

## 第14回雲・降水国際学会参加報告\*

藤吉 康志\*<sup>1</sup>・竹見 哲也\*<sup>2</sup>・那須野 智江\*<sup>3</sup>・久芳 奈遠美\*<sup>3</sup>  
 山田 広幸\*<sup>4</sup>・勝俣 昌己\*<sup>4</sup>・上田 博\*<sup>5</sup>・坪木 和久\*<sup>5</sup>  
 高橋 千陽\*<sup>5</sup>・大東 忠保\*<sup>5</sup>・出世 ゆかり\*<sup>5</sup>・野村 光春\*<sup>5</sup>  
 清水 慎吾\*<sup>5</sup>・茂木 耕作\*<sup>6</sup>・三隅 良平\*<sup>7</sup>・中井 専人\*<sup>8</sup>  
 石坂 雅昭\*<sup>8</sup>・岩本 勉之\*<sup>8</sup>・和田 誠\*<sup>9</sup>・村上 正隆\*<sup>10</sup>  
 折笠 成宏\*<sup>10</sup>・楠 研一\*<sup>10</sup>・永戸 久喜\*<sup>10</sup>・橋本 明弘\*<sup>11</sup>  
 金田 幸恵\*<sup>11</sup>・渡邊 明\*<sup>12</sup>

## 1. はじめに

2004年7月19日から23日にかけて、イタリアのポローニャで第14回雲・降水国際学会が開催された。以下は、参加者（全員ではないが）からいただいた会議報告を藤吉がまとめ直したもので、会議の雰囲気や研究動向を感じとっていただければ幸いである。

この学会はオリンピックと同じ年に開催され、今年で50周年を迎えた。第11回のモンテリオール会議はP. V. Hobbs (Washington Univ., USA) が中心となり、ICCPのPをPhysicsからPrecipitationの頭文字に変え、降水に力点をおいた大会だった。その後しばらくは、メソ気象学が発表の中心であった。しかし、J. Hallet ((Desert Res. Inst., USA) が中心となって米

国レノで行われた前回の会議では、当初の雲物理学をメインテーマにしようとする意図が強く感じられた。その背景には、地球温暖化や気候変動研究に関連して、「雲とエアロゾル」「雲と放射」が重要な研究課題となったことが挙げられる。今回のポローニャの会議でも、雲物理学を主力にしようという意図が強く出ていた。

## 2. 会議の概要

投稿論文数は658件であったが、最終的には538件(参加国39)が受理された。国別ではアメリカが162件、中国が58件、日本は3番目で45件であった。450名の参加者の多くは、市内からNational Research Councilのコンファレンスセンターまで専用バス(片道10分程度)

\* Report on 14th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP).

\*<sup>1</sup> Yasushi FUJIYOSHI, 北海道大学低温科学研究所 (ICCP 組織委員会委員).

\*<sup>2</sup> Tetsuya TAKEMI, 東京工業大学大学院総合理学 研究科.

\*<sup>3</sup> Tomoe NASUNO, Naomi KUBA, 海洋研究開発 機構地球環境フロンティア研究センター.

\*<sup>4</sup> Hiroyuki YMAMDA, Masaki KATSUMATA, 海洋研究開発機構地球環境観測研究センター.

\*<sup>5</sup> Hiroshi UYEDA, Kazuhisa TSUBOKI, Chiharu TAKAHASHI, Tadayasu OHIGASHI, Yukari

SHUSSE, Mitsuharu NOMURA, Shingo SHIMIZU, 名古屋大学地球水循環研究センター.

\*<sup>6</sup> Kousaku MOTTEKI, 京都大学防災研究所.

\*<sup>7</sup> Ryohei MISUMI, 防災科学技術研究所.

\*<sup>8</sup> Sento NAKAI, Masaaki ISHIZAKA, Katsushi IWAMOTO, 防災科学技術研究所長岡雪氷防災研究所.

\*<sup>9</sup> Makoto WADA, 国立極地研究所.

\*<sup>10</sup> Masataka MURAKAMI, Narihiro ORIKASA, Kenichi KUSUNOKI, Hisaki EITO, 気象庁気象 研究所.

\*<sup>11</sup> Akihiro HASHIMOTO, Sachie KANADA, (財 団法人) 地球科学技術総合推進機構.

\*<sup>12</sup> Akira WATANABE, 福島大学教育学部.

