

雲物理に関する最近の研究*

はじめに——1968年8月26日～30日にトロントで、国際雲物理会議がおこなわれたが、出席者の方たちに各セッションごとに、雲物理に関する最近の研究について紹介していただいた。(樋口敬二)

最近における研究の方向

儀野謙治 (名大・理)

この雲物理学会議は先年1965年に日本で開催された会議に続く会議で、IAMAP/IUGGの雲物理学委員会が常置委員会として昨年発足した後最初の会議である。前回の日本での会議は上記委員会の前身である雲物理特別委員会が開催に際し国際的な世話役をした。

会議に提出された論文は約155篇で前回の凡そ100篇、前々回(豪州)の50に比し約3倍と急増し、雲物理学の研究が盛であるという点では喜ばしいことである。しかし、一方、これを1週間、実質5日間で消化するということになるとう運営が甚だ難しい。今回は keynote paper と lead speaker 方式をとった。すなわち、各セッション毎に1人が最近の研究に関する総合報告(keynote paper)を読み、続いて数篇ずつの論文をまとめて lead speaker が1篇約5分の割合で各論文を要約して紹介する。一つのセッションの lead speaker は3人乃至6人であった。

発表された個々の論文については、それぞれのセッション毎に紹介があるので、ここでは一般的なことについて述べる。現在、雲、降水の形成の基礎的過程に関して、ほぼ理論的、実験的研究の第1段階が終って、さらにその精密化と同時にすでに得られた基礎過程の理解の上に立って大気中の雲の形成と降水の過程を解明しようとする研究が熱心に進められている。従って、ある意味で地味な研究が多く、新しい事実の発見というものが少なかった。しかし、一方、実験の精度の向上と、研究設備の大型化が認められた。これらは、今後の新しい発展に大きな意義をもつものと考えられる。これまで、日本でもそうであるが、諸外国でも気象学の研究室の実験設備は貧弱で、新しい測定装置は少なく、測定精度も充分とは言えないものがあつた。その点、上記の傾向は好まし

いことである。

最近における研究方向のひとつとして、雲物理学の微物理的過程(microphysical process)に関する知識を基礎として、自然の雲、雲系の構造と変化、降水現象などを解明しようとする雲の力学的研究の試みが行なわれる様になった。その力学的取扱いは未だ雲物理学の成果を取り入れるに十分な精度を必ずしも持っていないので、この様な試みが降水現象の解明にどの様に役立つかは今後の問題であろう。しかし、この様な努力なしには降水現象の真の解明はできないであろう。雲物理学の諸量のパラメタリゼーションを扱った論文に対し、Mason が酷評を下し、すぐれた画を便所のドアに掛ける様なものだと言ったが、現在の試みには多少その様なことがあるとしても、微物理的研究の成果を力学的モデルの中に組込む努力——安易でない方法で——は今後ますます重要となるであろう。

1. 凝結核

内田英治(気研)

今回の国際会議はその準備状況も会議の運営状況も大体淡々とすゝんで行った。東京大会のような微にり細にわたった運営やもてなしはなかったが、組織委員長 List 教授のもとに一貫したスケジュールが生まれ、第一日の開会式もユーモアの中に無事終了し、各セッションに入った。

Byers を chairman として、session 1. がはじめられた。

keynote paper という新しい発表企画の第一陣を承ったのが Junge で、雲物理に関連した「エーロゾル研究の近況」と題して30分位講演を行った。エーロゾルの粒度分布を求めるとき、半径 $<0.1\mu$ の範囲の粒度分布を測定する必要性、 $r>10\mu$ の粒子の上限問題、不溶性エーロゾルに対する知識、等について問題点をあげ、さらに雲の形成にかんがみて雲の生成消滅の cycle と雲粒の核がどのように全体のエーロゾル分布と関係しているか、

* Recent Researches on Cloud Physics
—1968年12月16日受理—

又相変化とは無関係に凝縮、沈降してゆくエアロゾルはどのようになっているか、また化学成分はどうなっているか等豊富な話題について問題提起され討議が進められた。

ついで lead speaker として Georgii が5つの論文をまとめて30分位で紹介した。余り新しい報告はなかったようだが、Blanchard の有機エアロゾル観測にはかなり論議があった。つづいて Soulage が5つの論文を披露した。Langer の NCAR counter については chamber 内の過飽和度分布などについて鋭い質問があった。これは氷晶核 counter としても使用しているし、自動的に計測出来るので相対濃度観測ならよい器械であろう。Radke と Hobbs の thermal diffusion 式の自動計測器についても過飽和度問題と生成された霧の粒度分布の時間変動について活発な論議があった。

