

第12回国際雲・降水会議の報告*

村上正隆*1・遊馬芳雄*2・梶川正弘*3・折笠成宏*4
 高橋庸哉*5・真木雅之*6・藤吉康志*7・佐藤晋介*8
 和田誠*9・上田博*10・早坂忠裕*11・遠藤辰雄*12
 播磨屋敏生*13・勝俣昌己*14・佐々木聰*15
 牛山朋来*16・吉本直弘*17

1. 概要

標記の会議が、IAMAS (国際気象大気科学連合) の国際雲・降水委員会 (会長はイギリスの P. Junus 教授) の主催で1996年8月19日から23日までスイスのチューリッヒ市で開催された。会議の会場はスイス連邦工科大学のメイプルビルディングで、この大気科学教室の Waltvogal 教授が世話役をつとめた。この会議は4年

に1回開催される雲物理の分野では最大の国際会議で、今回も30数か国から約400人の研究者が参加し、口頭発表110題、ポスター発表320題が行われた。日本からは、参加報告の著者らの他に、菊地勝弘・清水収司・山田広幸 (北海道大学)、中井専人・岩波越 (防災科学技術研究所)、岩井邦中 (信州大学)、金田幸恵 (名古屋大学)、小西啓之 (大阪教育大学)、村本健一郎 (金沢大学)、高橋劭 (九州大学) を含め27名が参加した。

会議の期間中に17の口頭発表のセッションと火曜日、水曜日、木曜日の12:30~14:30に3回に分けてポスター発表が行われた。

セッション

1. Field Observations of warm rain microphysics
2. Basic studies of warm cloud microphysics
3. Observations of glaciated cloud microphysics
4. Basic studies of glaciated microphysics
5. Aerosol microphysics
6. Instruments and techniques for in situ measurements
7. Structure of boundary-layer cloud fields
8. Structure of deep convective, frontal and cirrus clouds
9. Modelling of boundary-layer clouds
10. Modelling of convective clouds
11. Modelling of frontal and cirrus clouds
12. Techniques for cloud modelling
13. Aerosols and radiative properties of clouds
14. Impact of clouds on air chemistry

* Summary of the 12th International Conference on Clouds and Precipitation.

*1 Masataka Murakami, 気象研究所物理気象研究部.
 *2 Yoshio Asuma, 北海道大学理学研究科.
 *3 Masahiro Kajikawa, 秋田大学教育学部.
 *4 Narihiro Orihisa, 気象研究所物理気象研究部.
 *5 Tsuneya Takahashi, 北海道教育大学教育実践研究指導センター.
 *6 Masayuki Maki, 防災科学技術研究所大気科学部門.
 *7 Yasushi Fujiyoshi, 北海道大学低温科学研究所.
 *8 Shinsuke Satoh, 通信総合研究所地球環境計測部.
 *9 Makoto Wada, 国立極地研究所雪氷学部門.
 *10 Hiroshi Uyeda, 北海道大学理学研究科.
 *11 Tadahiro Hayasaka, 東北大学大気海洋変動観測研究センター.
 *12 Tatsuo Endoh, 北海道大学低温科学研究所.
 *13 Toshio Harimaya, 北海道大学理学研究科.
 *14 Masaki Katsumata, 北海道大学理学研究科.
 *15 Akira Sasaki, 北海道大学理学研究科.
 *16 Tomoki Ushiyama, 北海道大学低温科学研究所.
 *17 Naohiro Yoshimoto, 名古屋大学大気水圏科学研究所.

15. Impact of clouds on aerosol chemistry
16. Parameterization of cloud properties
17. Applications of cloud physics

今回の会議の特徴は、前回の2分・5分という短い発表時間に対する批判が多かったのを考慮して、発表時間を一律15分とし、そのかわり、口頭発表を110題に限定したことである。その結果、大半の論文はポスター発表となった。

発表論文の内容から見ると、前回(1992年モンテリオール市で開催)は、会議の名称を国際雲物理会議から国際雲・降水会議と改めて、雲の微物理過程から大気大循環における雲・降水の取扱いまで、雲と降水に関する幅広い分野をカバーしたが、今回は関連する国際会議と日程が重なったこともあって、1992年以前の会議の枠内に逆戻りした感があった。

22日夕方開かれた国際雲・降水委員会の運営委員会では、過去4年間の活動報告と、今後の活動方針として他分野との境界領域の研究にどう取り組むかについて議論がなされた。最後に次回の開催地が検討され、2000年の第13回国際会議はアメリカ合衆国ネバダ州リノ市と決定した。

以下に各分野の最近の研究動向や、初めてこの会議に参加した大学院生の感想を報告する。(村上正隆)

2. セッション1について

このセッションでは会議のオープニングを飾って、4件の口頭発表と7件のポスター発表があった。我国からは東北大学の早坂さんのヤマセに関連した発表が行われた。

発表内容を大別すると、層状性雲、霧、山岳雲などの粒径分布に関する発表が4件、航空機用の観測測器に関する発表が2件、放射との関連から微物理過程を論じた発表が2件、Warm Rain Band Cloudの力学的構造と微物理過程を論じた発表、我国ではなじみが薄いカナダなどでは大きな被害を出しているFreezing Rain, Drizzleに関する発表、それに融解層以下での降水粒子の振舞に関する発表がそれぞれ1件ずつあった。研究対象域は中緯度が5件と多く、熱帯が3件、高緯度が1件、地域を越えての発表が2件であった。