で往復し、昼食とコーヒープレークは会場敷地内の仮設テントで済ませた。発表会場を1つにするかパラレルセッションを作るかが、当初 ICCP の組織委員の間で議論になったが、(比較的)狭い分野の研究者が集まるということで、結局1会場で行うことになった。その代わり口頭発表の件数(全体の約4分の1)と、発表時間(発表10分、質疑2分)が少なくなった。このやりかたは概ね好評であった。ただし、会議期間中は好天に恵まれ、日中の気温が30度を越えたため、ポスター会場を急遽仮設テントから屋内に変更した。また、90ユーロという比較的高額の事前振込みを発表の受付条件にしたせいか、口頭発表のキャンセルは例外的に少なく2件のみであった。

大会は、J. Hallet による「混相雲の特徴と降水」、V. Levizzani (ISAC-CNR, Italy) による「宇宙からの降水測定」、高橋 劬 (桜美林大学) による「東アジアモンスーン期の降水システムと降水形成過程」、U. Lohman (Dalhousie Univ., Canada) による「気候システムとエアロゾル-雲相互作用」という異なったトピックから選ばれた4名の講演から始まった。口頭発表のセッション数は9つで、「雲-エアロゾル相互作用」、「雲と大気化学」、「暖かい雨の微物理」、「冷たい雨の微物理」、「測器」、「パラメタリゼーション」、「モデリング」、「雲力学」、「メソスケール」であった。ポスターセッションではこれら以外に、「大気電気」が加わった。

スペシャルセッションとして、1日目の夕方に「雲内の乱流と微物理」に関する討論会が S. P. Malinowski (Warsaw Univ., Poland) の呼びかけで開かれた。夕方19時30分から21時という時間にもかかわらず、約100名が参加した。市内の小さな部屋を借りて行ったが、壁には重厚な宗教画が描かれていた。3日目の夕方にも、「エアロゾルと降水」に関するワークショップが、W. R. Cotton (Colorado Univ., USA) が呼びかけ人になって行われた。ただし、いずれも話題提供者の準備状況に大きな差があり、議論が深まらず問題提起に終わったという印象である。

今大会で印象に残ったキーワードは、上記の Micro-turbulence 以外に、Organic Chemical Composition, Mixed Phase, そして Drizzle (微雨) である。有機エアロゾルは最近のトピックである。Mixed phase は、過冷却水滴中の氷晶成長や雪片の融解といった雲物理過程としての興味以外に、リモートセンシングによる雲水量や氷水量の推定や雲の放射特性にとっても重要である。Drizzle をもたらす下層雲や霧

は、雲量が多く放射収支に重要な役割を果たしているにも拘わらず、大循環モデルでは再現が困難である。

また、Drizzle が起こるかどうかは、雲の寿命や雲粒径分布、ひいては雲の放射特性も変えることから、気候モデルでも無視できない。

名誉会員として Hallet と Hobbs が選ばれたが、Hobbs は体調を崩して不参加であったので、ポスターに寄せ書きをして送ることになった。また、かつて神聖ローマ帝国皇帝の任命した都市長官の住居だったというポデスタ宮殿で開催されたバンケットの折に、特別功労賞を与えられた H. Pruppacher (Germany) が長い演説を行った。最終日に行われた ICCP 組織委員会での投票によって、次期の President は Z. Levin (Tel-Aviv Univ., Israel) に、次回2008年の開催候補地はメキシコ(場所は未定)に決まった。なお、H. Pruppacher の演説を含む会議の詳細は、<http://www.isac.cnr.it/~iccp>、に掲載されている。

### 3. エアロゾル-雲相互作用

会議の最初の1日半をかけて、「雲とエアロゾルの相互作用や化学過程」に関する研究発表が行われた。有機エアロゾルの雲核としての役割についての、観測的・実験的報告が目立って多かった。また、観測や数値計算のほか、J. Heizenberg (Institute for Tropospheric Research, Germany) のエアロゾル・雲相互作用シミュレーターや、Karlsruhe 研究所 (Germany) の高さ7メートルの巨大なエアロゾルチャンバー AIDA (Aerosol Interaction and Dynamics in the Atmosphere) など、雲を模した精密な室内実験装置を用いた研究が注目を浴びていた。これらの装置は、気温、湿度、気圧などを制御することによって疑似断熱変化を実現できる。逆に、断熱膨張しながら上昇する実際の雲とは違って、潜熱放出が周囲の温度場に与える影響などを調べることができない。新しい方向性として、大規模スケールへのインパクトという観点から、エアロゾルに対する関心が雲形成だけでなく、光化学反応・放射特性などの観点からも高まっていることが伺えた。

