

## ロンドン国際雲物理学会議おぼえがき\*

孫 野 長 治\*

## 1. まえがき

雲物理学界における英国の国際的な比重からみて、これまで英国で国際雲物理学会議を開いたことがないというのは、どう考えてもおかしいので折りをみては Mason に勧めていたが、機が熟したとみえて昨年モスクワで会った時に、「いよいよロンドンで開くことになつたから是非きてくれ、しかし今度は論文を50くらいに絞つて、そのかわりに討論の時間を充分にとるつもりだ」ということであった。

彼はトロントの会議で「第1回のキャンペラ・ソドニーの会議では15日の会期で参加者が100人、東京・札幌では10日間に150人、トロントでは5日間に200人が参加した。この次には250人参加して会期が0日になる」と予想して笑わせたことがある。回を重ねるごとに論文数が多くなるので、何とか論文をへらして討論の時間をふやしたいというのが東京・札幌会議のころから特に英語国側からの強い希望であった。こんどの会議は英語の本国で開くことでもあり、そういう工合に事が運んでも強いて反対を唱えることもなかった。私はプログラム委員ということであったが、主な役目は事務局から送って来た20枚ばかりの申込み用紙を国内と韓国の関係者に配布するだけのことであった。

結局各国から145の論文が提出され11の invited review paper は別として、口答発表で受理されたのが42、補欠が14と決った。日本から山下君のが一つだけ受理されたが同君は結局出席しなかったので日本からの研究論文の口答発表は皆無といった淋しいことになった。論文の選択ではソ連が割と優遇されていたが例によって殆んど直前にキャンセルしたので補欠の分も殆んど発表された。

何事にも一長一短があり、こんどの会議ではなるほど討論に十分な時間があてがわれたが、討論の参加者が英語国側に極端に偏るという欠陥が強く感ぜられた。

雲物理学の分野も広くなって、cloud dynamics や numerical modelling も少からぬ割合をしめるので全部をカバーして報告するのは不可能に近い。関係分野で印象に残ったものにとどめて報告したい。また invited review paper だけ題目をあげることにする。

## 2. 測 器

日本の学会では測器が会期の後半に廻されることが多いが、ここでは測器のセッションが初日で、力学やモデル計算は後半から最後に発表された。

The measurement of air motion in clouds.

By J. Telford (Nevada)

Telford は CSIRO にいた頃から航空機に加速度計などをつけて雲内の気流測定を手がけた人であるが、その後の米国におけるこの分野の観測状況をレビューした。会場では航空機による雲内気流の基礎的な測定限度が問題になった。

Radar measurement of air motion and hydrometeors in clouds. By D. Atlas & R.C. Srivastava (Chicago)

Atlas は来ないで代りに Srivastava が doppler radar による気流の測定現状を紹介した。doppler を2または3ヶで同時測定すれば三次元的な気流解析も可能と述べた。しかし雲内に上昇または下降流がある場合には雨滴の粒径分布が違って観測される懸念にも言及した。彼のレビューに対し Mason は Scanning の同時性について質し、Browning から気流に関して航空機と doppler radar の同時測定の必要性が表明された。

Microphysical measurement in clouds. By R. E. Ruskin (Washington)

航空機を利用して雲内の気温、露点、雲粒分布や氷晶分布の測定方法を紹介したが、特に新奇と感ぜられるも

\* Memories of the International Cloud Physics Conference, London.

\*\* C. Magono, 北海道大学理学部

のはなかった。会場からドロップゾンデによって測定したものと比較したら如何かという意見が出された。

雲粒の粒径分布を測ることは従来の露出方法でも可能であるが、あとの解析が大変である。NCAR の J.E. Dye & J.D. Sartor は雲粒が電極に衝突する際のインパルスを自記する方法を紹介した。粒径分布の幅では劣るが大体の傾向は容易につかめそうである。

F.M. Turner & L.F. Radke (Seattle) は氷晶を光電的に増幅して数える装置を発表したが、雲粒との区別に光の偏光廻転現象を利用するあたりは数年前に磯野や福田によって試みられたものと何処が進歩しているのか私にはわからなかった。

R.J. Adams (Bracknell) はホログラムカメラを使って雲粒の粒径分布を測る方法を発表した。この方法は既に公表されていると思うが、雲粒にふれないで測定できるところがみそであり、カメラも一つでよいということであった。