この中で、カナダのIsaacほかによるカナダ北東部のニューファンドランド島で昨年3月に行われたCanadian Freezing Drizzle Experimentに関する発表が特に印象深かった。この観測プロジェクトの様子

は、要旨集の表紙にも使われていた。Freezing Rain, Drizzleの発生には地上風の方向性がある、上層には暖気が存在しているが、0°C以上の暖気が存在していないことも多いことを示していた。これは従来の氷粒子が上層の0°C以上の暖気層内で一旦融けて、0°C以下の地表に過冷却水滴のまま落下するとした古典的な発生メカニズムでは説明できない。いくつかの発生原因を論じていたが、完全には説明がついていないことを述べていた。我々も昨年12月から今年1月にかけてカナダ北極圏、ノースウエスト準州のイヌビクでの降水の観測の際にFreezing Drizzleを観測しており、その時にも上層には0°C以上の暖気は存在していなかったことも考えあわせて、非常に興味深い発表であった。(遊馬芳雄)

3. セッション2について

このセッションでは、雲粒子のサイズスペクトルの数値計算、室内実験及び観測に関する5題の発表が行われた。これらの研究に共通する特徴として、直接・間接に乱流の効果に着目していることがあげられる。

C. W. Su (ユタ大学) ほかはハワイの積雲を対象として、雲と周辺空気との混合過程を考慮した乱流混合モデルにより、雲粒のサイズスペクトルの雲底からの高度変化を計算した。その結果、従来の瞬間的な混合モデルでは得られない、観測結果に類似した連続的な広いサイズ分布が得られた。

M. B. Pinsky (ヘブライ大学) ほかは雲粒成長初期のサイズスペクトルに影響を及ぼす乱流の効果を計算した。実測された乱流パラメーターを仮定して、雲底近くで最大半径20μmを持つような広いサイズ分布が可能であることを示した。

O. Vohl (ヨハネス・グーテンベルグ大学) ほかは、微水滴の衝突・併合成長に対する乱流の影響に関する垂直風洞実験の結果を報告した。気流のコアを乱流とした場合に、層流の場合より個々の微水滴の成長速度が大きくなることを確認し、微水滴集団ではこの影響が著しくなることを示唆した。

W. A. Cooper (NCAR) ほかは、フロリダ東部の積雲を対象に、霧雨サイズの雲粒子の成長に関する数値計算と詳細な航空機観測との比較を行った。霧雨サイズの発現は、観測の方が速く、かつサイズスペクトルも広がった。この差の原因として、数値計算には積雲コア部分と周辺部との混合過程が考慮されていないためとした。

J. L. Brenguier and L. Chaumat (METEO-FRANCE) は、フロリダ東部の小積雲を対象として、航空機搭載の Fast FSSP による雲底付近と雲頂付近の雲粒サイズスペクトルを比較し、雲頂付近の雲水量は断熱過程による計算値に近いが、分布の幅は広いという結果を得た。このような差が、上昇流中の乱流とサイズ分布変化とによる過飽和度変動を考慮した数値計算により説明できることを示した。(梶川正弘)

4. セッション3について

このセッションでは、氷雲の微物理の観測に基づく研究発表が行われた。全部で9件の口頭発表があり、大きく分けると5編は航空機、3編はレーダー（そのうち一つは航空機搭載型）を用いた観測を主とする論文である。

我が国では、未だに航空機観測がそれほど多くはないが、本セッションには航空機を使用した観測結果が世界各国の研究者によって示され、改めてこの分野における世界の層の厚さを実感した。

D. C. Rogers らは、波状雲について、航空機観測で得た氷晶濃度と cloud chamber (氷晶核活性化装置) で測定した氷晶核の数濃度の比較を行い、1次的な氷の核形成が寄与しているケースにおいて両者が一致していることを示した。

巻雲に関するところでは、A. J. Heymsfield ほかが、中緯度と熱帯域、北極域を含む巻雲の微物理特性の比較を行い、特に、比較的小さい氷晶の氷水量への寄与を中心に報告した。また、中緯度帯のデータを用いて、対流性ではない巻雲の3層から成る概念モデルを示した。J. Strm らは、発生初期の巻雲における interstitial aerosol (雲内エアロゾル) と cloud residues (雲粒残渣) の観測結果から、巻雲の生成に大きく関与するエアロゾル粒子の粒径は、E. J. Jensen ほか (1994) の与えた値より小さい、 $0.6 \mu\text{m}$ 以下の粒子であることを示した。筆者らは、気象研究所で開発された特殊ゾンデ (HYVIS) を巻雲観測用に改良した測器について紹介した。

レーダー関連では、T. J. Smyth ほかは、マルチパラメータレーダーの観測結果を用いて、扁平な雹の落下 mode を議論した。I. G. Doelling ほかは、氷粒子の融解層中でのふるまいを、航空機搭載偏波レーダーから得られるパラメータの観測と計算結果を比較することで議論している。ドイツ南部で行われた1992年 CLEOPATRA プロジェクトで観測された、激しい降

水のある層状雲の bright band において、観測結果と一致するのは、粒子が融解して、軸比が約0.5、40度以上の振幅で振動しているときであることを示した。

(折笠成宏)

