

第15回 IUGG (モスクワ) 報告*

第15回 IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics, 国際地球物理学連合) の総会は、1971年7月30日から8月14日まで、モスクワにおいて開かれた。そこで、この際におこなわれた委員会やシンポジウムに出席された方たちに、気象学に関連の深い点について、概略の報告をお願いした。なお、総会に際しおこなわれたシンポジウムは、下記のとおりで、このうち*印をつけたものは、IAMAP (International Association of Meteorology and Atmospheric Physics, 気象分科会) が主催または、共催したものである。(樋口敬二)

1. Marine geodesy
2. Recent crustal movements
3. Earth tides
4. Ocean floor spreading
5. Distribution of stresses within the Earth, slow deformation, mechanism of earthquakes
6. State of substances in the Earth's interior
7. Heat flow
8. Forerunners of strong earthquakes
9. Tsunami
10. Microseisms
11. UMP symposium
- *12. GARP progress report
- *13. Noctilucent clouds
- *14. Energetics and dynamics of the mesosphere and lower thermosphere
- *15. Atmospheric electricity
- *16. Energy fluxes over polar surfaces
- *17. Air-sea interaction
- *18. Cloud formation and dynamics
- *19. Air and water pollution
- *20. Radar and laser methods in cloud physics
- *21. Planetary atmospheres
- *22. Morphology and physics of magnetospheric substorms
- *23. Electric fields in space and their connection with atmospheric effects
24. Aurora and airglow
- *25. Solar corpuscular effects on the troposphere and stratosphere
- *26. Lunar effects in geophysical phenomena
27. Electromagnetic induction in the Earth and Moon
28. Structure and evolution of the planets
- *29. Automatic acquisition of data and time series analysis
- *30. Mathematical models in geophysics
31. Remote sensing techniques in geophysics
- *32. Water balance of semi-closed sea bays

* Reports on the XV General Assembly of the IUGG Moscow, July 30-August 14, 1971.

—1971年10月21日受理—

- *33. Snow and ice in mountainous areas
- 34. Acid volcanism
- 35. Volcanism and upper mantle earthquakes
- 36. Physics, chemistry, and shape of the Moon

1. IAMAP に関係のある IUGG 決議事項*

山 本 義 一**

1971年8月1日—14日にわたって Moscow で開かれた IUGG 第15回総会で IAMAP に関係のある一般事項。第15回 IUGG の決議事項のうち IAMAP に関係あるものは次の通りである。

決議 2

IUGG は

- a) GARP の将来の発展に大きな関心をもち、
- b) GARP の JOC の委員は1972年1月までに改選され、ICSU によって承認されることにかんがみ、JOC の新委員の選考に IUGG も参加することを要請する。

(これは IUGG の中でも特に IAMAP の意向をきいてほしいということである)

決議 3

IUGG は

GARP 計画および海洋循環計画の発展に対する境界層現象の重要性を認識し、

特に重要な意味をもつ地域における国際協力研究の価値を認めて、

- 1) 日本近海の気団変質
 - 2) 北海における風—波相互作用
 - 3) 大西洋における境界層相互作用
- 等の研究が支持されることを勧告する。

(1) については原文は the Sea of Japan となっているが、内容的には日本語訳の意味であることは関係者(外国の)も了解している。筆者がソ連の招待によって13日から Novosibirsk へ出かけ、14日の閉会式に出られなく、訂正の機会を逸したことは、遺憾に思っている)

決議 4

IUGG は

Vancouver および Tsimlyansk で行なわれた乱流測定装置の国際比較観測の価値を認め、

GARP および関連計画の準備のためこの問題の一層の発展が必要とされていることにかんがみ、特に湿度の計測器および航空機用測器の重要性を強調して、さらに比較観測が行なわれることを勧告する。

決議 5

IUGG は

- a) Nimbus 4 につままれた紫外線分光光度計がグローバルなオゾン総量および30軒以上におけるオゾン垂直分布のデータを得つつあること、
- b) 成層圏温度のグローバルな測定が現に行なわれ、また将来も行なわれると期待されること、および測定された温度およびオゾンが成層圏内に大きな擾乱の存在を示すこと、
- c) そのような温度変化および成層圏内の循環に対してオゾンが自然のトレーサーとして有用であること、
- d) オゾンは大気中の放射伝達および光化学特性の重要な要素であることにかんがみ、
 - a) オゾン測定は将来の衛星計画の中に高い順位で含まれること、
 - b) オゾン・ゾンデ計画が30軒以下のシノプティック・スケールでのオゾン分布の測定を供給しうるよう継続され、確立されることを勧告する。

決議 7

IUGG は

- a) 5, 60軒以上の層での風および気温の観測が僅かなこと、
 - b) この方面の研究者に必ずしも観測結果が行き渡らないことにかんがみ、
- 5, 60軒以上の層のこれらの測定の数と場所とを増加させるよう、世界的に努力することを勧告する。

決議 8

IUGG は

- a) 雲の物理状態を規定する多くの重要なパラメータの測定が甚だ困難であること、および違った方法による同じパラメータの測定が屢々違った結果を与えるこ

* Report on the Resolutions of IUGG in Relation to IAMAP.