著者も長い間、雲核について苦勞しているが、未だに大気中で active と言える雲粒の核の数を正確にしかも連続的にはかる計器がなく、雲粒の形成問題に重要な欠陥をなしていることについては、世界の学者も同じ苦勞をしていることが知られた。そして古いテーマながらこのエアロゾル研究（及び次のセッションの雲粒の研究）が未だに激しく論議されているのも、もっともなことと思われた。

2. 雲粒

内田英治（気研）

東京大会では Mason の併合実験が余りにも人目をひいたので多少この session 中の他の研究は静かに感じたが、今大会ではソ連やアメリカの理論屋が比較的多数参加したせい、古いテーマと思われていた雲粒の問題が俄然活発に討論された。それは第一日目の張りつめた皆の気概によるかもしれないが、あながちそればかりでなく、雲物理が今迄の第一近似的理論より離れて次の段階に入ってきたともいえるような仕事（たとえば平均場→変動場）がふえてきたためともいえよう。keynote paper として Squires が「暖かい雲の中の雲粒成長」と題して話すはずだったが、あいにく欠席のため、lead speaker の話しにより始まった。その最初の人 Telford は4つの論文をひきうけたが、ある所は解ったが、ある所は解らないと皆を笑わせながら紹介した。Jiusto の雲核についての地味な仕事も紹介された。Mazin と Sedunov の理論的雲粒成長論はソ連の最近における活発な仕

事であるが、アメリカの最近の仕事（後述）と相まって重要なものである。Berry は次の lead speaker であったが、まず併合率問題では今尚精密な研究がなされている旨報告した。又特に Phillips と Allee は $3,000\text{m}^3$ の chamber を3~4日かけて断熱膨脹させる実験を行い、生成された雲粒の粒度分布を測定した。膨脹後500秒以後に直径 30μ 以上の大粒が急につくられたという現象につき、凝結か併合かで大分討議がかもされた。UCLA の大垂直風洞についても感じたことだが、今や雲物理実験も大型化して厳密に大気中と同じようにシミュレートさせないといけないことを痛感した。ついで Neiburger が4つの論文をまとめて話した。特に（著者の論文も含めて）最近とみに台頭してきた確率論的成長の研究 (stochastic growth) に論議が集中した。一つは kernel equation を充分いじくって理論的に解析する方法 (Berry や Thompson 及びソ連の Magin や Sedunov) であり、もう一つは著者等のやっているようなモンテカルロ法適用によるシミュレーションの研究である。Mason は kernel equation をとことん迄やると同時に結果を比較して見たらよいのではないかとも言った。しかし Neiburger は、解析的に難しい問題（たとえば乱流場での成長など）には我々の方法が興味深いと発言した。Weickmann は reality に気をつけながらやるとよいとあとで言ってくれた。終りに Borovikov が立って6つの論文をまとめた。暖かい雲（積雲）の中の微細構造などについて紹介があったが、そうきわだった議論があったとは思えなかった。

3. 氷晶核と氷晶化

高橋喜彦（高層气象台）

米8、ソ連2、カナダ、英、伊、日各1論文であり、Mason の keynote paper は、氷晶生成に関する諸問題に対する見解、氷晶核測定の各方法の批判、共同観測のための簡単、確実な方法の必要性を強調した。

つぎに、大気中の氷晶核に関するとして、英本国で測定された高濃度の氷晶核は欧州大陸の工業地域が源で、20,000ft までの氷晶核は地表からとするもの（英）、山地の氷晶核は大気不安定るとき増加、冬は夏の $1/30$ に減ずるが、大気環流の変化によるものか、山地の積雪によるという報告（伊）、水滴氷結法で検出した雨、雪、雹中の氷晶核数の温度スペクトル、同じく各種土壌についてのスペクトルから案外高い核化温度の氷晶核が雲へ

送られるという報告(カナダ)が発表された。

測定法については、プラスチック容器に空気採集、そのいぶした内面に氷晶核を沈着、冷却してできた氷晶が融解蒸発後に残した痕跡を計算する簡単で応用の多い方法(日)が発表された。