5. セッション4, 5について

セッション4では口頭4題、ポスター24題の発表があった。ポスターのうち8題は日本からの参加者のものであった。口頭発表のテーマは冬季層状雲の微物理構造に関する1次元モデル実験、雹のスポンジ状成長による未凍結水の放出に関する解析、モデル雹塊からの熱輸送に関する実験、単分散水滴による凍結付着成長の実験と数値モデルであった。G. Zheng and R. List はモデル雹塊の表面温度を赤外線測定から求め、熱輸送と表面の粗さとの関係などを求めたのが注目された。

セッション5では口頭5題、ポスター3題の発表があった。口頭発表のテーマは NeCAP (Near Cloud Aerosol Production) に関する発達中の積雲に関する飛行機観測・雨滴とエアロゾルの衝突効率に関する野外実験・エアロゾル濃度と雲の特性に関する観測 (2題) であった。Baumgardner ほかは NeCAP に関してエアロゾル表面での2分子核形成等のメカニズムの可能性を論じた。エアロゾル粒子の挙動は地球放射収支と関係しており、今後の研究が望まれる。(高橋庸哉)

6. セッション6について

このセッションは大会2日目の午前と午後開催され、10件の口頭発表とポスターセッションでの発表が行われた。口頭発表ではセッションの名前が示すように、“in situ measurements (その場計測)” のための測器や計測技術についての研究発表が中心となった。例えば、レーザー光線の回折を利用した Malvern Particle Sizer (MPS) を雲粒の粒径分布の測定へ適用した結果 (Löffler-Mong ほか)、航空機搭載用の気温センサーについて、雲内でのプローブ周辺の気流やセンサーの濡れの影響を数値シミュレーションから検討した結果 (Radi ほか)、雲内の水と氷の量を別々に測定できる改良型の Nevzorov 型プローブの精度について (Korolev ほか)、レプリカを利用した雲粒子ゾンデのデザインと性能についての観測結果と数値シミュレーションや風洞実験の結果とを比較した結果 (Miloševich ほか) などである。これらの発表は従来型の計測器の改良版についてであるが、新しい試みとしては

まだ開発途中であるが、レーザー光の散乱特性から雲粒子、エアロゾルの粒径分布や形状をリアルタイムで識別するシステムの原理についての発表があった。雲物理では伝統的に“in situ”での計測が重要視される傾向があるが、アクティブなマイクロ波を利用したリモートセンシングについての発表も3件あった。Sturmiolo ほかは軸対称な粒子による35 GHz マイクロ波の散乱についての測定結果と数値計算の結果を、また、Hagen and Holler はマルチパラメータレーダによる雨水量の測定結果について発表し、同時に測定した鉛直ドップラーレーダやマイクロ波放射計との測定結果との比較をおこなっていた。衛星データを利用した研究発表としては熱赤外によるアフリカ熱帯域での降水量の推定手法とその妥当性についての議論(Jobard ほか)があった。ポスターセッションでは5 GHz や95 GHz の雲レーダや偏波レーダなどのレーダに関するものが約20件あり、雲物理や降水機構の分野でも航空機による“in situ measurements”に加えて、レーダをはじめとするリモートセンシング機器の重要性が増してきている印象を受けた。(真木雅之)

7. セッション7について

このセッションでは、海洋上および大陸上の境界層内に発生する雲の消長メカニズムと雲の特性についての10件の報告があった。私は、WCRP 観測の際、奄美大島周辺の海上で見た下層雲を思い浮かべながら聞いた。また、航空機による観測方法にも興味があったし、この学会に参加する直前まで、ドイツで波長8.6 mm の雲レーダのデータを解析していたので、雲の超微細構造にも興味があった。

そういう観点からは、逆転層の上で半径約20 km の円を描いて円周に沿って接線方向と動径方向の風を積分して、収束・発散と渦度を計算した観測から、逆転層上部からのエントレインメントを求めようとする試みは面白かった。驚いたのは、2日間にわたって気塊を追いかけてながら、層積雲から積雲への変化過程をラグランジュ的に調べたASTEX (Atlantic Stratocumulus Transition Experiment) である。日本でも、寒気吹き出し時にこのような観測ができないものかという考えてしまった。

ハワイのレインバンドプロジェクト (HaRP) も、航空機とドップラーレーダ、地上測器を組み合わせた魅力的な観測で、モデリングによる観測結果の説明も他のセッションで行われていた。また、夜間層積雲に覆

われた海上で、日射が当たると共に境界層にデカップリングが生じ、やがて積雲化していく過程での、積雲と層積雲の相互作用 (エアロゾルの鉛直輸送と微物理過程) そのものは、アイデアとして目新しくはないが、ケーススタディではなく、異なった場所・気団を対象とした複数の航空機観測データを基に議論している点に感心した。ただし、長期の連続データをとるならば、レーザー、レーダなどのリモートセンシングに頼らざるを得ない。

最近有力な武器として登場して来たのが、35 GHz および94 GHz のいわゆるマルチパラメータ型雲レーダである。今回も、海洋性・大陸性の層積雲を対象として、地上据置と航空機搭載レーダによる観測結果が報告され、これまでに得られなかったような微細構造が示された。雲レーダといわず、航空機搭載センサー (FSSP, 2D プロブ、ガストプロブ等) の空間分解能が上がる (現在は1 cm スケールまでいっている) につれて、雲の非一様性・乱流性がこれから盛んに議論されそうである。(藤吉康志)

8. セッション8について

セッション8では口頭8件、ポスター33件の発表があり、そのうち日本からの発表が15件 (口頭発表は3件) と全体の4割近くを占めていたが、この分野の研究をリードしているワシントン大学やオクラホマ大学のグループが会議に出席しなかったことは残念であった。

