

WCRP 全球物質輸送ワークショップ参加報告*

眞木 貴史**

1. はじめに

このワークショップは、WCRPの支援をうけて、全球規模の気候変動を考える上で不可欠な微量気体、エロゾルの大気中における分布等を研究するためのもので、今回が3度目である。今回は約2年前に主に総観規模擾乱や対流の効果に着目して行われたが、今回は降水過程や地表面過程における物質の除去に主眼が置かれている。

まず最初に本ワークショップの概略を述べる。日程は4日間で、大きく分けると2つのテーマよりなっている。そのひとつが招待講演者による講演である。モデラーは言うに及ばず、観測家、雲物理学者、化学者などによって幅広い分野の講演が行われた。また、飛び入りでの講演も認められたようで、数人がプレゼンテーションをおこなっていた。もう一つのテーマはモデルの相互比較で、これは、物質の放出条件、気象条件を統一し、1年間の計算をおこなった後にその結果を他のモデルや観測値と比較するといったものである。

このワークショップの出席者はおおよそ50名で、招待講演者が10名、モデル相互比較に約15名といった内訳だった。欧米諸国からの参加が目立った。ちなみに日本人はオーストラリア連邦研究所より来た田口氏と、気象庁からの筆者だけだった。会場はケンブリッジのダウニングカレッジという落ち着いた雰囲気のカレッジであった。参加者はカレッジの個室に宿泊した。期間中は朝9時より夕方6時頃まで講演、作業部会等があり、途中息抜きのケム川下りは楽しかったもののがかなり強行軍だった。また、この時期は英国にしてはかなり暑かったようで、体調を崩し気味の人もいたよう

だ。

2. 講演

講演は先にも述べたが多様な分野についておこなわれ、正直に言って専門外の分野では消化不良のところもあった。が、物質輸送は様々な分野の知識を必要とするいわば総合科学とも言えるものである、ということを感じることはできた(物質輸送だけにかぎった話ではないが)。以下に講演の概略を紹介する(敬称略)。

ハーバード大のJacobは、エロゾルの湿潤沈着過程について系統的にまとめた講演をおこなった。湿潤沈着過程をオーダーごとに分け、それぞれの得失を論じるといった構成で、これまで雑多に吸収してきた知識を整理することができたように思う。ワニンゲン大のLelieveldは雲化学について特にSO₂(二酸化硫黄)に焦点をあて、凝結・蒸発の重要性を強調した。後でも少し触れるが、物質の鉛直輸送を取り扱う上でこれらの過程は今後の課題となるだろう。カナダ大気環境局のLeitchは、航空機観測で得た降水に捕捉されたエロゾルの粒径、組成について報告した。NOAAのBaldocchiは、植生・大気間のエロゾルの輸送について物理、化学、生物の観点から整理し、モデルとの関連について報告した。米国大気科学研究所のWalcekは、メソスケールモデルにおける湿潤沈着過程のパラメタリゼーションについて講演し、降水の効果を主に取り扱うのがよいとした。仏の国家中央科学研究所のFlossmannはエロゾルの雲物理では凝結による捕捉が全沈着量の約9割を占めることを示した。カリフォルニア州立工科大のSeinfeldはエロゾルの生成・消失過程を様々な角度から分析し、まだこれまでの知識では十分に平衡しているとはいえないことを示した。ストックホルム大のNooneはエロゾルの特性を物理的・化学的に解説し、ブルックヘブン大のSchwartzは、液相-気相間の過程について講演し、モデルに組み込む際の問題点をいくつか指摘した。台湾大のChenは全球モデルにおける沈着過程に

* Report on workshop on modeling the transport and scavenging of trace constituents by clouds in global atmospheric models, 1-4 August 1995, Cambridge, United Kingdom.

** Takashi Maki, 気象庁数値予報課.

© 1996 日本気象学会

ついて講演し、単純なパラメタリゼーションのみでは不十分で、相変化・化学過程等のより詳細な過程を組み込んだモデルが不可欠であるとした。プレゼンテーションでは、NCARのMahowaldが春季東アジアのエロゾル放出量が多いのでは？という興味深い仮説を提出していた。また、観測結果のデータベースの紹介（宣伝？）などもあった。

3. モデル相互比較

モデル相互比較は2つのシナリオが用意された。Rn（ラドン）-Pb（鉛）シナリオでは、両極域を除いた地表面からRnを一様に放出し続ける。Rnは一定の割合でPbに変質するだけで、沈着等の物理過程は一切考慮せず、生じたPbについてのみ乾燥沈着、湿潤沈着を考慮する、といったものである。SO_x（硫黄酸化物）シナリオでは、季節ごとのSO₂の放出データによって（人為起源+自然起源）SO₂を放出する。SO₂からSO₄²⁻（サルフェート）への変換は化学反応モデルがあるセンターではそれを用い、ないところでは一定の割合で変化するとした。乾燥沈着、湿潤沈着についてはSO₂、SO₄²⁻双方について考慮するものとした。計算期間は1990年7月から1991年6月までの1年間で最低3か月のスピニアップ期間を置くこととした。

この相互比較に参加したモデルは15あり、様々なタイプのもが見られた。オンラインモデルとオフラインモデルはほぼ1:1、ラグランジュモデルとオイラーモデルでは、オイラーモデルが多かった。ちなみに筆者は現在気象庁で運用している移流拡散モデル***をベースにして、物質の降水沈着・地表面沈着過程等を組み込んだモデルで参加した。モデルの解像度は全体的に粗く、最も高解像度のものでT42（約2.8°）であったため、主に物質の滞空量の季節変化、滞留期間等が検討の中心となった。