氷核化能力の温度依存性に関するものでは、アセトン溶液プロパン燃焼の AgI 核に対する水蒸気、紫外線の影響の測定、隕石砕粒の氷核化の過飽和度は水飽和を越えること、CuS 微粒は -6°C から核化、 -20°C で核化数 10^4 倍であること、AgI₂、PbI₂ 結晶面へは -5°C まで凝結、それ以下で氷晶が生成し、マイカ面へは常に (-20°C 以下) 水飽和で氷晶生成(以上米 4) という報告がなされた。また AgI 発煙条件による氷晶核数、MgCl₂、LiCl、NaCl 水溶液滴の凍結温度が強電場中で高くなる実験、理論的考察(以上ソ連 2) が報告された。

核化物理に関するものとして、Metaldehyde 核による氷晶生成の実験、理論的考察、水-氷の接触角が 0 でないことを確かめる再実験、角が大きいほど過冷却水滴の表面からの凍結温度が高くなる理論、人工、天然の氷晶のハビットについての討論(以上米 3) がなされた。

その他、氷粒へ附着して過冷却水粒が凍結中は、その高い水飽和水蒸気が氷粒面へ毛状に昇華、これが碎けて雲中の氷晶が増すという提言(米)があった。

4. 氷と雪の結晶

磯野謙治(名大・理)

keynote paper として孫野は氷晶の空間濃度が氷晶核数よりも大である観測例、雲結晶の微細構造、ライミング、雲結晶の相互附着の観測例及びその解釈について述べ、Marwitz と Auer は拡散と附着による氷晶成長の実験式をあたえ、Schaefer と Chang は同一の温度、温度条件の下で成長した氷晶の形が核によって異なることを示す実験、駒林は水、炭酸ガス、アンモニアの結晶成長を形状不安定の理論から、結晶の形状が、周囲の圧力、温度、熱及び物質の拡散場への依存の仕方について論じた。樋口は氷晶が大気中で成長するときの放射冷却の効果に関する計算を行い、成長のための臨界湿度を示した。磯野は低温、低圧下での氷晶の成長速度とその形、昇華係数の値に関する実験結果を示した。Davis と Blair は X 線廻折による測定を行うための霧箱につき述べ、散乱速度から氷晶と水滴を判別し得ることを示し

た。Brownscombe と Thorndike は AgI 懸濁水滴及び純水滴が落下の途中で凍結するときの 2 次氷晶の形成の実験を行い、その数の少ないことを示した。大竹(在米)は河の水面から生じた霧がこれに接凍する -40°C の空気中の氷霧化する過程、特に球状氷晶(droxtal)の形成について、Borovikov は飛行機観測の結果に基づいて、 0°C 以下の雲のうちの氷晶雲、過冷却雲の粒度の場所、季節による変化、また -17°C までは水滴が多く、 -30°C でも 20% は過冷却水滴であることを示した。Podzimek は雪結晶落下姿勢のモデル実験に基づき、雪結晶相互間の附着を空気力学的に論じ、Austine と Kraus は衝突附着による雪片形成の数値モデル、Grant はコロラド・ロッキー山脈の地形性雲の中の氷晶数と膨脹式氷晶核数計による核数がほぼ等しいこと、前者が後者よりも大きい場合は破壊しやすい樹枝状結晶の生ずる場合であること、Buykov は過冷却層雲からの降雪の計算、Wexler は層雲中の氷晶の形成と成長の計算、Wexler と Hardy は高い温帯低気圧の周辺の雲層のドップラーレーダーによる解析例を示した。Rosinski と Langer は雲に含まれる粒子と重水素の量の測定結果を示し、降雪機構、粒子附着機構と結び付けることを試みた。

こゝにも次の三つの傾向がある。すなわち第 1 は微物理的過程の追求で実験的研究、理論及び計算、第 2 は野外観測結果の解析、第 3 は主として従来得られた結果に基づいての降水過程の一部または全過程の計算である。この中で今回問題にされ、また今後の発展の可能性のあるのは Schaefer & Chang と Davis & Blair の二つの研究と思われる。上述の第 3 のカテゴリーに属するものは雲の力学とも関連して研究が進められねばならないが、その繰り込み方が今後の問題であろう。Schaefer たちの研究は、session 3 の福田、Hallet の論文とも関連があるが、物理的にはこれらと問題は異なり、核の物質、結晶構造と直接関係あるものではなく、粒子の形、大きさ、不純物によるものではないだろうか。Davis たちの低温槽内に生じた氷晶の X 線による研究は筆者も前から考えていたので興味をもって聞いたが、今回の発表は装置を作り試験をした段階の様に見受けられ、X 線によらねば得られない様な結果は示されなかった。今後を期待する。Rosinski らの仕事も今後測定結果をどの様にまとめるかが問題である。