### 4. 雲物理過程 (雲粒と氷晶の成長)

数値実験では、降水粒子の様々な過程(分裂、衝突併合、融解、凝集、蒸発等)のパラメタリゼーションの改良が多くなされ、北米、欧州を中心に個々の過程毎に充実した研究が行われていた。例えば、N. Roth

(Stuttgart Univ., Germany)らの数値モデルは、衝突した水滴の自由表面の形状変化を計算により求め、衝突分裂後に形成される小水滴の粒径分布を決めることも可能である。また、現今のバルクモデルのほとんどが雲水・雨水の混合比と数濃度を予報する2-momentスキームを用いているが、さらに、雹の形状も考慮する triple-moment モデルや、固体降水粒子(雹、霰、雪)に帯電した電荷の予報モデルの開発が紹介され、雲水量の評価を結晶形態までも考慮して微細に計算している段階に来ている。

今回目立ったトピックは、乱流と氷晶発生過程である。前者は、乱流によって雲粒の分布に疎密が生じ、雲粒の併合がこれまで考えられていたよりも活発に起こるのではないかという問題提起あるいはそれに関わる観測や実験結果である。なかでも、C. N. Franklin (McGill Univ., Canada)によるミリメートルスケールの乱流効果の直接計算や、S. P. Malinowskiによる、チャンバーを落下する雲粒の挙動の観察が目をつけた。後者の氷晶発生過程は、エアロゾルの間接効果を通して気候変動に影響を及ぼすだけでなく、降水のタイミングや降水効率を通してきめ細かな降水予測の精度向上、さらには降水システムによる水・エネルギー循環にも影響を及ぼす重要なプロセスである。ここ数年、ICCPや米国雲物理会議のスペシャルセッションで雲物理学の分野で重要かつ最も理解の遅れているのは氷晶発生過程であると言われ続けてきたが、ようやくこの分野の研究が活性化してきたようである。前回まではこれに関する発表はせいぜい2~3題で、殆どがColorado Univ. (USA)の研究者が連続流熱拡散型氷晶核計や小型の雲生成チャンバーを用いた実験結果に関するものであった。今回はそれに加えて、ヨーロッパ各国の研究者と共同研究を行っているAIDAの実験結果、例えば、 $-20\sim-70^{\circ}\text{C}$ での新しいhabit diagramの中の氷晶群などの実験結果が数多く報告された。

## 5. 降水システム

雲の力学やメソ降水系といったテーマについては、発表件数は全体からみると少ない部類で、しかも口頭発表セッションは最終日に設定されていた。リモートセンシングによる降水の定量化、雲物理量の抽出、雲システム全体を捉える観測の発表の場は、レーダー国際会議などへシフトしているようである。

このセッションでの発表は、日本が中心であった。

気象研グループは、気象庁非静力学モデルの再現実験結果と、NASAのAqua衛星搭載のマイクロ波放射計AMSR-Eの比較によって、冬季日本海上の降雪雲についてモデルの固体降水予測の検証を行った結果を報告した。同様な研究としては、フランスのグループが、コミュニティ非静力学モデルを用いて線状メソ対流系の再現実験を行い、TRMM衛星搭載のマイクロ波放射計及び可視赤外観測装置のデータとの比較を行った結果を発表した。またドイツ気象局の現業非静力学モデルの予報結果とMETEOSAT7の赤外画像との比較による雲域予測の検証結果の報告もあった。これらはいずれも、雲解像モデルの計算結果に放射伝達モデルを適用し、衛星観測から期待される輝度温度を計算して、観測データと比較する手法を用いており、問題点は残るものの、面的・定量的な検証方法として確立されつつあり、今後も広い範囲で適用される可能性を感じた。観測データを用いたその他の研究では、欧州の3地点に設置された雲レーダーとライダーを中心とした地上測器の連続観測データを用いて、欧州各国の現業予報モデルの雲予測精度検証を目的に欧州各国共同で行われているCloudNETや、メソ数値モデルの雲物理過程改善を目的として米国で行われた、航空機による降水系内部の雲物理構造の直接観測を中心とした観測実験などのプロジェクトに関連する発表があった。

