

第9回国際雲物理学会議 (ICPC) の報告*

菊地 勝弘**・松尾 敬世***

1. はじめに

1984年8月21日から27日まで、ソビエト連邦の西側、バルト三国といわれる1つ、エストニア共和国の首都ターリンで第9回国際雲物理学会議 (International Cloud Physics Conference; ICPC) が開かれた。

ICPC は、IAMAP (International Association of Meteorology and Atmospheric Physics; 国際気象学・大気物理学協会) に属する他の委員会と同様、1954年以来定期的に行われてきた会議である。第1回会議は、1954年スイスのチューリッヒで開かれ、1964年の第4回会議は東京と札幌で、そして前回は1980年フランスのクレモン・フェランであった。

今回は、スポンサーとして、IAMAP の ICCP (International Committee on Cloud Physics), ソ連科学アカデミー、ソ連地球物理学委員会、エストニア科学アカデミー、エストニア科学アカデミー天体物理学・大気物理学研究所、ソ連水文気象・自然環境制御委員会、中央大気物理学観測所の諸機関が、ホストとしてエストニア科学アカデミーがあたること、組織委員会のメンバーとして、科学アカデミー副議長の Öpik が委員長、副委員長に天体物理学・大気物理学研究所の Avaste と中央大気物理学観測所の Mazin が、幹事として同じ観測所の Plaude があたることになった。会議には、229論文が受理され、その内オーラル75篇、ポスター121篇、リザーブ33篇であった。

ターリン市は、北緯 60° に近く、気候は海洋性で、夏は温暖であるが、アイスランド低気圧の活動によって支配されている。8月の平均気温は 15°C であるが、日較差は 5°C と過し易く、月平均降水量は 73 mm で降水日数は14日である。しかし、滞在期間中に降水らしきものがあつたのは僅か1日で、天候には恵まれた方であった。20日午後、受付で835頁、3分冊からなるプロシーディングを受取つたが、その厚さと重さにはいささかう

* Reports on the 9th International Cloud Physics Conference at Tallinn, Estonia, USSR.

** Katsuhiko Kikuchi, 北海道大学理学部地球物理学教室。

*** Takayo Matsuo, 気象研究所物理気象研究部。



公式文書、参加者のバッジ等に使われた ICPC, Tallinn 1984のマーク。(カットはターリンの旧市街にある Tall Herman 塔と雲を表している)。

ンザリした。白夜の街を、市内地図とロシア語辞典を片手に歩いたが、エストニア語では持参した辞典も役に立たなかった。

2. 会議

会議の出席者は26カ国約 350 名で、地元ソ連からは約 150 名の参加であった。日本からの出席者は、北大低温研の遠藤辰雄、藤吉康志、北大理学部播磨屋敏生、菊地勝弘、気象研究所の松尾敬世の5名と、ハワイ大学の高橋 劭、ユタ大学の福田矩彦であった。

会議場は、トレード・ユニオンビルで、イヤホーンを通して英語→ロシア語、ロシア語→英語の同時通訳可能な階段式の会場が使用されたが、最終日だけは、1ブロック離れたイースト・プロジェクトビルとの2会場になった。地元ソ連ということで、彼等の論文は全てロシア語で行われたが、会場最後部最上段に陣取つた4名の通訳の奮闘振りは大変なものであった。

オープニング・セレモニーに続いて、Soulage と Mazin を座長にしてセッション1「Microstructure of clouds and precipitation」が、Vali の招待講演で始まったが、これはこの会議の後、9月3～8日のブタペストで行われる第11回国際エアロゾル、凝結核および氷晶核会議の宣伝を兼ね、これまでの研究をレビューしたものであった。このセッションでは、主として1981年モンタナ州で

行われた CCOPE (Cooperative Convective Precipitation Experiment) のデータを用いた解析結果が報告された。

それは雲粒の粒径分布に影響を与える inhomogeneous mixing が新たな雲粒を発生させ、その結果として粒径分布が bimodal になるという考え方、別の表現を使えば、幅広い粒径分布を与える因子は何か、雲とその周辺との相互作用 (mixing) を考慮した雲粒成長のモデルから期待される粒径分布と観測との比較に議論が集中していた。西ドイツの Meischner 等は、アルプスでの KOOP (Convective Oberpfaffenhofen) の観測を用い、ソ連の Korolev 等は、St, Sc, Ns を対象にしていたが、いずれもある場合には複数の航空機を用いて、どのプロジェクトも Knollenberg の ASSP, FSSP 等を組み合わせて使用していた。従来の観測では、用いた測定器の性質上、かなりの範囲を、いわば平均化したデータをもとに議論してきたので、今回のような雲の微細構造についての議論が可能になったのは、何ととっても各種の Optical Array Probes の使用によるところが大きい。わが国のように、航空機による観測もままならない上に、1台の Knollenberg も持てない現状では、ただ彼等の結果を聞いて納得するだけということになってしまい、今回の会議ほど、この点を痛切に感じたことはなかった。