** G. Yamamoto 東北大学理学部

- と、
- b) 測定は普通移動するプラットフォーム上で行なわれるため、地上に対し測定位置を決定するという別の難しい問題があること、
- c) 空気の運動は屢々そのプラットフォームの移動の測定から求められるため、プラットフォームの位置の測定の誤差は見かけ上の風の場合に大きな誤差を生じ、ひいては物理的および力学的研究を混乱させるおそれがあることにかんがみ、
- GARP の JOC に対して、GARP 熱帯実験が行なわれる前に、総ての測定システム、特に航空機が測定のプラットフォームとして使われるシステムについて、国際比較観測が実行されることを勧告する。

以上で国際間でどのようなことが問題になっているか的一端がうかがわれると思うが、特に GARP 等を通して国際協力が進展すると共に測器等の Intercomparison の問題が重要性をおびてきているようである。

IUGG の新しい President には英国の海洋学者 Prof. Charnock が選ばれ、次回総会は4年後パリで行なわれることになった。

IAMAP の新 President には米国の Fritz 博士、Vice President には従前からの濠洲の Priestley 博士と新しく印度の Pisharoty 博士が選ばれ、Pisharoty の後任として山本が Executive member に選ばれた。なお IAMAP は1973年1月または2月に濠洲の Melbourne で第1回の Special Assembly を開くこともきめた。

2. IAMAP 雲物理委員会について*

磯野 謙 治**

この委員会は1964年の Berkley の総会で特別委員会として設置され、前回(1968年)の総会で常置委員会となった。今回の委員会で討議決定されたことを簡単に述べると次の通りである。

(1) 1973年8月にレニングラードで第8回の nucleation に関する国際会議を開催する。内容は主として凝結核、エアロゾルの測定、核形成、凝結の物理、化学的研究とする。氷晶核は主題とはしない。

(2) 1972年に国際雲物理学会議をロンドンで開催、期日は8月21日—27日。討論を盛にするための発表講演数を制限する。上記5日間の午前、午後10セッションをもち、各セッション毎に講演数を5とし、そのうち一つは招待講演、他の4つは一般に募集しその中から選ぶ。特に若い大学院生のものを一つ採るようにする。この会議の組織委員として日本からは孫野教授(北大)が選ばれた。各国の研究者から提出される論文はその国から出ている組織委員が予め選択する。なお、気象の人工変換については上記以外に夜のセッションをもつ。

(3) GARP に関して雲物理学委員会がどのように活動すべきかについて議論が行なわれた。この会議の数ヶ月前に委員長の Weickmann 博士からモスクワ総会後に

レニングラードにおいて GARP に関連して「雲および降水パラメタリゼーションに関するシンポジウム」を開催することが提案されたが、米国の関係者から時期尚早という意見が出て中止となった。雲物理学委員会としては上述の問題、その他 GARP に大きな関心をもつものであること、またこれらの問題に関しては今後 JOC と小倉教授を通じて連絡をとることが了承された。なお、欧米の委員は特に大西洋で行なわれる GATE の飛行機等による雲の観測計画に強い関心を持っていた。たとえば、3レベルの観測を行なうとして、それぞれのレベルを米、ソ、欧の各グループで分担したらどうかなどという意見が出された。なお、GARP に関しては来年のロンドンの雲物理会議のときにも討論することとなった。

(4) 物理気象学、特に雲物理学の分野で多くの業績を残したフランス Clermont 大学および Toulouse 大学教授 Henri Dessens 博士が本年5月27日逝去されたが、同教授の功績を記念するため Journal de Physique Atmospherique に記念号を出す予定でその論文を募集するので、委員長から主な雲物理研究者に呼び掛けることとなった。

(5) 委員長 H. Weickmann 博士(米)、幹事 Hirschfeld (カナダ) が再選された。委員の約半数が改選された。なお、Nucleation に関する小委員会の委員長は Georgii (西独) となった。日本からの小委員は鳥羽教授(東北大)にかわり、駒林教授(気象大)が選任された。

* Report on the International Commission of Cloud Physics.