今回のモデル相互比較の特徴の1つとしてインターネットの積極的な活用があったと思う。事務局からのデータの提供や連絡、計算結果の提出等のほとんどはFTP、e-mailでなされた。また筆者はほとんど利用しなかったが、会場ではTelnet、FTP等の環境も提供され、ワークショップの合間にそれを利用して自分達のワークステーション等にアクセスしている人の姿も

見られた。今後のワークショップのあり方の方向性を示しているのではないかと感じた。

作業部会では筆者はアメリカ大陸地表付近のRn観測データとモデル計算結果の比較グループに属したが、モデルによって差はあるものの、滞空量の季節変化はほぼ表現できているように見受けられた。また、今回のテーマの一つであるRnの分布には対流が大きな役割を果たしているという感想も持った。また、この時にニューヨーク州立大学のKritzに生の航空機観測によるRn観測データを見せてもらったが、想像していた以上に観測データの高度、時間による差が大きかった。そこでその原因について尋ねたところ“それを調べるのはモデラーの仕事でしょう”と軽く一蹴されてしまったが、モデルと観測の空間・時間スケールのギャップを再認識させられた。

Pbに関しては、地表付近での混合比と地表面への沈着フラックスの月平均値が主に検討された。計算結果は混合比の年平均値についてはおおむね正しかったものの、南極、グリーンランドといった極域での過小評価が目立った。これは沈着フラックスの過大評価が原因であるとの意見が出された。また、ほとんどのモデルでの計算結果において滞留期間は5~8日となった。

SO_xシナリオにおいても、モデルの計算結果では、放出源近傍で沈着する量が多い傾向が見られ、物質の極域への輸送が十分表現できていなかった。また、高解像度モデルでは放出点近傍の沈着量が多かったのに対して、低解像度モデルでは逆にSO_xが遠くまで運ばれるという傾向も見られた。今回のシナリオのように放出源が地表付近に限定される場合は、物質が自由大気に達することができるかどうか滞留期間に大きな影響を与えることになるのであろう。

4. おわりに

本ワークショップの最後に次回のテーマについての話し合いがもたれた。そこでは次回はおゾンを取り扱おうという意見と時期尚早という意見が出され活発な議論がおこなわれた。結局政治的な観点などから次回はオゾンテーマとして3年後に開催という線で合意がなされた。また、よりモデルのスキームの違いを際立たせるため、ワークショップの事務局が、標準となるモデルを提供するべきだとの意見も出された。

最後に特に感じたことを3つ述べる。まずは観測の重要性である。観測の裏付けがなければ、モデルや理

*** このモデルは気象庁全球モデルの中に物質を示す粒子を多数放出し、その振舞いを追跡するラグランジュモデルである。

論の妥当性を評価することは難しくなる。また、将来の現業モデルにエーロゾルの物理過程が組み込まれる場合にも、良質で全球的な観測が必要となる。今回のワークショップでも航空機観測や地上観測など様々な観測データを集めていたが、まだモデルとの時間・空間的な差は大きいように感じられた。将来は人工衛星・レーダー等のリモートセンシング技術を用いた観測が行われるよう期待したい。

次に2章の講演でも触れたが、今後は、気候変動をより詳しく知るために、様々な分野の知識が必要となるだろう。特にエーロゾルについては、発生・消失過程に生物学・化学等の知識が必須である。これらの研究を単独でおこなうのは難しいので、今回のワークショップのように専門家が交流できる機会を増やしていくべきだと思う。

最後にこれは個人的な感想であるが、自分のテーマを取り扱ったワークショップにはできるだけ積極的に

出席するべきだと思う。海外の論文に目を通すだけでももちろん知識を得ることは可能であるが、実際に話を聞くとよりインパクトが大きいように感じられる。また、情報を収集するするだけでなく、逆に発表できるだけの材料が整えば、積極的に情報を発信していくことも必要となるだろう（筆者の場合、そのためには語学力強化が前提条件であろう）。

謝 辞

このワークショップの開催の中心的人物となったRasch, Law 氏を始めとするスタッフに感謝します。また、このワークショップの出席にあたり様々な支援をしていただいた数値予報課の皆様にも御礼を申し上げます。最後になりましたが、このワークショップの出席にあたり気象学会国際学術交流基金より旅費を援助していただきました。ここに記して感謝の意を表します。

====支部だより====

北海道支部第14回夏季大学開講のお知らせ

— 気象講座「新しい気象学」—

日 時 平成8年7月31日(水)、8月1日(木)

午前10時～午後4時

場 所 札幌市青少年科学館(第1日目)

(JR・地下鉄「新札幌駅」下車)

札幌管区気象台(第2日目)

(地下鉄「18丁目駅」下車)

参加費 600円

対象・定員 一般(高校生以上)・60人

申込方法 往復はがきに講座名「新しい気象(朱書)」・住所・氏名・年齢・勤務先等・電話番号、返信宛名を明記し、お申し込み下さい。但

し、申込み多数時は抽選とします。

申込先 〒004 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目

札幌市青少年科学館展示係

TEL 011-892-5001

申込締切 平成8年7月19日(金)

教科内容 「'96年冬の豪雪」ほか3講予定

問合せ先 日本気象学会北海道支部

TEL 011-611-6121 (内415)

〒060 札幌市中央区北2条西18丁目

札幌管区気象台調査課