豪雨や降雪雲に関連した発表も日本人以外は少なかった。国外のものでは、ETH (Switzerland)グループの観測が印象に残った。彼らは、標高差約1300 mの山頂近くで降水粒子観測、麓で鉛直レーダー観測という組み合わせで観測を行い、この高度間での雲粒付着成長や雪片の融解を調べていた。他にフランスの2グループとアルゼンチンのグループが、地形の影響を受けた降水の発表をしていた。観測については、欧米の航空機観測が圧倒的に多くの成果をあげていることが印象づけられ、観測専用航空機を持たない日本は大きく水をあけられたように思われた。なかでも、航空機観測データを用いて中緯度と熱帯における対流性上昇流の特徴の違いを示したJ. Stith、発生初期の対流雲の雲底近くに数ミリ程度の大きな雨滴が形成されていることを2重偏波レーダーで観測し、その形成過程について議論したC. Knight、多波長レーダーによる観測で対流雲内の過冷却水滴の識別を試みたA. HeymsfieldなどのNCAR (USA)グループの発表が興味を引いた。

## 6. おわりに

会議が行われたイタリアのポローニャは、中世の古い大学と街並みと現在の人々の生活がうまく融合したとても美しい街であった。しかし、バスでスリのグループに囲まれたり、子連れジプシーや執拗なねだりなど、ゆっくりルネッサンスの文化にひたる余裕はなくなってしまった方もおられた。それでも数百年以上の古い建物で現代の人々が生活している様子や、洋の東西を問わず宗教文化の荘厳さには目を見張るものがあった。

口頭発表では、一部の著名研究者だけでなく、議論の主役の顔ぶれが日毎に変わっていたことが印象的であった。ポスターセッションでは、コーヒーブレイクの時間を惜しんででも熱心に議論している姿が見られた。大きな会議では、空いた時間も仲間内での雑談に終わらせない姿勢が重要である。ポスターは、前半2日と後半2日で入れ替え、各2件のベストポスター賞がボランティアの審査員7名によって選ばれた。残念ながら日本からは選ばれなかった。国際学会での発表、特にポスター発表では、自分の研究がどの程度世界の研究者に関心をもたれるかを、人の集まり具合で露骨に実感することになる。注目を集める研究=良い研究では必ずしもないが、ポスター印刷が容易になった分、内容はもちろんのこと、きれいという以外に成果を効果的に表現する方法に一工夫が必要であろう。

数値モデルの高分解能・高精度化に伴い、モデルの雲物理量予測の検証は今後も重要性が増すと思われるが、それには高分解能で良質な観測データセットの取

得と解析が不可欠である。欧米ではそのための体制が充実していることが窺えたが、日本でも横断的且つ継続的な観測データの取得と、それを解析する体制作りを進めていく必要性を強く感じた。更に、今回の発表を通じて、欧米における雲微物理関連の測器開発に対する力の入れ方と研究者の層の厚さには感嘆した。氷晶核、雲核の個数の測定や物質の同定、更に雲粒数、氷晶数の測定のための新たな装置の開発を、日本でも積極的に推進する必要性を改めて認識した。

なお、大学院生（大東、清水）の学会出席の旅費の一部は、日本気象学会の国際学術交流委員会から補助を受けました。記して感謝致します。

### 略語一覧

- NASA: National Aeronautics and Space Administration (米国航空宇宙局)
- AMSR-E: Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (Earth Observing System) (改良型マイクロ波放射計)
- TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission (熱帯降雨観測衛星)
- METEOSAT: 欧州気象衛星機関の気象衛星
- ETH: Eidgenössische Technische Hochschule (スイス工科大学)
- NCAR: National Center for Atmospheric Research (米国大気科学研究センター)
- ISAC-CNR: Institute of Atmospheric Sciences and Climate, National Research Council (イタリア大気科学・気候研究所)

## 第1回 日本・中国・韓国気象学会共催の国際シンポジウムのお知らせ

かねてより、日本、中国、韓国の気象学会の間では、学会間の交流を促進したいと考えて議論を続けてきました。その一環として、今回、日本気象学会春季大会にあわせて、3学会共催の国際シンポジウムを持ちたいと考えています。興味をお持ちの方はぜひご参加ください。

### 記

1. 日時: 2005年5月13日(金)~14日(土)
2. 場所: 東京大学山上会館、および、小柴ホール

(理学部1号館)(東京都文京区本郷)

### 3. テーマ: 東アジアにおける大気科学

今回は、招待講演を中心にプログラムが組まれますが、一部、コメントとして発表可能です。

プログラムの概要は、13日の午前中は、全体会議、13日の午後から、第1会場(気象、気候)と、第2会場(物質循環)に分かれて行われる予定です。詳細は、追って、学会のホームページ等に紹介します。