U. Finke ほかは、ゾンデ・航空機・レーダの観測から周期1~2時間の内部重力波が深い対流のトリガーとなり得ることを示した。R. Reinking ほかは、偏波ドップラーレーダ・走査型マイクロ波放射計による観測と数値モデルの結果を比較することによって地形性ストームの雲水量と雨水量に見られる重力波の挙動を明らかにした。地形性降水に関する研究としては、数値モデルによるカナダアルバータ州における対流雲の構造 (M. K. Yau ほか)、紀伊半島の影響を受けた降水雲の構造 (藤吉ほか、金田ほか)、降水量に及ぼすドイツの地形の影響 (H. Gysi)、降雪雲に及ぼす東北地方の地形の影響 (中井ほか) などの発表があった。TOGA-COARE における熱帯降水雲については、クラウドクラスターの構造 (M. Islam ほか)、熱力学的リトリーバル法を用いたメソ降水系の構造 (佐藤ほか、牛山ほか)、層状性降水の構造 (清水ほか) といった発表があった。降雪雲に関する研究については、村上ほか、勝保

ほか、吉本ほか、上田ほか、山田ほかによる発表があった。その他注目を集めていた研究として、鉛直流を直接測定できる航空機搭載レーダによる観測 (G. Heymsfield ほか)、ヨーロッパでは珍しいトルネードのレーダ観測 (W. Linder ほか) とその3次元動画表示 (W. Schmid ほか)、極域の降水に関する研究 (遊馬ほか、小西ほか、和田ほか) などがあげられる。巻雲に関する発表は少なかったが、巻雲の乱流構造 (S. Smith ほか) やマルチスケール構造 (Y. Liu ほか)、subvisual 雲の層厚と多層構造 (P. Wang ほか) などの発表があった。

最後にこの分野における研究進展状況について個人的な意見を述べる。レーダや航空機観測については日本も欧米に近づいてきたが、欧米では総合的な観測と数値モデルを併用した解析が当然となってきたのに対して、日本では観測したデータの解析を手がけるので精一杯という感がある。実際、この国際会議で数値モデルを使った研究が日本から1件もなかったことは、非常に寂しく感じられた。また、対流性/層状性降雨の分類に関する研究 (A. Tokay ほか) がポスターセッションで最も人を集めていた理由は、それが熱帯降水雲の潜熱放出の問題に関連したホットな話題であるためと思われる。日本のメソ降水系の研究者も、地域に根ざした地道な研究も重要であるが、もう少し世界的に注目されている研究テーマに挑戦してみてもどうか。(佐藤晋介)

9. セッション9, 10について

この2つのセッションで合計10の発表があった。そのうち、下層の雲に関する発表が6つ、積雲に関する発表が4つであった。その他このセッションに関するポスター発表が23 (予稿集の論文の数) あった。ポスター発表は数が多くて正確な発表数はわからない。下層の雲に関する発表では、1つが層雲に関するもの、4つが層積雲と積雲に関するもの、1つが山の影響による降水についてである。積雲に関する発表では、すべて熱帯域あるいは夏の積雲あるいは積雲のシステムに関するものである。

全体について言えることは、観測から得られたデータとモデルによる結果がうまくあっているかの検証をしている。境界条件あるいは初期条件として、観測で得られた結果を使ってその後の変化について検証する発表がほとんどである。また4つについては始めからモデルと観測との比較を目的として観測をおこなって

いた。私自身が最も興味のある始めの発表について少し詳しく述べその他は簡単に紹介する。

下層の雲の初めの発表の、北極層雲についてのシミュレーションについての話は、ポスターで暖かい季節についての発表があり、オーラルで寒い季節についての発表があった。北極層雲のシミュレーションの難しさは、中低緯度の層雲に比べて活発でない、海水、開水面があり水蒸気量のばらつきが大きい、観測データが空間的に少ない、放射の関与が大きい、などであり、特に寒い季節のシミュレーションは難しいということであった。暖かい季節のシミュレーションの結果に基づくと、北極層雲を考える上で、放射、微物理過程、雲粒核が特に重要であるということである。観測データが少ないこともあり、BASE (Beaufort and Arctic Storm Experiment) の観測データに期待しているということであった。2番目は低緯度の層積雲の形成過程でのエントレイメントの扱い方のシミュレーションについて報告があった。GCSS (GEWEX Cloud System Studies) の比較用データを用いエントレイメントの過程をより正確にシミュレーションしようとしている。3番目は積雲が成長して層積雲とカップルする過程について、またその過程でのエントレイメントの役割について考察するモデル計算である。4番目も同様なモデル計算の発表であり、そこでは ASTEX (Atlantic Stratocumulus Transition Experiment) の観測事実と幾つかのモデル計算による結果との比較が行われた。5番目として、積雲の発達により層積雲から地雨が始まる過程で、モンテカルロ法による併合過程と断熱パーセル法による凝結過程を結合させたモデル計算をすることによって、SOCEX (Southern Ocean Cloud Experiment) の観測データについて検討し、うまくあうことを示した発表があった。最後に、アメリカアリゾナでの観測 (Arizona Program 95) と数値モデルの比較を行った発表があった。地形の影響による降水、洪水の予報に対するこのモデルの可能性の検討をしている。

