウ

ンドのオゾンレベルを20 ppbv も押し上げている可能性があることを指摘した。他の微量化学成分の観測とモデルから報告されている対流圏内での光化学過程の寄与と併せると、非常に複雑な描像が伺え、この問題の解決にはなおいっそう精度の高い観測やモデル研究のみならず、なんらかのブレイクスルーが必要ではないか、と改めて考えさせられた。

アメリカ合衆国南部の都市域における光化学汚染過程と輸送に関する観測研究である TEXAS AQS-2000 からは、J. N. McHenry (ノースカロライナスーパーコンピューターセンター) が航空機観測のためのオゾン濃度予測実験の結果を報告した。オゾンが輸送されていく様子を3次元的に予測できることは航空機観測を行う上で非常に有益となるが、まだ半定量的に再現可能な段階であり、より高い時空間分解能の必要性が指摘された。

最終日には、「大気化学の未来」として複合領域研究の必要性が議論された。

V. Ramanathan は衛星画像を大気化学観測に有効に利用できた INDOEX を事例に出し、今後はその場観測、衛星画像、そして3次元全球モデルを有機的に結合して、大気化学・物理プロセスの解析を行い、将来予測を行っていくべきであると提案した。

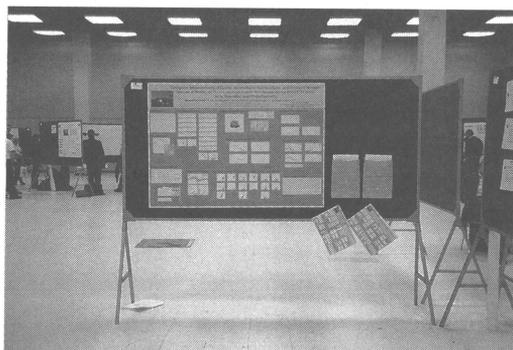
J. S. Gaffney は大気圏—生物圏物質循環と気候・大気質変動の相互作用を強調した。例えば、気温の変化によって、揮発性有機化合物(オゾンの光化学生成を含む対流圏光化学に寄与)の生物圏から大気圏への放出や、生物の光合成活性が変化する影響を定量的に研究する必要性を指摘した。また、酸性雨や汚染物質の乾性沈着などによるストレスで生物起源物質の放出量がどの程度変化するのか、といった研究も推進する必要があると提案した。

最後に、J. M. Miller (世界気象機関) が WMO (世界気象機関) が進めているオゾンや温室効果気体の観測網の現状と今後の取り組みについて話し、大気化学の発展のためには異なるプラットフォーム(例えば、衛星)から得られたデータをも含めてデータ統合化を図る必要がある、と強調した。

3. ポスター発表

ポスター発表は約20件であったので、残念ながら盛況とはいえなかった(第2図)。

C. Andronache (Atmospheric and Environmental Research Inc.) はエアロソルの乾性・湿性沈着による



第2図 ポスター発表の様子。

除去を粒径別にシミュレートして、INDOEX の観測値と比較した。比較的良い一致が得られ、モデルスキームの妥当性が確かめられた。この他にも TOMS と GOES (Geostationary Orbiting Environmental Satellite) の衛星データを用いて導出されたエアロソルの相互比較を行ったり、タスマニアの Cape Grim における長期間、かつ高頻度の観測から、メルボルンからの各化学種の放出量を見積もった発表があった。筆者も大学院博士課程において行った研究の成果を「北東アジア周縁域北緯45度における地表オゾン、非メタン炭化水素、反応性窒素酸化物の春季観測：NO_xの種類と光化学」というタイトルで発表した。発表の内容は、北海道利尻島で観測した地表オゾンと反応性窒素酸化物の季節変化の要因を化学過程と輸送過程の点から解明したものである。シンポジウムに参加した研究者からは、東アジアと北米・ヨーロッパにおける大気質 (Air quality) の特色の差異や、東アジアの大陸性バックグラウンドとなるシベリア気塊中の化学種の動態について頻繁に質問を受け、対流圏オゾンの研究も「地球規模(グローバル)大気汚染」の一部としての「地域規模(リージョナル)大気汚染」という認識が定着し始めていることを実感した。その他、同伴者として学会に参加されていた研究者の奥様から、地球規模の環境といった視点から対流圏オゾンの将来予測について熱心な質問を受けたことが特に印象に残った。大気環境科学は人間活動が地球大気に摂動を与えているために呼ばれる言葉であり、ここに厳密には大気物理学や大気化学とは区別されるべきものである。一般の人にはむしろ、人間活動の増大による大気環境の将来がどうなるのか、といったことが非常に関心事なのであろう。研究に没頭していると、ともすれば忘れそうになる視点を、アメリカに来て改めて考えさせられた出来