Bracknell の気象台の展示でも熱心に説明してくれたが、私にはホログラム写真の原理そのものの知識があやふやなので結局わからなかった。

H.T. Bull, J.J. Colls & D.L. Dolman (Cavendish Lab.) は繫留気球に、外形が戦闘機の燃料タンクに似た大きな容器をつるし、これに測定器械の一切をのせて測る方法を紹介した。日本では雲物理学の観測に航空機を使うという手段が予算的にも冷遇されて非常におくれており、いざという時(たとえば AMTEX)にはぞを噛むことになりはしないかと聞いていて心配になった。

### 3. 凝結核・氷晶核

核については1973年にレングラード(予定)で国際会議が予定されている故か、研究発表は少なかった。

#### Problems of cloud-and condensation nuclei research. By H.W. Georgii (Frankfurt)

エアロゾル濃度のバックグラウンドが重要視されて、海洋上や高山岳地における測定や長期測定が盛になり、汎地球的な規模で人工的因子によるエアロゾル濃度の増加が雲の微視物理学的構造に与える影響が問題視されるに至った。しかしエアロゾルのどの範囲が雲の形成に影響するのかという問題は依然としてわかっていない。

エアロゾル粒子は極端に小さいので、その起源を知るための直接の化学分析は困難であるけれども、従来いわれて来た NaCl よりも  $\text{SO}_4$  の方が雲核の形成に重要と思われる徴候がいくらか出て来たというのが論旨であった。これに対して  $\text{SO}_4$  の分析法について質疑が交された。

#### Ice-forming nuclei. By S.C. Mossop (CSIRO)

Mossop のグループは、濠洲における雲中の氷晶数の航空観測に基いて、氷晶数が予想される氷晶核濃度よりも格段に多いことを、ここ数年叫びつづけて来たが、こんどの会議でも氷晶の方が3~4桁多いと強調した。考えられる機構として、核化の進行速度、preactivation、雲中の局所的な過飽和、contact nucleation、巻雲からの seeding、スプリンター、電場の影響など12項目をあげたが、いづれも上記の大きな差異を説明することができないと結論した。

会場では薄い雲では差はなくて、厚い雲の場合に大差の出ることを確認し、また deposition nucleation や freezing nucleation のほかに contact nucleation にもっと注意すべきだということになった。

Mossop は臨時に Bracknell の研究室に来ており、ここではスプリンターによる核化の実験研究が非常に活発である。北大でもこの問題に取り組み始めているが、何処でも似たことに力を入れるものだった。

L. Vardinan & L.O. Grant は Climax (Colorado) で氷晶や雪結晶を長年にわたって観測して来たが、雪結晶の破片の多いことに注目し、これは確かに空中で発生したものであることから氷晶核増加の機構として雪結晶の破碎現象を強調し、それを証拠だてる写真も提出した。

N. Nix & N. Fukuta (Denver) は非定常状態下における微水滴の成長を理論的に計算し、一例として  $-15^\circ\text{C}$  中に半径  $50\mu$  の微水滴をおいた場合の計算結果を駒おとし映画で紹介したが、温度差による水滴の急激な蒸発によって水滴の廻りに過飽和のできるところなど見事であった。Pruppacher から水滴の落下を考慮すべきだと意見が出された。

### 4. 雨の物理学

#### The physics of rain. By P. Squires (Nevada)

スライドを使わないで原稿をよみあげるといった講演なので印象がうすい。暖い雨に話を限れば、海洋上の降雨はモデル計算で記述できるが、大陸の降雨は関係因子が多くて困難というようなことであった。

雲粒捕捉の研究は非常に芸が細かくなったようである。従来は大小の水滴とも垂直に落下するものとして扱ったが、近頃は turbulence の影響を予想して実験している。P.R. Jonas & P. Goldsmith (Bracknell) は大水滴を上からおとし、小水滴を風で横から送って捕捉される割合を測定した。当然のことながら、二つの水滴の大

きさが似ている場合は従来の捕捉率よりも10~50%増大することがわかった。

## 5. 雪の物理学

The formation of snow crystals.