** K. Isono 名古屋大学理学部

3. 雲の形成と力学に関するシンポジウムを中心にして*

磯野 謙 治**

表記のシンポジウムは、8月7日および8月10日に行なわれたが、このうち8月10日の主なものについて、その要旨を紹介する。(他の論文については、次の武田による報告を参照されたい)

B. J. Mason (英, 気象局) の“Interaction of Micro-physical and Dynamical Processes in Clouds”は、雲内で起こる微物理学過程と力学的過程の相互作用に関する問題点を指摘した総合報告である。Masonによれば現在の雲物理学の数値実験は未だ極めて粗いものであり、特に重要なことは3次元モデルにしなければ実際の雲の力学過程を表現することは出来ないと考えられるが、この中にあって、2次元モデルではあるがこれまで最も優れた雲の数値モデル実験は武田(喬男)によるものである。今後は、雲の微物理学的研究の成果を基礎として粗い力学モデルをつくり計算し、その結果を雲の微物理学的过程に反映させ、これをもととしてさらに新しい力学的モデルをつくるということを反復して行なうことが必要である。また、われわれは飛行機観測で雲の中の状態の詳細を知りたいが、現在の測定機器は研究に必要なデータを得るには極めて不完全であり、また幾台かの飛行機で同時に測定する必要があるが、これは実現し難い。従って、雲の測定にはレーダーを用いるのがよい。ここで、英国で行なわれている海洋上に発達する雲の観測を例にあげて説明した。(これに関しては文献があるので省略する)。またドップラー・レーダーは雲の構造の観測に有用であるが、雲内の空気運動および降水粒子の大きさを明らかにするためには、3台のドップラー・レーダーで同時に観測することが必要である。(以上の諸点については筆者(磯野)もこれまで考えてきたことで全く同感である)。

次に雲内の諸過程、すなわち凝結、氷晶化、融解、下降気流中の水滴の蒸発、降水粒子の成長、併合などが雲の構造、発達、降水にどのような影響を与えるかについて述べた。この中で凝結過程では上昇気流と周囲の空気の混合過程が重要で、これは積雲型の雲の場合に特に重

要である、これに対し、0°C層以下での融解は積雲型では余り重要ではないが、層雲型の場合は重要である。融解は0°C層の下約350mで起こるが、この層の上部で融解による冷却が起こるため空気の循環を起こす。また下降気流中の水滴の蒸発は力学過程に重要であるが、蒸発速度は粒径に依存し、一般に平衡に達しない。上述のような諸過程が雲の内外の空気の運動に影響をおよぼし、またそれが上記の諸過程に影響をおよぼす。このような交互作用が重要である。

I. I. Gaivorsky, K. K. Shopauskas, B. I. Styra, Yu. P. Sumin, E. Yu. Vebura (ソ連: リトワニア共和国学術院物理数学研究所, モスクワ中央大気観測所, およびレニングラード地球物理観測所) の“Investigation of Spreading of Admixture Injected into a Cloud”は、放射性的同位元素 P^{210} および P^{32} を飛行機および地上からのロケットによって雲中に注入し、これらがどのように雲の中に拡がり、また雨によって washout されるかを実験的に調べたものである(実験地はモルダビア)。雲中の拡がりの実験は主として層雲について行ない、飛行機(ПГ-И)にコレクターを付けて採集した。また washout の測定には地上の半径10kmの範囲に200個の採水器を置いて採水し、主として積雲型の雲について実験を行なった。

その結果、雲の高さにおける平均風速の方向とほとんど無関係に、雲中すべての方向に上記物質が拡がることが見出された。また拡がり方は注入した物質の物理化学的性質に依存することが大きく、また層雲中で拡がる速度は極めて大きく、乱流による混合拡散から可能と推定される速度よりもはるかに大きな場合があった。このような結果をもたらした原因の明確な説明はなかった。

H. H. Grote (米 NCAR), and J. W. Telford (米 Reno 砂漠研究所) の“Aircraft Instrumentation for Studies of Cloud Dynamics”は、雲の力学的過程を明らかにするために必要なデータを得るために開発した飛行機用測器について述べた。ジャイロスコープで方向、姿勢を一定に保たれた軸を内蔵する“観測用プラットフォーム”を飛行機の先端に突出して取付ける。対気速度

* Report on the Symposium on Cloud Formation and Dynamics and Other Symposia

** K. Isono 名古屋大学理学部

はプラットフォームの先端のピトー管によって測定し、風向(3次元)の変動はプラットフォームに加わる力のベクトル的変動によって検知され、これらは飛行機の運動に関するデータと共に機内の計算機に入れられ空気の運動の3次元的数据が得られる。レスポンスは0.01 secの程度である。未だ試験観測の段階である。なお観測機には温度、雲水量その他の測定器機が搭載されている。研究試験にこれまで4年の歳月と100万ドル(プラットフォームの部分のみは50万ドル)を費したという。

日本でも本格的飛行機観測を行なうためには、少なくともこの程度の期間専念して測定器の開発、試験、改良を行なう研究者のグループが必要であろう。

このシンポジウムでは雲の研究手法、特にどのような観測を行なうべきかについて上述のように二つの意見が出された。一つは Mason に代表されるもので、雲の中の諸量に関するマイクロな飛行機等による直接測定にベシミスティックな意見と Grote-Telford のように直接測定を進めて行くこととする意見である。