事であった。

4. 終わりに

大気化学の視点から深い議論を行うには、大気化学に特化した他の学会と比較すると、本シンポジウムに若干の物足りなさを感じたことは否めない。しかし、合同で行われたポスターセッションでは気象学の基礎的・基盤的なトピックスにも触れることができ、大変有意義であった。

最終日の講演終了後、学会会場でフィエスタ(Fiesta)と称して、その名の通り盛大なお祭りが行われた。カラフルな衣装を着ておめかしした子供たちによる民族ダンスショーや、メキシカンフードのサービスなどがあった。ここでもインディアン、スペイン、アングロサクソンの文化が入り混じったニューメキシコを実感することができ、さまざまな分野を内包する気象学会とだぶって見え、その年會を開催するにふさわしい場所であったのではないかと改めて感じられた。

謝 辞

今回のシンポジウム参加にあたり、日本気象学会国際学術交流委員会より旅費の一部を援助していただきました。ここに謝意を表します。また、本稿の査読をしてくださった気象研究所の山本 哲編集委員に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- Brune, W., 2000 : OH and HO₂ : Sources, interactions with nitrogen oxides, and ozone production, IGActivities, (21), 3-6.
- Lelieveld J., P. J. Crutzen, V. Ramanathan, M. O. Andreae, C. A. M. Brenninkmeijer, T. Campos, G. R. Cass, R. R. Dickerson, H. Fischer, J. A. de Gouw, A. Hansel, A. Jefferson, D. Kley, A. T. J. de Laat, S. Lal, M. G. Lawrence, J. M. Lobert, O. L. Mayol-Bracero, A. P. Mitra, T. Novakov, S. J. Oltmans, K. A. Prather, T. Reiner, H. Rodhe, H. A. Scheeren, D. Sikka and J. Williams, 2001 : The Indian Ocean Experiment : Widespread Air Pollution from South and Southeast Asia. Science, **291**, 1031-1036.
- Thompson A. M., J. C. Witte, R. D. Hudson, H. Guo, J. R. Herman and M. Fujiwara, 2001 : Tropical Tropospheric Ozone and Biomass Burning, Science, **291**, 2128-2132.

略語一覧 (アルファベット順)

- AER Atmospheric and Environmental Research, Inc.
- GOES Geostationary Orbiting Environmental Satellite (NOAAの現業用静止気象衛星)
- GSFC Goddard Space Flight Center (ゴダード宇宙飛行センター)
- NASA National Aeronautics and Space Administration (米国航空宇宙局)
- WMO World Meteorological Organization



「第23回沖縄研究奨励賞」候補者の推薦募集

標記の賞について、(財)沖縄協会から受賞候補者の推薦募集がありました。

1. 対象：沖縄を対象とした将来性豊かな優れた研究(自然科学・人文科学または社会科学)を行っている50歳以下(7月15日現在)の新進研究者またはグループ
2. 内容：本賞、および副賞として研究助成金50万円
3. 応募方法：必要書類を9月30日(消印有効)まで

(財)沖縄協会へ郵送。学会・研究機関・大学または実績のある研究者の推薦が必要。

詳細な募集要領と応募用紙は日本気象学会事務局にあります。またホームページ

<http://village.infoweb.ne.jp/~fvgm0090/>

にも掲載されています。なお気象学会の推薦を希望する場合は、必要書類を準備の上、9月10日までに日本気象学会事務局に提出して下さい。