By C. Magono (Hokkaido)

氷晶化作用と氷晶の形、結晶形と温度、雪結晶の成長速度、多結晶および不規則結晶にわけて評論をおこなったが、なるべく日本の研究の紹介に努めた。氷片が核化した時の見別けかたについて Mossop から質問があったが、氷片が  $10\mu$  以下の場合には困難である。

氷の表面における水蒸気分子の migration distance の温度依存性が、基底面とプリズム面とで異なることを利用して、雪結晶が温度によって角柱になったり角板になったりすることを説明しようとしたのが Hallett であるが、この解釈をめぐって Mason と Hobbs との間に東京会議以来の論争がつづいている。今度の場合も Mason と Hobbs は講演者をぬきにして論争を始めた。同じ実験事実に基づきながら両者でまる反対の解釈が出るのも妙だが、この点については結晶の物理学では如何なっているのであろうか。

不規則結晶や多結晶の問題は興味をよんだようであった。

H.K. Weickmann (NOAA) は低い雪雲からの降雪を、エリー湖岸の観測例を用いて議論した。気温の逆転層の下にある雪雲では、上昇流が雲頂付近でおさえられて横に拡がるために氷晶が集まって seed されるということであった。

K.O.L.F. Jayaweera (Alaska) はアラスカで氷晶数を測り、氷晶核数と比較した。shallow cloud では両者は大体一致するが deep cloud では氷晶の方が $-4\sim-20^\circ\text{C}$ にわたって約1桁多かった。

J. Patrich & A. Gagin (Jerusalem) は59の雲について観察した結果、ice multiplication は認められなかったという。

P.V. Hobbs はカスケード山脈で低気圧性の雲について seed した場合の地上、航空観測およびモデル計算について述べたが計画が研究中という感がした。

D.W.Scott (Coral gables, Florida) は雪の結晶面における step growth に関する理論を Hallett や Hobbs の結果を引合に出して紹介したが、内容が古かった故か評判がよろしくなかったようである。

## 6. 雹の物理学

Progress in hail research. By R. List (Toronto)

List は Knight 夫妻のこの分野における業績を高く評価しているようである。同夫妻の流儀にしたがって雹の発生・成長過程を論じ、将来の希望または問題点として、雹の成長のモデル計算、レーダーによる雹の識別法、雹抑制実験効果の物理的な評価方法、雹雲形成の modelling の進歩をあげた。個人的には Re 数が  $2.5 \times 10^4$  で雹落下の抵抗係数が0.5から0.2に急減するというのが面白かった。彼は佐粧君の実験を評価している。

R.S. Schemenauer & R. List (Toronto) は雪の結晶や雹の形に応じて shape factor: K を決めて mass flux の計算結果を発表した。

R.L. Pitter (Los Angeles) は低温垂直風洞内で半径10~1000  $\mu$  の水滴を凍らせて多結晶になる割合を温度と半径に応じて調べた。大きいほど、また温度が低いほど多結晶に凍る割合が多くなることは従来の傾向と一致し、東大の高橋君の実験とよく似ていた。水滴にスパイクが出来たとたんに水滴が上昇気流内で左右に振動することを示す映画は大変面白かった。

A.E. Carte & G. Held (South Africa) は雹雲をレーダー観測、降雹地域分布および電光の水平位置と同時観測した結果を紹介した。雹や電光は、レーダーの leading edge に発生する傾向があり、新しい cell はエコーの左側面(南半球)に発生する傾向があった。

## 7. 雲の力学と構造

### 8. 雲のモデル計算

これらのセッションは全部を聞いた訳でもないし、よくわからなかったので割愛する。ただ積雲対流の成長に風の垂直シャーを考慮するようになり、R.S. Pastushkov の3次元モデル計算は代読であったにもかかわらず注目をあびたようである。しかし計算結果は常識的なものであった。モデル計算では観測結果に近いものが出るように工夫するのが現状であるから、これは当然のことかも知れない。更に信頼性が増してモデル計算から観測されていない事実を予測する域に達する日が待たれる。

### 9. 降水の電気

The electrification of hydrometeors.