筆者はどちらかと言えば前者の立場に近い。もちろん雲の直接測定が不必要というのではなく、雲の中の素過程を知るためには、このような観測方法を開発して行く必要がある。しかし、雲のより巨視的な構造や雲内外の運動を知るためには、レーダー(RHI, PPI, ドップラー)その他の地上からの観測で時間的に連続して雲の3次元の構造とその変化に関する情報をえて、飛行機ゾンデ(ドロップ・ゾンデ、スーパープレッシャー気球)等によるデータ、その他素過程に関するデータを組合せて研究を行なうのがよいと思われる。飛行機、ラジオゾンデによるデータは時間的にも空間的にも連続して行なえないこと、飛行機では発達した雲の中の観測が不可能であるという欠点をもつので連続して行なうことのできる観測とうまく組合せることが必要である。

大気汚染と水質汚濁に関するシンポジウム

雲物理に関連のある分野のシンポジウムとしては、大気汚染、夜光雲に関するシンポジウムに出席した。何分多くのシンポジウムや委員会が同時に開かれているので、興味をもっているシンポジウムでも連続して出席できなかったもので、これらを筋立てて御紹介することができないのが残念である。

大気汚染に関する講演のうち筆者磯野が聞いたもので特に雲物理学に関係のあるものは P. Goldsmith (英、気象局研究部) "The Role of Air Pollutant in Cloud and

Precipitation Process", H. W. Georgii (西独、フランクフルト大学) "Global and Regional Distribution of Natural and Anthropogenic Sulfur Components in the Atmosphere", H. E. Landsberg and M. F. Eiler (米、メリーランド大学) "Meteorological Factors in Metropolitan Air Pollution", B.R. Bolin (スウェーデン、ストックホルム大学) "Global Monitoring of Atmospheric Pollutants"であった。

現在、地球の規模の汚染が重要問題となって来ているが、残念なことは炭酸ガスを除いてはほとんど地球の規模の問題を論ずるための測定データがないことである。Bolin は研究目的を明瞭にしたネットワークをつくる必要があること、さもないとぼう大な役に立たないデータの中に弱れてしまうおそれがあること、また研究の初期段階では比較的短期間の、経費を余りかけない観測を行ない、それを段階的に進めて行くのがよいなど地球規模観測網をつくることについて意見を述べた。

Goldsmith のものは汚染物質の凝結、氷晶形成、降水に対する影響について論じたものである。都市の降水量の増大が統計上ある程度(≒10%)認められるが、これは凝結核や氷晶核の seeding のためとは考えられないこと、おそらく熱的効果ではないかと述べた。これに対し幾つかの反論があった。特に米国の大気汚染の研究者は seeding の影響であることを週末では統計的に降水量の増加が少いことを理由に主張したが Goldsmith は逆の統計結果もあるとのべ、主張をゆずらなかつた。

工場から排出される汚染物質が風下地域の降水量を増加させるというこれまで米国などで出されている統計的な研究はもっと物理的な研究を行なわない限り単なる推測に終って論議が水掛論になってしまうことが、このシンポジウムで見られた。

Georgii の論文は SO_2 , SO_4 等の大気中の分布に関するもので、大西洋上 $10^{\circ}S-60^{\circ}N$ と西独で測定したデータによると 35° と 50° の間でバックグラウンドが増加している。熱帯上の大気では SO_2 濃度は検出限界以下であった。これは著者が前にえた滞留時間3日とよく合う。また汚染地域の地面近くの層では SO_2 の滞留時間は約1時間に減ずる。飛行機による測定によると約3kmの高度で大陸のバックグラウンドに達する。また大気中の sulfate のエアロゾルは雲または霧粒があると NH_3-SO_2 -liquid water という反応で形成される、といった内容のものであった。

夜光雲については北欧、ソ連、米国等の観測結果、成

因についての論文があったが、紙面の都合で割愛する。

4. 雲力学に関連した話題*

武田 喬 男**

雲の形成と雲力学に関するシンポジウム

今回の IUGG では、雲物理学の分野における研究発表は、大気電気を別にすると cloud formation と cloud dynamics に関するものになり重点がおかれた。Symposium on Cloud Formation and Dynamics において発表された11の論文は全て invited paper であり、従って review paper が多かった。8月7日及び10日の2日間をわたって発表されたこれらの論文のうちの一部を紹介することにする。会場は2日間を通じて大体満員だったが、討論時間が短かく討論は必ずしも活発ではなかった。

Newton の “Dynamics of Convective Clouds” は、対流雲特に積乱雲及び organized severe storm のふるまいについての研究の review で、すでに Newton によって行なわれた review (Advances in Geophysics, 1967: Proc. of Int. Conf. on Cloud Physics in Toronto 1968). と内容は本質的に同じものである。

convective storm の内外の気流に関する直接間接の最近の観測データを加えて、対流系の構造(上昇気流及び下降気流の位置)、動き及び対流系への水蒸気の補給機構等をまわりの大気の状態及び対流系のスケールと関連させて手ぎわよくまとめていた。但し、この種の問題の重要なポイントである「垂直シアアの風上側に上昇気流が何故傾くのか?」についてはその説明がはっきりせず、会場からも質問があったが十分な答えは得られなかった。