5. 雨の形成

藤原美幸 (気研)

session 5 は 12 論文からなり、大別して accumulation layer, 飛行機観測, warm rain, 雨滴, 実験装置の 5 種になる。後述するような Kessler の keynote paper が読まれてから, Neiburger によって逐一紹介された。先づ accumulation layer ということはこの session 外でもしばしば聞かれ、一昨年スイスの IUGG 会議でソ連学者により提起されてから一層注目されるようになったとみられる。Haman と Iribarne は強い上昇気流が存在するとき雲の上層部に水滴の accumulation のできる状況を計算している。前者は chain reaction に関連して大水滴の破裂を導入し、何れも浮力と重力のみの簡単な運動方程式と水収支の仮定を用いているが、雲と水滴の問題について有意義なモデルとして案外質疑討論があった。

次に Lyons は warm cloud のレーダー及び航空機 (熱線式雲水量計, 降水粒子記録器) による観測資料を整理し、エコー発生以前 (約 7 分) に雲水量が大ききことから雲水量の併合促進効果を結論している。これはまた同時に報告されている $Z=136R^{1.38}$ と共にわれわれが 4 年前学会で報告したレーダー観測結果とも一致するもので、筆者には興味深かった。次いで 4 番目の論文として Brovikov 他の論文は航空機による直径数 10~数 100 ミクロンの大雲粒の測定結果をのべたものであるが通訳を伴った Brovikov の comment は英語人会議の中で裕々としていて好感がもてた。光学的に連続して 150 ミクロン小まで記録する高性能の装置に質問が集っていた。

次は Zikmundova の水滴の蒸発式の中の ventilation factor を理論的に導くことを試みたものである。Joss の雨滴分布に関する論文は、その姉妹論文がこれに先立つ、レーダー気象会議 (マックギル大学) で高く評価されたが、これは特に新味はないものであった。たゞ、注目すべきは雨滴の記録器については最後の論文である。Georgii 他とほとんど同じように、機械的衝激のエネルギーを real time で分類する装置をすでに開発している点である。

次にハワイの「暖い雨」に関する計算が 2 論文紹介された。武田と Kaniel 他である。前者は過日仙台での気象学会で報告されたのと同じものと思われる。Neiburger によってかなり要領よく紹介されたが討論を通じて

モデルやねらいについて有効な説得を行えないので、とに角日本人は不利である。後者はむしろ計算機による計算 scheme をのべたもので共にハワイの「暖い雨」のように比較的簡単なメカニズムをモデルにして行く方向をとっている点納得できる。

最後に Carte の堅抗 (深さ 2 km) の雲物理への利用例と Pruppacher と Neiburger による大型雲風洞について紹介された。これらは雨滴の形成、成長等の大型実験装置として多くの聴衆に感銘を与え、かなりの質問が出された。

堅抗については高度差 1 km 間に人工雲から降水を発生させたり、モザイクによる雹の落下速度などを実験しているが、2, 3 の疑義が出された。UCLA の大型雲風洞については制御装置の秘訣を一般公開してほしいとの質問に会場がわいた。これは、二つの階にまたがる装置で、室温から -40°C までの温度範囲で一定の場所に 50 ミクロン小までの水滴を静止して浮ばせることができる。

以上のべたように session 5 だけでもかなりバラエティのある論文が含まれているが最初に keynote paper を述べた Kessler は十年来エコーパターンの kinematic なモデル化を試みて来た特異な研究者である。積雲降水の問題ではそのスケールとモデルを発見すること、またそれに合った雲物理式の簡易化が重要であると強調していた。論旨は多少抽象的ではあったが最初の凝結→降水の大胆な conversion rate の仮定から最近の雨滴の分布による差を考慮するにいたる一連の研究の過程を簡単にかえりみて上述の主張を行っている。たしかに特異で未明の approach であるかも知れないが、現代における radar, 計算機等の道具立てを考えるとその必然性のようなものが感ぜられる。別の session であったがこの Kessler 流の approach が Mason から冷たい批判をうけ Marshall がこれを正論で反ばくして万場の拍手を得ていた。すでにソ連の雹消散実験で発見された「accumulation」のメカニズムは同じ approach の問題である。