セッション2「Microphysical processes in clouds and precipitation」の招待講演は、Pruppacher による1982年11月29日～12月3日にかけて、カリフォルニア、サンタモニカで行われた第4回大気汚染物質の除去作用に関する国際会議 (The 4th International Conference on Precipitation Scavenging, Dry Deposition and Resuspension; SCADDER)* で討論された11のトピックスが紹介された。

これまで entrainment は降水の形成を遅らせると考えられてきたが、最近では雲とその周辺との mixing は、雲粒の粒径分布を広くする傾向のあることから、かえって衝突・併合が促進され、降水の開始を早める働きをするといった考え方が多い。したがって、このセッションでは、理論計算、室内実験によるこれらの検証が報告された。すなわち、巨大粒子の存在が降水の形成にどのように寄与しているか、巨大雲粒は巨大凝結核から成長したとする homogenous mixing か、また、巨大凝結核に無関係に成長するという inhomogeneous mixing なのか。また、水平風洞で制御された turbulent flow を使

って雲粒の捕捉率を実験的に求め、理論計算と比較するといった研究や、もっとも降水に寄与すると考えられる粒径半径 100～400 μm 、半径比 0.65 以上の水滴を用いた実験結果等が報告された。23日午前には、solid precipitation particles が主な対象となっており、ice crystals の growth rate や、vertical icing wind tunnel を使ったあられの成長から、氷晶核数と氷晶の数の差を説明しようとする観測、特に、1981年スペインで行われた Precipitation Enhancement Project (PEP) では、 $-3 \sim -7^\circ\text{C}$ の温度範囲で、直径 150 μm 以上の氷晶の数が 200個/l 以上という ice multiplication process によると思われる航空機観測も報告された。

セッション3「Meso- and macrostructure of clouds and cloud systems」では、先の CCOPE 域における mesoscale の対流雲の形成過程を Doppler Radar で観測したものや、ソ連西部での warm frontal zone での降水系の構造、日本海の季節風時の降雪雲の垂直構造、あるいは華南地方の梅雨の Radar 観測、シエラ・ネバダでの降水過程の立体観測といった報告が行われた。全体を通して、気流場・温度場と降水雲の構造との関係、特に力学と広域の降水雲の内部構造との関係が議論された。

セッション4「Cloud dynamics and thermodynamics」では、14篇の口頭発表があり、話題も多岐にわたっていた。例えば、ソ連極東部での温暖前線、寒冷前線に伴う中層雲への dry air entrainment による turbulence の特徴や、対流性の雲に比べてまだその情報量の少ない層状の雲の力学を、特に北海の層積雲を対象として、C-130 型機を使った観測、またスペインの PEP 域における観測、オーストラリアの warm orographic cumuli からの降水を予測するための parameter, gust front の中規模擾乱の対流構造の発達との関係、南アフリカの Bethlehem Precipitation Research Project での降水を発達させる triggering mechanism, 降水に重要な影響を与える merging clouds の morphology, mountain cap clouds の entrainment による cloud droplet evolution, また CCOPE 域における thunderstorm anvils の microphysical および thermodynamical な特徴等が、航空機観測の結果を種々のモデルで検証しようとする研究が多かった。中でも、風のシャワーによって水滴の成長に違いが生じる様子が観測やモデルによって示された報告が興味深かった。シャワーによって、雨滴が雲間を移動しながら成長する話などは、集合した積雲群の降水過程が、必ずしも単純なパラメタリゼーションでは表現できない

* 村上正隆, 1983: 天気, 30, 315～318.