Sishkin の “The Role of Dynamic Factors in Precipitation Forming Processes in Convective Clouds” は、pulsation development をする対流雲の中での降水要素の成長を理論的に扱ったもので、条件を与えられた dynamic factors (pulsation duration, 上昇気流の最大速度その他) が凝結・併合過程による降水粒子の成長にどのような影響を及ぼすかを調べた。それによると、pulsation duration の時間 (halfperiod.) が15分以下な

ら降水の発達が pulsation の形にあまりよらず、一定の速度をもった上昇流と仮定した計算でも十分だが、そうでない時は上昇流の強さ pulsation の形及び継続時間に optimum value が存在する。ソ連には、このように、両者の相互作用というより、条件を与えた上昇気流内での降水粒子の成長を理論的に調べる研究が今もなお多いようである。

Sartor and Borovikov による論文 “The Theory of Formation and Results of Experimental Observations of Cloud Microphysics and Microstructure” は、凝結・併合過程による降水粒子の成長に関して mathematical solution を与える式の各項・各 factor の問題点を理論的データ及び観測データをもとに細かく論じたものである。凝結成長に関する新しいデータ、衝突係数の精度、衝突する水滴の間のはねかえり、電気的効果及び雲内の不均一等も考慮して、各 factor の扱い方から予想される計算値と実際値とのずれを述べていたが、抽象的になりすぎたきらいがあり、全体として何が重要なかが分りにくかった。

Takeda の “Numerical Simulation of Large Precipitating Convective Clouds” は、すでに J. Atmos. Sci. に発表されている同名の論文 (1971) の中の long-lasting cloud と shortlived cloud の力学的構造・微細構造(雨滴の空間分布)を更に詳しく調べたものである。一般風の垂直プロファイルのわずかな差が降水セル内の雨滴の空間分布を著しく変え、その結果として力学的構造をも大きく変えてしまうことを数値実験から示した。

List の “The Motion of Particle Ensembles” は、降水粒子の ensemble と空気の運動の相互作用を数値実験で調べたものである。具体的には、静止大気中に、与えられた粒度分布をもつ降水粒子の ensemble を与え、それらの落下に応じてひき起される空気の運動と降水粒子のふるまいを時間的においていき、降水粒子の粒度分布及び数濃度が初めといかに変るかを示した。質問にもあったが、cloud modelling の現況あるいは自然大気との関連において、この研究の意義がよく分らなかった。

cloud modelling は、ソ連内でもその研究者の数その

* Report on the Symposium on Cloud Formation and Dynamics and Other Symposia

** T. Takeda 名古屋大学理学部

ものは決して多くはないが関心は強い。現在、この分野では、条件を与えられた上昇気流内の降水粒子の分布等微細構造の変化を調べる研究も盛んだが、対流雲の3次元モデルへの移行あるいは氷晶過程を含む降水形成過程との相互作用の研究が次の段階として強く望まれていることが会場外での話からもうかがわれた。

対流雲、3次元モデルでの数値シミュレーションについては、Symposium on Mathematical Models in Geophysics で Shafirir and Shkoller の “Three-dimensional, Time Dependent Numerical Experiments with Dry and Moist, Shallow and Deep Convection Models” があった。論文は主に数値積分の方法についてのテストを中心に発表され、軸対称モデルの結果が示されたが、真の意味での3次元モデルではなかった。しかし、各国の状況をきくと、3次元モデルの具体的な結果が遠からずいっきょに出てくるのが予想される。

対流雲の2次元の力学的モデルに氷晶過程を導入することについては、やはりこのセッションで Orville が “Numerical Simulation of a Hailstorm” を発表することになっていたが都合によりとりやめになった。Orville は、この論文では、今までの山の上の積雲モデルに cloud-liquid から cloud-ice への変換、cloud-ice から hail への変換及び hail の成長を含んでいるということなので、発表が期待されていたが残念だった。

cloud dynamics あるいは cloud modelling は重要な研究分野としてこれからもますます発展していくと思われる。微物理学的過程と力学的過程の相互作用の複雑さから、この分野と大型電子計算機を用いた数値実験との結びつきは必然的なものであろう。しかし、いろいろの factor の影響を次々と調べていくのは良いとしても、現在、ただモデルが複雑化して研究成果が計算機の大きさにかなり依存していきそうな傾向にあるのは、学問としての積み重ねという面から考えると果してこれで良いのかという疑問を感じる。

雲物理学におけるレーダーとレーザーの利用方法に

関するシンポジウム

8月13日に行われた Symposium on Radar and Laser Methods in Cloud Physics の一部を簡単に紹介する。このセッションは Browning をはじめとして発表とりけしの論文が多かったが、Dr. Atlas の軽妙な司会もあって討論がなかなか活発であった。ドップラーレーダーによる対流雲内の気流の観測に関する論文は、Lhermitte, Schmeter 及び Mel'nichuk によるもの3つがあったが、なかでも Lhermitte による論文 “Multi-Doppler Radar Studies of the Wind Field in Convective Storms” は、あざやかな成果を示し印象に残った。対流雲内部の気流の水平成分は降水粒子の水平運動により十分 trace され得るという仮定のもとに、2台のドップラーレーダーを用いて水平気流の速度を出す方法を提出した、更に、各高度での水平気流の分布から連続の方程式をもとに垂直気流の速度を推定し、convective storm 内部の気流の分布について、収束場の位置が高さと共にずれていくこと等具体的に示した。これまで対流雲内部の気流の分布に関するデータ（特に時間的変化をおったもの）が少なかつただけに、Lhermitte の得た結果は cloud dynamics の立場からも興味深かった。