6. 降雹現象

高橋喜彦 (高層気象台)

米 6, カナダ 3, ソ連 2, 豪, 仏, 伊, スイス各 1 論文であり、Weickmann の keynote paper は、降雹制御が端緒となった戦後の諸研究および今後解決すべき諸

問題を概説した。

降電の観測に関するものとして、レーダーおよびステレオ写真による電雲の追跡例、軟湿な降電の観測統計、その降電率の最近の急減は一部地区の人工制御よりも工業化に伴う排気ガスの影響かという報告があった(以上カナダ2)。降電の地上パターンの移動、変化、軽電は電光なしのとき頻度最大、電光がはげしいとき最小で、中程度以上の降電は電光が時々～頻繁なときが大部分であるという(以上米2)。

電塊の構造、凍結、融解に関するものでは、採集した電塊をゴム球に包んで著しく低温冷却しておく保存法、ガラス球に水、あるいは水+雪をつめて冷却、電塊に見られる各種の層構造を造り得ること、軟湿球の凍結速度、固氷球の融解速度の実験測定、理論計算とよく合うこと(以上米3)が発表された。暖雲中での電球の融解速度の実験測定、水被膜の移動による融解の部分的違いなどから起こる電塊のいろいろの考察(ソ連)、水滴を冷却平面上へ置く、冷却凸面を水面につける、電塊を水に入れるなどしてできた氷の構造、保存電塊の輪切りに白熱電光を当てると、突起部分間の境界面がすぐ解けはじめる(伊)という報告があった。

成長に関するものとして、電解液流中に置いた球(電極)へのイオンの流量を電気化学発光の強度で測定し、電球各部分への水蒸気輸送を調べた(カナダ)、球面の部分別の捕捉率、成長速度、交換熱量、表面温度を低温霧風洞で実験測定(スイス)、捕捉成長に必要な電塊の含水量が保たれるための雲水量の値巾と球径、温度との関係を低温霧風洞で実験(豪)、電塊各層の D 、 O_{18} の含有量からその成長高度(温度)過程を推定2例(仏)、捕捉成長の理論と各種条件での成長の違いを計算(米)、対流雲中での電の成長モデルからそのレーダーエコー強度の高度分布を求めた(ソ連)という発表があった。

7. 雲の力学

駒林 誠(名大・理)

座長予定の Joanne Simpson が欠席して Marshall が座長をつとめ、Haman, Browning, Orville の3人が合計19の論文を紹介した。最初に keynote paper を Newton が自身で発表し、我々が見なれた彼の対流モデルや対流のおこり易い天気図などを淡々と復習してみた。

飛行機による雲の観測は4篇であって、いずれも良い

仕事であった。中でも Shmeter の500回にわたる積乱雲の観測は圧巻で、これは積乱雲の中、外について高さ別に垂直流、ガスト・スペクトル、温度偏差、吹き出しの風速、水平収束の観測値を沢山の表にまとめたものであった。大勢の質問者がこれに興味して気負って質問したが、答弁に立った Vorobyov が通訳からすべての質問を聞いたあと、「国へ帰ったら Shmeter にそう伝える」とあっさり答えたので満場爆笑した。

Byers は特別に応答速度の速い測器を積んで小さい積雲の微細構造と暖かい雨との関係を調べた。これは古き良き時代の気象学の正攻法でまとめてあり、クラシックな手法であったが現在の米国の飛行機観測の重点がハリケーンと雷雨に集中しすぎている盲点を突いたものであった。Henderson と Ackerman がともに Kolmogorov の乱流の指数則を雲の内外でくり返し吟味しているのが印象に残った。

理論面では煙突の煙に使う plume theory を改良して積雲に適用する論文が3篇(Kachurin らソ、Morton 豪、Telford 米)と二次元対流の数値実験2篇(Orville ら、Arnason ら)あった。1つは山が中央にあって水平風が左から右へぬける場合、1つは小倉、Lilly 流のセルを扱っており、いずれも降水をとり入れた点で今までより進めたことになっていた。両論文とも雲水量の雨量への自動転化(autoconversion)に Kessler の方式を使った。Das らは humidity dip を雨滴分布を入れて定量的に説明した。