ことを示しており雲物理過程の重要性をうかがわせた。

セッション5「Numerical simulation of cloud formation processes」は、1. Simulation of microphysical processes, 2. Convective clouds, Squall lines, 3. Orographic, stratiform and frontal clouds の3つのサブセッションに分けられた。microphysical processes を扱ったものとしては、雲頂への dry air の entrainment による lapse rate や雲水量の分布への影響、雲粒、雨滴、雪の結晶、あられまで含めた降水粒子のスペクトルを log-normal 分布モデルを使って表し、対応する積雲モデルとの比較等が報告された。また航空機観測で得られた瞬間値と、cloud model の瞬間値とを比較したもの、積雲の発生する場の数値計算、複雑地形による豪雨の数値計算や、電荷を考慮したモデルから、hailstorm や squall line の計算等、具体例と観測結果とを比較するといった論文が多かった。しかし、ポスターセッションの終わった後、座長の Orville が、似たような数値モデルが数多く紹介されたが、相互比較のないことを指摘し、1985年には、同じ data model をもとに、それぞれの数値モデルを比較する必要があり、また計画していると結んだのはもっともなことであった。

セッション6「Some applications of cloud physics」の clouds and radiation では、わが国の WCRP の内の「雲と放射」のプロジェクトで考えているような研究観測そのものが報告された。特にソ連では、この分野に力を入れているようであった。観測では、絹雲の射出率と氷晶の空間濃度との関係、水雲の吸収率に関する観測と理論の不一致の究明などの報告が印象的であった。射出率は雲内に存在する氷晶の全散乱断面積で表現でき、また吸収率の不一致の原因の1つにあげられる雲内のエアロゾルは、その濃度がかなり低いという報告がなされた。ワシントン大学のグループは、航空機搭載用の13チャンネルを有する Cloud Absorption Radiometer (CAR) を試作し、その結果を報告した。もう1つのサブセッションの Cloud modification and other applications では、雄大積雲、雹雲へのドライアイスや沃化銀の種まき実験等が報告された。雄大積雲では、ほぼ100%に近い確率で種まき後に降水が認められ、この時の雲の内部構造の変化が時間をおって観測された。また、ドライアイスと沃化銀では、過冷却水滴層の氷晶化の速度や持続時間が異なっていた。雹雲に対しては、主雲に連なるやや背の低い雲 (feeder clouds) に種まきが行われた。feeder clouds 内で多量の氷晶化が起こり、これが主雲に取り込まれたが、それによって雹が抑制されたかどうかは確

認されなかった。今後共、種まき後の変化を物理的に追跡する努力が必要となろう。その他の話題として、雲の seedability (種まきに対して有効な雲かどうか) に関連した過冷却水滴層の時空分布の観測例が報告された。

26日の日曜日には、ソーシャル・プログラムがあり、27日は最後のセッション7「Instrumentation and measuring techniques」と、1ブロック離れた会場も使って、セッション5の残りの発表が行われた。Instrumentation の会場では、2-D Probes に電荷測定用のセンサーとして induction ring を取りつけ、降水粒子と電荷を1対1に対応づける試みや、雲水量の測定のため、地上からレーザー光を用いる方法の開発、また dual polarization radar を使った対流雲の観測から、さらに dual channel microwave radiometer, radar, polarization lidar を組み合わせた山岳性雲の微物理観測の他、ソ連の Cosmos 1151衛星搭載の microwave radiometer による太平洋、大西洋上の雲水量、水蒸気量の空間分布のデータと visible, IR との比較といった報告もなされた。

27日午後のファイナル・セッションでは、新しい航空機観測についての発展、その可能性といった問題について、King を座長として行われた。Warner は、雲粒の粒径分布や雲の発達を理解するための測定方法について述べ、特に最近数年間に実用化されてきた測定器の直接、間接的方法での絶対比較の必要性を強調し、Mazin は航空機観測のソ連の現状を紹介し、特に mixed clouds の微物理的測定を強調した。その他、フランス、カナダ、イギリス等から問題点が指摘され、最後に Hitschfeld が測定器の開発、改良とともに、それ等の相互比較もお忘れなくということ締め括った。

その後、Stepanenko と Cotton による「Nuclear Winter (核の冬)」についての基調報告があった。当然のこととして、nuclear aerosols は気象、特に雲物理学における雲の形成過程や降水過程を変え、また放射に関しても、その滞留時間も含めて影響はすこぶる大きいことが強調された。今回の会議全体を通して何かコメントがないかという Hitschfeld に対して、Orville が、cloud model を研究している人達は、特に相互の連絡を密にし、同じ data model についての検証が必要であることを再度強調した。また、早い時点で nuclear winter を cloud model に入れることを考えている旨を発言した。

クローズイング・セッションでは、Hitschfeld が、1959年イタリアのペロナで行われた第2回会議の記念撮影写真をスライドでみせ、現在の論文数、参加国の増加等を感慨深げに述べ、今回の会議が成功裡に終えること