Chisholm が発表した論文 “The Radar and Airflow Structure of Hailstorms” は、10cm レーダーによる hailstorm の詳細な観測結果を雲底での飛行機観測と関連させて解析したものである。特に hailstorm の主部に相対的な weak echo region の位置に着目して、対流雲内の気流を推測し、その構造がまわりの風及び対流の強さと密接に関連していることを示した。

レーダー気象のこれらの論文発表をきくと、レーダー気象が測定技術・解析技術の面で相当進歩していることを感じる。2つ以上あるいは2種のレーダーを同時に用いた観測の有用さを痛感する一方、レーダー気象と cloud dynamics の両分野が共同して研究を行う必要性を印象づけられた。

5. 雲物理学におけるレーダーとレーザーの利用方法に 関するシンポジウムその他*

孫 野 長 治**

表記のシンポジウムは IAMAP と IUSTP の共催で開催され、ソビエトから5人、外国(日本はなし)から7人の講演があった。これだけの講演を1日で消化したので、日本でいう話題提供というよりは研究論文の発表会の観を呈した。しかし座長の Atlas 博士(以下敬称略)が例の表情ゆたかな司会で見事にさばいたので、お互に語学の難点を克服して爽りあるシンポジウムであった。

モスクワの中央気象台の Kostarou はレーダーで雲水量や降水強度の測定方法についてのレビューをおこなったが、Atlas や Hitchfeld から上昇気流の効果の抜けている点を指摘された。

若手の Mel'nick はエンゼルコーに関する面白い実験を披露した。繫留気球から箔片を風にしがたって放出してレーダーで観測すると同時に、すぐ側を飛行機でとんで測ったタービュレンスと比較して晴天乱流の議論をおこなった。Atlas は、米国でもかねがねこのような実験をやりたいと思っているが、ソビエトの方が2年はリードしていると称賛した。

同じくソビエトの若手の Shmeter は、一つの積乱雲の周囲をドップラーレーダーを載んだ航空機でとんで各高度における発散量を測定した結果を紹介した。このような小さなスケールでも下方の収斂、上方の発散がよく検出できた。

Shupiatskii や Hitchfeld は降水要素のレーダーエコーの中で雹を如向にして見別けるかと云う努力を理論と実験の両面から紹介したが、つきつめてゆくと、大きさで別れるか形で別れるか、水被膜の有無で別れるかと云う定義の必要があるというのが参会者の一致した意見であった。

Atlas はマイアミ大学でおこなわれたレーダーのステレオ観測の結果を代読した。同じ雲を二つのレーダーで同時観測すると気流の三次元的な動きを検出できた。

筆者は北大の李のレーダーのステレオ観測を思いだし、二次元的な気流ならば一つのレーダーでも観測が可

能だったとコメントした。Atlas は私の英語をもう一度わかりやすい英語で通訳してくれたが、彼自身レーダーエコーは定常ではないからエコーの連続写真をステレオ視しても測定が難しいだろうと云う先入観をもっていたようである。こんなことなら正式に講演を申し込んでおいてスライドで現物を見せればよかったと後悔した。

西欧側の発表は平素見聞しているのも特に目新しく感じたものは少かった。しかしカルフォルニアのスタンフォード研究所の Collis の発表には驚かされた。40メガワットのレーザーを1/2 sec の割合で水平にスキャンしたり垂直にスキャンしたりして、いまではレーザー光線で初期のレーダーに匹敵する観測が可能になって来ているのである。

大気電気シンポジウムの降水の部

大気電気国際組織では Latham が降水電気部の責任者になっているが、彼も含めて日本側もあまり国際組織に対して熱心ではなかった。この部門では国際的な同時観測を未だ必要としていないためであろうか。ソビエト側の発表にも総論的なものが多く、第一、彼等の英語(通訳つきにもかかわらず)がよく判らない。個々の研究でも西欧側を追隨した感じのものが多かった。また西欧側の発表も、モスクワを訪問するのが主目的で、とりあえず手許にあるものを発表したもののように、特に新しいと云う印象をうけたものは少なかった。

ただ Sartor が、電荷生成に関して氷と水の電媒常数の差の重要なことを提起したのが注目された。微粒子が大きな降水粒子に衝突してはなれる際に、電媒常数が時定数にひびいてくるので電荷移動にも差が生じるであろうと云うのである。