積雲の最初の発表は、積雲の中での、氷晶核、氷晶数、相変化、氷晶の成長をモデルで陽にとり扱って、ニューメキシコで観測された積雲のデータと比較した結果である。これ以外の3つは TOGA COARE あるいは GATE の観測データをモデルとの比較に用いている。2番目の発表は、熱力学パラメータのどの要素が、海洋上の熱帯域の雲システムの発達に特に重要であるかをモデルと観測データとを比較して述べてい

る。3番目の発表はドップラーレーダーの観測データとモデルの結果を比較し、雲の中でどのような微物理過程あるいは力学過程が起きているのかを考察した発表である。最後の発表は、積雲のモデルとして良く用いられているCRM (Cloud Resolving Modeling) モデルを用い、熱帯域の雲システムのモデリングの結果と、もっと大きなスケールの現象の中でこの雲の及ぼす影響を考察している。

全体の感想として、モデルの検証のための、あるいはどのような物理過程が重要なのかを確かめるための、特に狭い範囲での密な観測データを得る野外実験的な観測が主流になりつつあるのを感じた。

(和田 誠)

10. セッション11, 12について

雲の数値モデルに関するセッションでは、雲分解能の数値モデルを用いた研究が中心であった。特に口頭発表で紹介されたものは巻雲の微細な構造に関する研究であった。

Starr (GSFC/NASA) は、気候学研究のために、高分解能の数値モデルを用いて巻雲の生成機構に関する実験を行なった。発表内容はプロシーディングには掲載されていないので、内容を要約する。1991年12月5日イリノイでのラマンライダーを用いた巻雲の鉛直構造の観測結果について数値実験を行なった。8.5~11 km に大きなシアのある場に、9 km 付近に氷に対する相対湿度80%の層をおき水平スケール1.5 km のバブルを与えて雲を作った。水平8 km 内に詳細な上昇流分布を得、計算開始後30分に氷水量の最大値10.19 mg/m³ に達する結果を得た。

Brown (レディング大学) は1994年10月27日のイギリスにおける厚さ6 km の積乱雲のアンビル部分の飛行機観測の結果について、雲解像モデル(Snam, 1996)を用いて氷水量(IWC)と全水量(TWC)を説明する結果を得た。Chlong (マックスプランク研究所) は飛行機雲の発達過程に関する数値実験を行なった。計算結果は含水量の広がりや良く表現していた。雲の複雑な形状の変化は温度変化が効いており、飛行機雲の発達を制御するのは安定度であるとしていた。

雲のモデリング技術に関しての口頭発表は2題であった。Mazin(ロシア中央気象台)は過冷却水滴の凍結について数値実験を行なった。雲の凝結核は氷粒子の生成に効き、最初に数十パーセントが凍結すると凍結は早くなるという結果を得た。Trantmann(グーテ

ンベルグ大学) ほかはパラレルコンピューターを使って雲の微物理量の計算を行なった。計算領域とマイクロフィジックスの領域を分け、力学的な局所バランスを取り入れて、パラレルプロセッシングが可能であるとした。

モデリング技術に関しては計算機の使い方の問題から、エアロゾルや放射の取り扱いまで種々の問題を含んでいるので、まとまった口頭発表のセッションにするのはまだ難しいと思った。ポスターセッションには個々の問題についての興味深い発表があった。四年後には、「巻雲のモデリングにはどのような量をどのように扱う必要があるのか」ということと「モデリング技術との関係」についてのまとまったセッションが組まれることを期待したい。

(上田 博)

11. セッション13について

この分野に関係する研究は、口頭発表、ポスター合わせて約40件ほどみられたが、全く同じ週にアラスカのフェアバンクスで国際放射シンポジウムが開催されていることもあり、特に放射関係の研究発表は質・量ともに低調であったと言わざるを得ない。衛星リモートセンシングの話も4年前のモントリオールのとくと比べるとかなり少なく、これも同じ理由によると思われる。「雲と放射」の研究の重要性を考えれば、両方の会合の日程の調整がもう少し何とかならないものであろうか? 一方、エアロゾルに関係した研究は、やはり気候変動にとって極めて重要な「雲・エアロゾル相互作用」の問題を取り扱ったものが多かった。

さて、これらの中で目立ったものとしては、NASALangley研究センターのグループがNOAA/AVHRRのデータ解析から全球の雲粒有効半径の推定を行っていたが、以前NASA/GISSのグループが出した結果よりも全体に値が大きいという結果を示していた。このような現実の雲の微物理特性に関しては、航空機観測等による研究が頻繁に行われてきたが、そのような結果と合わせて、特に雲物理の専門家による再検討が必要ではないか、ということを感じた。また、雲の放射特性そのものについては、不均質な雲を対象として、層積雲形成過程のシミュレーションを行い、そこで作られた雲についてモンテカルロ法を用いて放射特性を計算しているものがあった。不均質雲の放射特性に関しては、従来は比較的単純な幾何学的形状のものを対象とした研究が主であったが、現実の雲を考えると限界があることは目に見えている。といって現

実の雲の不均質性を定量的に観測する手段も確立されていないので、このような方法は今後の可能性を示すものと考えられる。雲・エアロゾル相互作用については、あまり大きな進展はないように思われたが、化学を絡めた話が結構見られた点が注目される。

筆者は、この会議には前回に引き続いて参加したが、最初に述べたような理由もあって、今回は内容が特に「雲物理」に片寄っているように感じた。この分野に関して筆者は専門家ではないが、あえて言わせてもらえば、依然として定性的な話が多く、それはそれで良いが、現在の大気科学研究では学際的な研究が展開されつつあることを考えれば、気候変動や他の分野との連携を図るためには、現状では不十分ではないかという印象を持った。(早坂忠裕)