ができたのは、組織委員会はもちろんのこと、この会議中、休むことなく同時通訳を行ってくれた4名の通訳のおかげであると結んだとき、割れんばかりの拍手が続いたのは当然のことであった。これで ICPC の議長は Hitschfeld に代わって次の4年間は、ワシントン大学の Hobbs に、幹事には Jonas, King, Wirth の3名が選ばれた。また、組織委員として日本からは北大の孫野長治名誉教授に代わって名大の武田喬男教授が選ばれ、次の会議は、1988年西ドイツのミュンヘンで Pruppacher と Meischner を世話役として行われることになった。

3. ポスター・セッション

最近の国際会議は、数多くの論文をいかに効率よく消化させるかといった点から、ほとんどがポスター・セッションをとり上げている。そのやり方は、学会によって、また座長によっても異なるが、今回の会議では、セッション毎にポスターの準備と提示がタイム・テーブルに示されており、大体スムーズに行われていたが、ポスターのサイズが僅か(59 cm×84 cm)とあって、図の説明を数頁のパンフレットにしてぶら下げ、スペースをかせぐといったチャッカリ組もいた。ポスターの討論も座長によって異なっていたが、大体はポスター組全員を壇上に上がらせ、あらかじめ質問内容を座長に渡して質問させると同時に、改めてその場での質問も受け付け、さらに論文毎に必ず1回の質問を座長がするといった方法がとられたが、盛り上りに欠けていたような気がした。

4. ソーシャル・プログラム

会議開催中、公式なものとして、カクテルパーティとバンケットが1回づつあった。参加費が非常に安かった所為もあってか、パーティでは、御自慢のウオッカをはじめとして全ての飲み物も食べ物も数10分とは持たなかった。20時から始まって23時まで、沈まぬ太陽を遠く水平線に見ながら、数少ない椅子に座ることもできず、話題が尽きても迎えるバスの来るまで、ブラブラしているのはいささか疲れた。そんな中で、ボーイがワゴンにブランディやワインを乗せて来た時は、グラスを持って、ドット群らがったものだが「ハイ、1本10ルーブル」といわれてグラスを引っ込めた人も多かった。

ターリン市内観光は、英語ガイド付バスが学会事務局によって計画され、それぞれ時間を見付けて参加したようであった。また、木曜日と金曜日、19時半から21時まで、旧市庁舎2階の小ホールでコンサートも開かれた。

26日の日曜日は、ターリン市の西方、バスで40分のところにある野外博物館の見学が行われた。ここには古い草ぶき屋根の家屋や、風車小屋等が手入れよく保存されており、民族楽器を伴奏に、民族衣装で正装した男女が様々なエストニア・ダンスを見せてくれた。しかし、ダンスの終わった後の男女は、それぞれ衣装を取り換え、車で三々五々散ったのにはチョッピリ残念な気がした。

5. おわりに

楽しみにしていたソ連での国際会議であったが、会議期間中は好天に恵まれ、多少肌寒いと思う時もあったが、会議はもちろん、事務局がセットしてくれたソーシャル・プログラムも歴史的な街並みと相俟って楽しい思い出深いものとなった。それにつけても、この会議の印象を一言で表すとすれば、それは雲内の雲物理量観測のために航空機にセットされた Knollenberg の 2-D Probes 等の普及があげられる。欧米諸国は勿論、ソ連でも積極的に使用しており、特に今会議でも数多くの論文で取り上げられた雲粒の粒径分布の変動に関する情報は、ほとんどがこれによっていることが注目された。「雲の中の出来事」は、やはり航空機で雲の中に入って、種々のパラメーターを時間分解能のよい、また測定範囲の広い測定器を使用しないことには分からないということ、いやという程知らされた。また、dual channel microwave radiometer, dual polarization radar や lidar といった地上からの測定器を平行に使用しているのも目立った。数値モデルでは、具体的な現象を取扱ったものが多かった。Orville の言を待つまでもなく、同じ data model についての検証が必要であり、1985年中には、何らかの形で具体化されるようであった。一方、長年にわたり行なわれてきた素過程の研究が一段落して、観測を中心とした新しい局面を迎えたという感があった。現実の雲の中では、どのような素過程がからみあって降水を生じさせているのか? この時、どのような力学・熱力学的過程が関与しているのか? ……………興味は尽きない。このような研究の中で、また、新しい素過程の研究が生まれるかもしれない。