By B.J. Mason (Bracknell)

内容は既に彼が Roy. Soc. London, A., 1971 に発表したものであるが、要約すれば次のようになる。降水の荷電機構は無数にあるが、そのうちで決定的なのは bo-uncing effect (降水粒子に他の微粒子が衝突してはねかえる)である。

降水粒子の電荷生成は、降水粒子自体内の電荷分離

と、その分離した一部が降水粒子からちぎれることの両者で完成する。すなわち、水の凍結中にプロトンが温度傾斜効果で氷の方に移動すること、雹の表面に衝突した水晶や微水滴がはねかえってゆく、および水面から電気二重層の剝離が考えられる。その結果、下方におちた雹を含む空間と、雹からはねかえった微小片を含む上方の空間との間に大規模の電気分離、したがって垂直電場が発生する。

こうして出来た電場の下で、Wilson の説と同様に雹の下面に静電誘導で電気が溜まる。

この下面からまた bouncing によって電気がもち去られるのでネットの電気がますます雹に蓄積されるようになる。

上述の現象を氷や水の時定数を用いて定量的に計算すると、たとえば雹に衝突する氷片の1%がはねかえれば十分に雷雲の電気が形成される計算になる。また落雷の引金としては点放電が重要である。

水滴が分裂する際にも垂直電場の中ならば上と同様にして電気分離が起る。

彼の説明を聞いてみると、従来の古くて定説とみなされる現象を巧に組合せ、ところどころ量的な考察を組入れて大変みごとな整めようであった。あまりみごとなので文句の一つもつづけたくなる。それは彼が10年ほど前にやはり当時の知識でみごとに整めたことがあるが、それとの関係である。あまり美事に、しかも定量的に説明してしまうと、あとで新事実が発見された場合に困りはしないかと思う。

A.J. Illingworth & Latham (Manchester) は雨滴の大小によって電荷分離(大きい方が負)した場合に落下速度によって生じる空間電荷の垂直分布と、これに基く垂直電場を計算した。同じ研究室の S.G. Jennings は水平電場内で二つの水滴を衝突・はねかえらせて電場に対応してはねかえった水滴が荷電することを実験的に確めた。

S.R. Shewchuk & J.V. Iribarne (Toronto) は氷球に水滴が衝突してスプラッシュとして飛びちる時の電荷分離を測定して、衝突速度が大きくなると電荷が格段に増すことを強調した。その際の電荷分離は水面から水が剝離する時に生じるものか、単に水同志の温度差に基く

のかを質したが、実験事実を述べたに過ぎないと甚だ低姿勢であった。

## 10. GARP と雲物理学の問題

雲物理学の世界にも GARP が登場してきたとの意味で簡単に報告したい。

Aircraft infrared observation of the effects of clouds on radiative transfer.

By P.M. Kuhn (NOAA)

彼の発表を聞いて、米国では航空機による雲の輻射に関する研究の盛んなことに驚いた。たとえば黒く塗った U2 機の翼の上下面にそれぞれ輻射計をつけて巻雲の直ぐ下、雲層内および直ぐ上の層を飛んで net radiation の垂直分布を観測すると、雲上および雲下では上ほど radiation は大きい。雲内では高さに関して一様になる。この他にも雲の輻射に関する研究が発表されたが、1974年メルボルンの IAMAP の雲物理学関係は輻射のセッションになるという事情がよくのみこめた。

## あとがき

回を重ねるごとに会議の規模が大きくなるので、討論の時間を充分にとるためには論文数を極端に絞るという今回の措置も一つの方法であろう。事実、英語国側(英・米・加・濠)の研究者の討論は大変盛んであった。しかし非英語国側(日・独・仏・露)から討論に参加することは殆んどなかった。一緒に参加した駒林君とも話しあったことであるが、討論に割込めないこともないが(恐らく歓迎されたであろう)、自分の国に直接ひびいて来ることでなければ無理をして割込むこともあるまいと専ら聞役にまわるはめとなった。Denver から出席した福田君は別で Mason に劣らず討論で活躍した。

次の1976年の会議はまた英語国側の Boulder が予定されている。若い諸君が言葉の面でも奮起されることを切望する。

Mason は日本でいえば気象庁長官の仕事も積極的にすすめながら、雲物理学の第一線で第一級以上の活躍をしているタフネスに頭の下がる思いがした。会議の実際の業務は Bracknell の Goldsmith だちが担当したようだが、小人数で国際会議をさりげなくやってみせるところなど、やはり英国人だわいと感じた。