12. セッション14, 15について

この2つのセッションは座長も含めて、女性の若手研究者の発表が多い事が特徴であった。

セッション14では、Walcek and H. Yuan (ニューヨーク州立大オーバニイ) が NO_x と NMHC (Non-Methane HydroCarbons) の共存する大気中における不均質反応によるオゾン生成速度と、雲を想定した溶液反応における生成速度を計算し、その結果を示した。雲が存在すると、汚染大気が高濃度ではオゾン生成を抑制するが、低濃度ではむしろ高揚する効果があり、結局、地球規模の評価では、1~10%もの変動を生じるとしている。

Fuzzi (FISBAT 研究所, ボローニャ) ほかは1994年11月に Po Valley で行った霧の粒径と化学成分の観測結果を報告した。その結果、ほとんどの水溶性物質の濃度は霧の粒径と共に減少していた。ひとつの例外は HCOH で、最大粒径の霧粒に最大濃度が観測された。

J. E. Dye (NCAR) ほかは雷放電が対流圏の大気の化学組成の形成に重要な役割を果たしているという観点で、1989年7月に New Mexico の放電中の雷雲の中で、航空機による各種の大気化学成分のサンプリングを行った。これまで、雷放電によってオゾンが形成されたという証拠はなかったが、この観測ではアンビルに入ったところでオゾンの増加がみられ、その後アンビルの中ではむしろ減少していた。しかし NO と NO_y はアンビルの中でおびただしく増加し、氷晶濃度と良い相関を示した。観測結果は驚くべきものであるが、フライトパスが雲の一部に限られることから、観

測値のみで収支を合わせるのは困難であるらしい。

Diel (ヨハネス グーテンベルグ大学) ほかは、前回の Montreal における会議で Mitra ほかが発表した室内実験の報告を継承発展させてた結果を報告した。その主な結論は以下の通りである。氷表面に取り込まれる割合は、 $\text{HNO}_3 > \text{HCl} > \text{SO}_2$ の順であり、それぞれ分圧が高いほど大きくなる。ガスの取り込みは環境温度に強く依存し、 -20°C 以下でも高い取り込みをする HNO_3 を除くと、一般に温度の増加に伴って大きくなる傾向がある。これは疑似液体層の厚さと関係している。 0°C に近づく程大きくなる。疑似液体層にガスが溶け込むと、表面融解を起こし HCl の場合で4倍取り込み速度が増加する事を示した。水蒸気の氷表面への変換過程で取り込まれるガスの量は、水蒸気の変換量に比例する。しかし、ガスの氷表面への取り込みは水の表面への取り込みに比べて無視出来るほど低いので、実際の大気中での降水への取り込みは riming によるものが主であると考えられると縮めている。

セッション15では、Choularton (UMIST, UK) ほかは英国の Great Dun Fell Summit (標高 847 m) にかかる笠雲を通過する気流に沿ってエアロゾルの粒径分布および各種の化学成分分析を行い、その結果を報告した。雲に入ると最も大きい粒径のエアロゾルは活性化して雲粒に成っていた。山頂の雲内では雲粒子の間隙のいわゆる interstitial aerosol の存在が確認された。また雲から出ると、最も小さい粒径に新たなエアロゾルが発生しているのが観測された。これは興味ある結果で、次の様に考察している。風下雲底を出る時、蒸発する雲粒からアンモニアが放出され、これが海塩エアロゾルと反応して硫酸エアロゾルを形成するとしており、その証拠も挙げている。

海洋上の降水をもたらない層積雲では CCN (cloud condensation nuclei) が雲粒となり、蒸発して再び CCN になることを繰り返している。このような海洋性の大気中のエアロゾルの粒径分布は半径 $0.002 \mu\text{m}$ と $0.009 \mu\text{m}$ にピークをもつ bimodal 分布でその鞍部は $0.006 \mu\text{m}$ となる。この特徴ある分布を形成するメカニズムをさぐるため、Kreidenweis (コロラド州立大学) ほかは雲粒の衝突併合と雲粒溶液の S(4)-to-S(6) 変換を仮定して、モデル計算を試みた。その結果、この特徴的な粒径分布は海洋上で生成・消滅を繰り返す雲によって形成されることが示された。

Flossmann (Blaise Pascal 大学, 仏) は雲過程による大気汚染物質 (SO_2) の輸送を定量的に見積もるた

め、3次元モデルで海洋性の暖かい雲にエアロゾルスベクトルやGATEのサウンディングデータなど現実的な値を入力して計算を試みた。SO₂を不活性なガスと仮定した場合でも、その約60%が対流圏中層以上に輸送される。一方、SO₂を化学反応を起こすガスとして取り扱った場合は、雲粒子に蓄積される効果がきいて、僅か30分で最初に境界層に存在していたSO₂の75%が対流圏中層に輸送されることを示した。

(遠藤辰雄)

13. セッション16, 17について

GCMを使って気候変動を予測する上で、雲が地球放射収支に及ぼす影響を評価することは必要なステップである。現在のところGCMでは、雲についての微物理量は直接予報されないの、微物理量を求めるためには予報される物理量を使った何らかのパラメタリゼーションが必要である。また各々のパラメタリゼーションがGCMの計算結果にどのような影響を与えるかという感度実験も意味のあることである。最も簡単なパラメタリゼーションは、各々の物理量間の関係について、観測値から経験式を求めることであろう。その路線での発表として、ロシアから各種雲形について高度の関数としての雲水量、積分雲水量、光学的厚さ、雲粒の有効半径を表現できる経験式の提案があった。ある程度理論を背景とした次の段階のものとして、雲の光学的特徴に関係する雲粒の有効半径を雲水量と結びつけた発表があった。