海の青さと、樹々の緑が程良くマッチし、明るく、そして落着いた雰囲気の良い街、ターリンでの1週間の会議は、いろいろ考えさせられることを残して終わった。

(謝辞) この会議への菊地の参加は、昭和59年度文部省国際研究集会派遣研究員旅費によるものである。

雑感

藤吉 康志*

味も素っ気も全く無いエアフロートを乗り継いで到着したターリンは、絵になるドイツ風の(とドイツから参加した人が言っていました)、住んでみたくなるような(とレニングラードから来たロシア人が言っていました)街で、少々肌寒い程度のほど良い気温だったせいか、長時間の散策に良く、プライベートタイムも十分に楽しめるところでした。

モスクワでの暗い雰囲気の中での入国審査に比べて、ターリン空港での暖い出迎え、可愛いお嬢さん達による受け付け事務、直ぐ折れる画鋏を使つてのポスター作りの手伝い、少し待つだけで飲めるコーヒータイム、エクスカーション、会議中の各種準備、対応等、準備委員会の気配りが随所に見られ、会議への参加は、極めてスムーズに行うことができました。

腹立たしいこともいくつかありました。例えば、会議の期間が長く、前払いは言え、ホテル代が高いこと(日程に余裕があり、1日の会議が終わったあとの時間が長過ぎ、仕方なく部屋のテレビを見ていたため、今でもラジオからロシア音楽が入ってくると、つい懐しくなるという後遺症持ちです);当初から恐れていたように、ソ連の人達の発表と質問と答えが全てロシア語であり、かつスライドが見にくいいため、全くと言って良いほど内容が理解できなかったこと(イヤホンで英語の同時通訳を聞くことができますが、大声で張り上げるロシア語が邪魔でほとんど聞きとれません);航空機観測を含む、観測技術の立遅れ(期間中、“航空機観測がいかにある

べきか”について特別にセッションが設けられ、Warnerを初めとして各国の人達が意見を述べるのですか、われわれは蚊帳の外でした);発表の2/3近くがポスターセッションであるにも拘らず、ポスターを眺めながら議論する場所と時間が不十分であったことなどです。

会議の性質上、理論的な発表よりは、観測結果の報告が多かったのですが、無機的なデータが多く、有機的なデータが少なかったのが物足りませんでした。自分で撮った雲の写真が少ないのも目立ちました(それも大家と言われる方々が多く撮っていました)。現象の理解というよりは、現象の再現を目指すモデリングが多いような印象も持ちました。また、あちこちで、Weather Modification という言葉も耳にしました。そういった中で、Rasmussen らの、風洞中に浮かした雪片に雲粒を付着させる実験の映画が好評で、講演後再上映される位面白がられていたのを見て、何となくほっとしました。会議中の質問は、国内の学会と同じように、特定の人が行い、福田(ユタ大学)、高橋(ハワイ大学)両先生も活発に議論していらっしゃいました。

会議参加の最大の動機は、めったに行こうと思わないソ連に、これを機会に出かけてみようと思ったことで、目的は、論文で名前だけしか知らない人達の顔を見てくること、またそういった人達の口から直接研究の興味を聞き出すこと、同世代の知人を作ること、最後に自分の研究成果を発表していただくことでした。最初の目的は、ほぼ十分に満たされ、次の目的も半分位は満たされました。後の2つは、性格的な問題から、部分的な成功はありましたが、全体としてはうまく行ったとは言えません。しかし、良い仕事をすれば、そのようなことは直ぐに挽回可能です。私にとって、本会議に参加して得た何よりの収穫は、(国内の学会でも同じですが)何とも言えぬ自分への腹立たしさだと言えそうです。

* Yasushi Fujiyoshi, 北海道大学低温科学研究所降雪物理学部門。

(392頁より続く)

13. 61年大会当番について

春季大会は東京地方の大学グループに、秋季大会は中部支部にそれぞれ決定した。

14. 1989 IAMAP 総会の誘致について

浅井理事から資料にもとづいて説明があり、今年8月ハワイ開催される IAMAP 総会において 1989年の IAMAP 総会のホスト国として東京が立候補することが承認された。

15. 数値予報シンポジウム Proceeding の刊行について

来年8月4日から1週間 WMO 等主催で気象庁に

おいて開催される数値予報シンポジウムの Proceeding の刊行については前向きな姿勢で検討することが了承された。

16. 名誉会員制度について

先例を参考として常任理事会で作成し、全理事の意見をきくことが了承された。

17. 会員の新規加入の承認について

個人会員本田恵子ほか20名の新規加入及び団体会員八丈島空港出張所ほか4団体の新規加入が承認された。