List らはひょうの落下速度と上昇流速の釣合う balance level の降ひょうに対する役割り、Yang (韓国) は水・アルコール及び塩酸・重曹の組合せでモデル実験を行ない、潜熱放出の効果と雲底における上昇流の直径の急増をシミュレートした。晴天で雲がないときに屈折率の関係でレーダー・エコーのみえることを利用して乾いた対流を調べる論文が2篇あり、ドーナツ型(直径1km)とベナール・セル型(直径10km)のエコーを Hardy ら、ストリート状エコーを Konrad が発表した。後者は陸上でも海上でもあたかも雲のストリートのように風に平行に出ると言う。ATS データーから赤道海域のリング状配列の対流雲(直径100kmで中央がぬけて海が見える)、トルネイドと近傍の雷雲の吸込みとの関係(それぞれ Haar, Bates, Marshall) が論じられた。

Bartlett は乱流による雲粒々度分布のひろがりコンピュータにかけた。彼によるとこれは北京の中国科学院が解析的に扱った問題(Tellus, 18, p. 722, 1966)

を数値解法で扱って制限条件を取払ったものである。

James らは飛行機から投下すると自動的に開くコーナ反射体を開発し、前線上の降雨に重要な 80km 程度のメソスケールの水平収束を知る目的で同時に 7 個投下した例を示した。これら 2 篇はいずれも英国気象局の研究で、序報的なものであったが、英国気象局の雲物理に対する積極的姿勢を示すものとして注目される。

8. 雲と降水の電気

孫野長治 (北大・理)

このセッションは Sivaramakrishnen に代って Brook が司会した。keynote paper として Freier が雷雲の電氣的性質と題して、雷雲のモデルを作り、これを電氣量、電場、伝導電流や降水電流のエネルギーを使って計算し、烈しい雷雲の場合は伝導電流が増加するので、通常期待されるほど強い電場が生じないと考えた。

一般に提出された 14 論文の中で電氣発生に関する論文が大部分を占め、航空機を作って雲の電荷を調べたものが 3 篇あった。

以上の論文を Hobbs, Davis, Vonnegut が lead speaker として紹介した。

高橋の論文は氷の熱電気の温度効果、結晶面による相違やディスロケーションの影響など面白い実験内容を含んでいた。Mason は、実験操作における接触電位や電極効果の影響を鋭く追及したが、本人が出席していないのでどうにもならなかった。

Scott と Hobbs は、雪を含む自然風に半球形の氷をさらした時の荷電状態を報告したが、風速の影響の点を除けば高橋が手稲山で行なった観測と大差はない。

Mason 門下の Drake は、氷塊に暖い風をあてて融解する際に氷が正に荷電することは従来の結果と変わらないが、融けた水の部分に対流が生じると正荷電量が急激に増加することを強調し、Mason はこれを電の電荷に結びつけた。

Saunders は、電場内で着雪現象が促進されることを実験し、1 KV/cm で 30% ほど捕捉率が増加すると報告した。

Johnson は水滴が凍結する際に発生する電氣量を誘導輪方式で測定し、その電氣量は熱電気や不純物では説明できないくらい大きいと報告した。

Kachurin と Bekryayev は、水滴が凍結する際に発生する電気は水が結晶化する際の電氣力学的現象である

と説明し、あわせて HCl 等の水溶液の場合の結晶化電流の計算結果を紹介した。

Sartor と Abbott は、非荷電の 2 枚の水滴が強い電場内で近づいて存在すると両者の間に放電がおこり、そのために電氣量が空気に移動することを示す実験結果を報告した。

Adam と Ochs は、荷電された 500~50 μ の水滴が高電圧に保たれた水滴と衝突すると、強く荷電した微水滴が上記の水滴からはじき出される実験を示した。

Sivaramakrishnan は、多くの空中電場、降水電流および降水強度の同時観測の例をあげて、降水電流の知識が雨滴の粒径分布の変化を見出すのに有用であり、また降水の起源も知ることが出来ると述べた。また雨滴電荷が Whipple & Chalmers の理論の 6 倍にも達する観測結果も報告した。

Workman は相変らず強気であり、例によって雷雲の荷電に対するアンモニアの重要性を自信をもって主張し、アンモニアの濃淡によって雷雲の電荷を制御する可能性を指摘した。

Mason は、雷雲の電気の数式化を試み、電氣発生機構の中で、電に衝突附着した過冷却微水滴の破碎と、極性をもつ電に衝突してはねかえる氷晶の二つの機構が有力であると結論した。大体に穏当な議論であるが、雷雲は電だけに限らない。