雲の形成と雲力学に関するシンポジウム

一部しか聞けなかったが、Mason の「雲における微視物理学と雲力学過程の相互作用」は前評判が高く、ほかのビジネスセッションの日程を変更してまで聞きに来る次第であった。彼は、英国における微視物理学と雲力学の相互作用に関する結果を報告したが、微視の方で

* Report on the Symposium on Radar and Laser Methods in Cloud Physics and Other Symposia

** C. Magono 北海道大学理学部

は降水粒子の凝結, 氷晶化, 融解, 蒸発, 成長および付着現象を考慮に入れて, 雲の生成過程をコンピューターで計算し, これをドップラーレーダーなどを用いて測った結果を比較検討したものを紹介した。

電氣的効果も考慮に入れたら如何かと質問したら, Sartor の方を横目でみながら negligible だと答えた。

大気汚染と水質汚濁に関するシンポジウム

これもちょっと冷かしたただけであるが, 日本の気象学会と比べて著しい相異がみられたのでちょっとふれてみたい。

ソビエト側から9人(水関係5人), その他の国から44人(水関係18人), (日本はなし)の発表があったが, 煙突からの排気のような小スケールの拡散に関するものはほとんどみかけなかった。この種の問題はもう片付いてしまったのであろうか, それとも研究者の興味を引かなくなってしまったのであろうか。興味を中心は, 発生機構や, もう少しスケールの大きな, たとえば都市全体とか汎地球的な分布に移っているように思われた。

あとがき

モスクワの学会ではロシア語の発表は必ず英語で通訳された。ロシア語でおこなわれた質問もその都度英訳された。同時通訳ではないから時間が倍かかることになる。ロシア語のよくわかる座長ならば, 要点だけを英訳して講演者につたえるので時間も節約されるし講演者も助かる。ところが内容のよくわからない通訳は一言一句通訳するので時間のかかることおびたしい。今度, 日本で国際会議をひらいたら内容も外国語もわかる座長をえらぼうではないかと, 日本人が集った時に提案したら, そんな人は存在しないと云うことでちゃんになった。

英語に自信のないソビエト人は, 日本人もよくやる手であるが, 英語の原稿を棒読みにすることで切抜けようとした。しかし私には棒読みの英語がロシア語みたいに聞えるのである。米国人もあの棒読みの英語はわからないとこぼしていた。

米国人はソビエト側の情報を熱心に引出そうとし, またソビエト人は下手くその英語で熱心に質問し納得のゆくまで議論した。日本人に, せめてあの十分の一の熱心さと度胸があったらと残念に思った。

6. 大気電気シンポジウムに出席して*

北川 信一郎**

モスクワで開かれた第15回 IUGG 総会は参加者3000人をこえるマンモス国際学会で, その全貌を報告することは, 私には到底できない。ただ全体的に見ると, すべての会場が, モスクワ大学構内に十分スペースの余裕をもって設置されていたこと, 各分科の受付へ行くとシンポジウムの各種印刷物が準備されていて, 参加者の手に渡りやすくなっていること, ホテルと大学の間には, いつも無料バスが往復していて交通の心配がないことなど, 総会全体の運営は大変よく組織されていたという印象が強い。

私が出席したのは8月3, 4, 5日(水, 木, 金)の3日間の大気電気シンポジウムと8月10, 11日(月, 火)のJoint Committee on Atmospheric Electricity IAMAP- IAGA の Business Meeting で, 3日間シンポジウムは, 下のようにわけられていた。

第1日 全地球のおよび局地的大気電気

第2日 雲と降水の電気

第3日 雷放電物理, 大気イオン

Business Meeting を組織し司会したのはこの Joint Committee の Secretary であるアメリカの Dr. H. Dolezalek であるが, 同氏は既に昨年から, シンポジウムの論文の公募を Joint Committee の各 Working Group Member に通知するなどの組織的な仕事をすすめて来た。

IUGG 総会としての Convener はソ連の Main Geophysical Observatory Dr. V. P. Kolokolov で, 3日間シンポジウムを午前, 午後と6つのセッションにわけ, 各セッションはソ連科学者1名とソ連外から参加した科学者1名がコンビになって Chairman をつとめた。日本からは北大の孫野長治博士が雷放電のセッションの Chairman をつとめた。

発表された論文は29編, 内10編がソ連のもので, 其他の社会主義国からの参加者は意外に少く, ポーランドか

* Report on the Symposium on Atmospheric Electricity

** S. Kitagawa 埼玉大学理工学部

ら Dr. S. Michnowsky ルーマニヤから Prof. A. Grigoriu の2名、発表されたのは後者の論文一編であった。これは第1日の領域に属するものであったがフランス語で発表されたため内容を理解することは出来なかった。休憩時間に Prof. Grigoriu と話したところでは、ブカレストの大学で大気電気に関するあらゆる分野を1人で担当しているとのことであった。