氷雲のパラメタリゼーションに関しては、氷晶数は放射特性に直接に影響を与えるので、GCM用に新しい氷晶発生過程を含むパラメタリゼーションを作成した発表があった。また、赤道巻雲について、観測データから雲水量と温度で氷晶の粒径分布を表わす経験式を提案した発表もあった。次に問題となる感度実験結果の発表では、雲水と雲氷の和を予報するスキーム(CTL)と、雲水と雲氷を別々に予報するスキーム(PCI)を比較した結果、雲強制力は、CTLよりPCIの方が小さかったという結果であった。その他、貿易風積雲境界層における雲の占める領域を予報するパラメタリゼーションや、雲粒の凝結成長のパラメタリゼーションも発表された。GCM用のパラメタリゼーションは、実用に重きをおいた発表が多く、もっと理論に根拠をおいた研究が望まれる。

セッション17は、1件取消しがあったので発表は2件であった。1件目は、水資源への雲物理の応用とし

て、吸湿性物質の種まき実験についてであった。2件目は、高橋(九州大学理学部)による異なった気候帯における降水過程の相違についてであり、気象学会発表でおなじみの精力的に行われた熱帯、東南アジア、中国、日本でのビデオゾンデ観測の総まとめであった。
(播磨屋敏生)

14. 会議の印象

14.1 想像と現実

雲物理からメソ力学まで、降水現象全般に関する大会議、というのが、「雲と降水に関する国際会議」と看板を改めて行われた前回(1992年)の大会の内容を伝え聞いた私の印象であった。しかし、現実に私の出席した1996年のICCPは、「雲物理」をキーワードとした研究が勢揃いする、少数精鋭の集まった会議であるとの印象をうけた。

発表内容も、雲物理との明確な関連をもつ研究がほとんどであった。私が興味をもつ降水雲のリモートセンシングに関連した分野でも、レーダー等で見えているデータがどのような構成(粒径、形状、相、等)の雲/降水粒子によってもたらされたのか、といった研究が目立った。直接見ている物は何か、というのはリモートセンシングにおける鍵であり、これらの研究を若手の研究者が多く発表していたことには大いに刺激を受けた。

しかし、雲物理の再興(?)に反してメソ気象関連の発表件数が少ない(前回と比べてはるかに少なかったようだ)ことには寂しさを感じた。まるでメソ気象分野における雲物理に対する関心が薄れつつあるかのようである。そんな中での前述のような研究には、メソと雲物理との間にある問題の多さを再認識させていただいた。また、日本のメソ気象分野から今回の「雲物理学会」への参加者が多い事に心強さを感じた。

このような場に出席するチャンスを日本気象学会(国際学術交流補助金)から与えていただいたことに深く感謝すると共に、この経験を今後を生かすべく努力したいと思う。
(勝俣昌己)

14.2 Zurich, ETH, そしてICCP

チューリヒ国際空港から鉄道で約10分。チューリヒの街は、同じ名前を冠した湖の傍に、そこから流れ出すリマト川に沿って発展していた。左岸には洒落た様子の新市街、右岸には人々の生活の匂いがする旧市街。そして旧市街から急な河岸段丘を上ったところに、会

場となったスイス連邦工科大学 (Eidgenössische Technische Hochschule) がある。内外装ともに歴史を感じさせる荘厳な建築様式で、「これぞまさしく最高学府」という印象を受けたのは私だけではないだろう。初日の夕方には、その“最高学府”屋上のテラスにてレセプションが催され、眼下に一望される街並みや教会の尖塔などの美しい風景を肴に、日が暮れるまで皆ゆったりとグラスを傾けていた。

発表は、口頭のもの全て大講堂 (Auditorium Maximum) で、ポスターのものは大講堂前の吹き抜けを使用して、それぞれ行われた。口頭発表を1会場のみで行なうことには賛否両論あったと聞かすが、すべての発表を見ることができるという意味では、私のような浅学者にとっては非常にありがたい方式ともいえる。全ての口頭発表の持ち時間が15分(質問時間込み)と充分だったこともあり、各発表とも話の流れが追いつき、論点が無理なく織り込まれているような印象を受けた。それに伴って、例えば数値シミュレーションに関する発表であれば、計算結果のみならず計算手法の概念にまで及ぶ詳細かつ活発な議論が交わされていた。このような点で、日本での(概要の紹介を基本とする)気象学会大会とは若干趣が異なっていたといえる。ポスター発表については、各国研究者の手による各々工夫されたポスターが会場一面に並び、その様子は正に壮観だった。しかしそのぶん、聴衆の関心を得るには(内容の充実はいうまでもなく)人目を惹くような見映えの良さも必要不可欠となる。そのことを強く認識させられた国際会議でもあった。

国際会議への参加に際して、国際学術交流補助金による御援助を頂きましたことに、深く感謝致します。

(佐々木聡)