Handman は、電位傾度ゾンデをヘリコプターに吊して雲の電荷分布を測り、晴天積雲で下層から対流によって電荷が積雲内に運ばれ、雨天の層積雲では雲の電荷に極性はなく、渦動流によって電荷が雲内に再分布された例を報告したが、測定方法、とくに測定器の電場に及ぼす影響に対して質疑が集中した。

Kasemir は、航空機によって雷雲の周囲の電場の三要素を測定し、その結果からあるモデルについて雷雲内の電氣分布を計算する方法を示した。

雲内の電氣発生機構に関する研究発表が大部分を占めたが、東京大会における菊地の発表のように印象深いものではなくて、ますます多岐にわかれて行き、ひよっとするとわき道にだんだん外れてゆくような気がしてならなかった。水や氷のような魔者からは電氣の発生する機構は今後いくらでも見付けられるであろうから切りのないことである。

この辺でもう一度天然の雲の電氣的性質の観測にもどうしたら如何であろうか。一般の測定技術も進歩したことであるから、この方が早道のような気がする。

9. 気象調節

高橋喜彦 (高層気象台)

ソ連11, 米4, 仏3, スウェーデン, イスラエル, ケニア各1論文. よいと思った方法はいく年も継続実施しながらさらに開発し, また新しく思いついた方法はほとんど野外テストに持ち込み, あるいは実施に移していく気概が各国に見られる.

Braham の keynote paper は, 物理と化学だけでなく, あらゆる大気科学, あるいは自然科学を駆使して weather modification の進歩を計れ. その行手には global な modification の夢もある, という内容であった.

雹抑制については, 雲底種まきは非常に多量の種まきが必要, ロケット, ミサイルによる雲中への種まきが望ましい (ソ, 米, 仏), 地上発煙 200地点, Ag I 年4トンの大規模実施で被害約40%減 (仏), 無種まきロケットで被害半減, 雹の粉砕か, 0°C レベル直下の断熱膨脹による氷晶生成によるらしい (ケニア), surface active material を打ち込んで, 対流中の落下水滴の表面張力を減じ, 小さいうちに分裂飛散 (ソ連), といった報告があった.

対流雲人工消長については, セメント, 白土, CuO の微粉を撒いて, その重さで雷雲の発達抑制, 飛行機の高ガスタービンエンジンの噴熱気で安定層を突き破って対流雲発生 (仏 Dessens の方法), またジェット機が雲中を急上昇して下降気流を起こし, 雲を押える (以上ソ連), という発表があった.

人工降雨については, ドライアイスによる実績, 最小5%, 最大57%増雨 (ソ連), Ag I 地上連続発煙, 作用域中心部で50%の増雨 (仏), Ag I の雲底種まきで20%増雨, 熱力学的, 雲物理学的気象要素と効果の関係 (イスラエル) が発表された.

霧消散については, 600m³ 室内人工霧に NaCl を撒いて, 視程 (換算値) 200m が2,000m に改善された, ドライアイスの飛行機撒布によって過冷却霧に穴をあける (以上米), 蒸気霧を水面単分子被膜によって抑制する, 霧粒蒸発法, 捕集法, 併合落下法の各必要最小エネルギー (使用物質質量) の検討 (以上ソ連), という報告があった.

以上すべて理論的考察, 野外実験, あるいは実用実施, および効果検討を行なっている.

この外に, アラスカ湾の海水温をかえてこの海域における低気圧の消長を調節することによって北太平洋および北米の天気を変えることができる. この必要エネルギーは, 水温 1°F 上昇に水爆 300 個分であると述べられた (米). Bergeron は, 新鮮な水を全人類にあまねく供給する夢を持ち, そのための weather modification の方法を述べている.

10. 物理の学生のための雲物理学実験

孫野長治 (北大・理)

このセッションは優秀な物理学科の学生に雲物理学の興味を抱かせて, よい後継者を獲得しようという主旨で, 今度の会議で初めてとりあげられたものである. 外国では物理学科の学部卒業生から気象学や地球物理学の大学院へ進むのが普通である.

Mason が司会者となり, Latham, Hallet, Sartor, Schaefer 等がモデル実験方法の紹介を各自おこなった. この顔ぶれからわかるように, 実験の名手が揃っており, 内容も学生向けのデモンストレーションとしては勿体ないくらいで本職の研究者にとっても結構面白いものであった. と云うよりは本人達の日頃の実験を紹介したものと云った感じがした. たとえば故中谷先生の人工雪実験が提出されれば一番よかったかも知れないと思った.