14.3 ICCPに参加して

今回この学会に参加して感じたのは、日本の雲物理学と世界の雲物理学の方向性の違いでした。日本の研究者が主に実験的または観測的手法を用いて雲自体の研究を行っているのに対し、他の国々では粒径分布の具体的な推定方法や、巻雲や霧雨のモデリングなどを行っており、雲物理学の基礎的研究でも、国によってかなり様相が異なっていました。日本では雲物理学は雲物理学としての目的で研究を行なっているのに対し、世界ではモデルへの取り込みに必要な雲物理学という、スタンスの違いが感じられました。また、雲物理関係だけの学会なのに、発表の分野が非常に多岐に渡っており、世界の広さを感じました。

しかし、最も聞きたかった、メソスケール現象のセッションはほとんど日本人によって占められており、他の国からのメソの発表は少なかったことが非常に残念でした。

最後に、ポスターセッションの時間、昼食時でビールとサンドイッチが会場で売られていたのですが、みんなビール片手に質問したり話したりしているのを見て、ヨーロッパ人の考え方の違いに驚きました。

尚、本会議出席にあたり、国際学術交流委員会より旅費の補助を頂いたことに感謝いたします。

(牛山朋来)

14.4 スイスの大雨に思う

今回の会議で最も印象的であったのは、欧米での航空機観測の多さである。雲物理の観測に、当たり前のように航空機が用いられている。しかも、航空機と同時に複数台のドップラーレーダ、マルチパラメータレーダ、雲レーダを用いた観測や、高層ゾンデ観測、地上観測が行われ、その観測体制の充実ぶりに目を見張った。また、航空機で得られた観測データのみを解析するのではなく、他の測器で得られた観測データとの比較解析や数値実験による観測結果の議論がなされ、多角的かつ総合的に行われる研究に奥行きを感じた。このような研究は、航空機の観測、観測データの解析、数値モデルの開発及び解析、それぞれを専門とする優秀な研究者が大勢いて実現するものであり、欧米の雲物理・メソ気象分野の研究者の層の厚さを実感した。この他、雲物理のセッションで、現在の日本では数少ない実験や理論による基礎的研究の発表が多数あったことも印象的であった。近年、我が国でも航空機を用いた観測が増えている。その観測データの解析と議論のかけ橋となり、数値モデルのもととなる多様な基礎的研究の必要性和重要性を強く認識した。

スイスには、8月後半の約2週間に渡って滞在した。その間の雨の多さと激しさには驚かされた。特に、イタリア国境に近いルガノでは、雷を伴った大雨に遭った。書店で購入した地図帳によれば、ルガノの年間降水量は1730 mmにも上る。これは、パリやベルリンなどのヨーロッパの平地の3倍の量である。ルガノは、周囲を小高い山々に囲まれた湖の畔に位置している。湖から流れ出る水は、イタリアの稲作地帯を駆け抜けるポー川を経てアドリア海へと注ぐ。この他にも、スイスにはライン川やローヌ川などヨーロッパの大河の起点が数多く存在する。わずかに九州ほどの面積しか持

たないスイスが、大きなヨーロッパを潤している。そう考えると、ヨーロッパの水資源としてのスイスの雨や雪の重要性が認識できる。また、水循環の観点からも興味深い。すべての川と湖をきれいに保ち続けるこ

の国の人々に感心させられた。

なお、本会議出席にあたり、日本気象学会国際学術交流委員会より旅費を援助して頂いた。ここに記して感謝致します。(吉本直弘)

第24回（平成9年度）日産学術研究助成の募集

総合研究・海外共同研究

1. 「人間-自然環境系」に関する研究
2. 「人間-人工環境系」に関する研究

一般研究・奨励研究

1. 体系的立場からの人間特性に関する基礎研究
2. 地球表層環境に関する基礎研究
3. 新機能材料の創製、物性・新プロセスに関する基礎研究
4. 生命現象の理解に関する基礎研究

ワークショップ助成

継続的に実施する小規模助走段階の研究集会にも助成いたしておりますので、詳細は右記にお問い合わせ下さい。

助成内容

研究の種類別	総合研究	海外共同研究	一般研究	奨励研究
研究の性格	学際的共同研究	学際的調査研究	独創的共同研究	萌芽的個人研究
対象分野	2 課題		4 課題	
対象研究者	制限なし		中堅・若手研究者 (概ね45歳以下)	若手研究者 (35歳以下)
1件当りの助成金額 (採択件数)	～1000万円 (5件程度)	～500万円 (5件程度)	～1000万円 (10件程度)	～200万円 (25件程度)
助成金の支払期間	・平成10年度を第1年次とする ・助成期間2～3年	・平成10年度を第1年次とする ・助成期間2年	・平成10年度を第1年次とする ・助成期間2～3年	・平成10年度助成期間1年
募集方法	直接公募		推薦(学・協会、委員)	

注) 上記助成金の総額は約2億円

応募方法

- 当財団の申請書に記入し
 - ※総合研究・海外共同研究は、直接財団事務局へご提出下さい。
 - ※一般研究・奨励研究は、財団指定の学・協会へご提出下さい。
- 締切日は、平成9年8月31日(日)(当財団必着)とします。一般・奨励研究に応募する場合、各学・協会に締切日を確認して下さい。
- 関係書類は、所属機関または学・協会に請求するか、あるいはA4返信用封筒(宛名明記、切手貼付<1部の場合190円>)を同封の上、研究種別を明記して下記へご請求下さい。

問い合わせ先 財団法人 日産科学振興財団

〒104 東京都中央区銀座6-17-2

TEL: 03-3543-5597

FAX: 03-3543-5598

E-mail: at02-nsj@t3.rim.or.jp

ホームページ <http://www.t3.rim.or.jp/~at02-nsj>