Latham は電場内で水滴が衝突するモデル実験, 微水滴が衝突後にはねかえる実験, 微水滴が凍結する際の破砕による荷電現象, 拡散型人工雪装置や氷球の熱電気実験など, 我々の知っているものばかりであった.

Hallet は, ドライアイス霧を使って山岳波モデル実験を紹介したが, 北大の山崎がよく使っている装置と同様と思って頂ければよい.

Sartor と Abbott は得意の電場内における微水滴の衝突や分裂の高速度撮影写真を被露したが, 私が昔うまく撮れなかった水滴表面の波動現象がよく撮れていて面白かった.

Schaefer のは, 彼の mixing cold chamber, diffusion chamber, cloud simulation chamber, replication of snow, stefan flow studies, langmuir trough, liquid and air vortices の大要を紹介したが, 内容は皆様よく御存知の通りであろうが, 物理の学生の興味をそそるものばかりである.

要するにこのセッションは金をあまりかけずに視覚に訴えて理解させる方式のものばかりで, 別な意味で私に

は大変面白かった。

会議の運営

—特にlead speaker 方式について—

高橋喜彦, 磯野謙治

孫野長治, 内田英治

今回の会議では、論文の数が多いために、一人のlead speaker が数篇の論文をまとめて発表するという方式がとられたが、会議を円滑に進行させるため各論文の予稿は会議の3ヶ月ほど前に印刷され、lead speaker と座長に送られた。また座長は、全論文を印刷した proceedings を約1ヶ月前に受け取った。また予稿にする図は事務局でスライドにつくられ、lead speaker の要求に応じて映写された。この様な準備には大変な手数が掛ったものと思われる。このような方法の一つの長所(また欠点ともなるが)は客観的に紹介することを心掛けていても、自ずとスピーカーの評価が入って来ることである。この点、第三者として聴いていて興味がある(磯野)。

若い人がスピーカーになった時はオーサーたちと連絡

してあって、スライドを使い、順番にやったのでよかった。老人の時には適当にやっていたが、ある意味ではよいが夫々のオーサーにとっては不満があると思う。スピーカーによってはオーサー達を壇上に並べてそれぞれにコメントをつけさせたのはよかった。しかしそうでない時もあり、各人各様だった(孫野)。

オーサーを壇上にあげるのなら例えば5分間を厳守して当人にしゃべらせ、4つか5つをまとめてディスカッションさせた方がよいと思う。やはり、オーサーが最上のアブストラクトをつくれるからである(高橋)。

一論文5分位しかししゃべれないので、まえもって、オーサーからポイントを知らせてくれると有難いというlead speaker の意見があった(内田)。

(後記) このほか、会議の運営に関して、会場の数、proceedings の出し方などについて、高橋、孫野、内田の三氏に、座談会をひらいて、感想をきかせて載いたのですが、頁数の都合で掲載できなかった点を、お詫びいたします。なお、この会議における発表の題目、著者、アブストラクトは、Bull. Amer. Met. Soc. vol. 49, No. 5, Part 2, 580-624, May 1968, に出ていますので御参照下さい。(樋口記)

気象集誌投稿論文の英文添削について

気象集誌編集委員会

43年12月9日

気象集誌の国際的レベルを高める為の一つの方策として使用外国語が国外で通用するようにする必要があることが各方面から指摘されている。集誌論文の英語が読みにくいということで内容の如何によらず敬遠されているという情報もある。このことに対処して、気象集誌編集委員会では理事会の承認を得て次のような処置を講ずることとした。

気象学会は、次のような条件のとき英文添削を斡旋する。

1. 投稿された論文の内容が集誌に掲載される価値があると編集委員会が判断し、

2. 英文が不十分であり、

3. 投稿者が希望する場合、

集誌掲載の条件として編集委員会が英文添削を斡旋する。

上記のことは英文の添削であって翻訳ではないことを考慮して著者は英文の作成には十分の配慮をされたい。場合によっては和文原稿の提出を求めることがある。

気象学会事務局は適任の英文学者に依頼して上記のための必要な事務を処理する。英文添削に必要な経費(A5版ダブルスペース1頁につき400円)は事務局より投稿者に対する別刷代金の請求と同時に請求される。