シンポジウム全体として特に画期的な発表は見当らなかったが、ソ連科学者をふくめて雲と降水の電気に関する論文が多く、内容的にも充実しており、討論もこの分野が最も活発であった。ソ連科学者の仕事は N. S. Shishkin, I. M. Imyanitov 等を中心とする理論的な仕事で、イギリスの J. Latham の発表もこの領域に属するものであった。これに対し日本の孫野、アメリカの G. A. Dawson, D. Sartor 等の研究は室内実験にもとづくものであった。個々の発表についてはかなりつつこんだ討論が行われたが、雲の電気についてのこの2つのアプローチの間隙をうめる発表や討論は殆んど見られず、この橋渡しの問題は、大きな課題として今後に残されたように思われる。

全地球的な大気電気の分野では、西独の R. Mühleisen, アメリカの D. E. Olson, 雷雲の問題では、アメリカの H. Kasemir, C. Polk, 大気イオンではフランスの J. Bricard 一派と印度の K. G. Vohra の発表が夫々従来の研究の実績の上につきかきねられたもので、それなりの重みを感じられた。

ソ連ではこの他に T. V. Lobodin 等によって空電による雷の観測の研究が進められており、特に独創的なものではないが、自国の技術で開発可能なものは、独自に研究をすすめ実用化しようとする姿勢がうかがわれた。

アメリカの M. M. Newman の観測船からのロケットで自然雷を観測船に導入した実験、実物の航空機を使用した模擬雷撃の実験についての報告は、非常にソ連科学者の注目をあつめ、シンポジウムの終了後1晩、Newman をかこんで、航空機への雷撃について討論する特別セッションがもたれた。シンポジウムに人形と兎を用いた模擬雷撃の実験(科学, 41 No 9, 486, 1971)を発表した私もこれに参加して、人体への雷撃の問題について発言した。ソ連の大気電気の研究者はこうした実用的な問題にも大変関心が深く、Imyanitov, Shishkin, Lobodin 等とこの問題について一晩ゆっくり話し合える機会をもてたことは、予期しない収穫であった。

Joint Committee on Atmospheric Electricity には、I 国際協力、II 地表および海上観測、III 自由大気中の観測、IV イオン、エーロゾル、放射能、V 降水と雷雲の電気、VI 雷放電と空電、VII 地球をかこむ回路、VIII 単位、方法、観測装置、IX 惑星および宇宙電気の9つの Working Group が設けられている。8月10、11日の Business Meeting の議題は、1. この9つの Working Group の報告と各国の報告をまとめること、2. 西独ガルミツツパルテンキルヘンで開催を予定されている第5回国際大気電気会議に関すること、3. Joint Committee の Committee Member と各 Working Group の Member を選出すること、4. 今後の観測についての国際協力を相談すること等であった。

二番目の議題の第5回国際会議については開催地の Dr. Reiter が会議のプログラムについても各国科学者に出したアンケートの結果を報告、気象との関連に重点をおく会議の基本方針を説明し、開催年を1972年にするか73年にするかは今後の決定にまづこととした。

Committee Member と Working Group Member の選出は、現 Committee Member だけによる Closed Meeting で行なわれ、人数を15名にしぼった Committee Member には日本からは京都産業大学の田村雄一教授が選出され、日本の Working Group Member は日本から申し出た一部 Group Member の入れ替えと、東大生産研河村達雄、名大空電研高木増美の両博士の新任が、異論なく承認された。

また IAGA が Joint Committee の主催団体をやめる意向であることが伝えられたので、緊急の議題にとりあげ Chairman の Prof. Koenigsfeld が Parent Association の Meeting でこれに反対の意見を表明することとした。しかしこれは結局功を奏せず最終日11日の Business Meeting には、今後は IAMAP だけが主催団体となり、Committee on Atmospheric Electricity IAMAP となることが決定したことが伝えられた。

同日午後、来年1月末—2月に北太平洋、アラスカ方面で行なわれるアメリカの R. Anderson の飛行機観測にあわせ、大気電気の国際観測を強化することを申し合わせて、すべての議事を終った、参加者1人1人が Chairman の Koenigsfeld, Secretary の Dolezalek と握手して別れの挨拶をかわしたが、シンポジウムを含めて5日間の討論から、互に強い親密感を感じ会場を立ち去り難い感があった。

7. Air-Sea Interaction に関するシンポジウムその他*

光 田 寧**

Air-sea interaction のシンポジウムは8月6日と9日の2日間にわたって行われたが第1日目は大気側の問題、2日目午前が海の側の問題、午後がその他関連のある問題についての発表というプログラムになっていた。

そのなかで主な発表について紹介するつもりであるが、数値等メモによって引用するものが多いので紹介者の側のミスがあるかも知れないのでそのつもりで見て頂ければ幸いである。

カナダの Stewart が最初に地空相互作用観測用測器の国際相互比較観測について報告したが、これは1966年の Joint Committee on Air-Sea Interaction の勧告によるもので、67年にカナダで1968年にソ連で行われた。比較の中心はカナダ、ブリティッシュコロンビア大学の超音波風速計(日本製のもの)、ソ連大気物理研の超音波風速計、オーストラリア CSIRO の Fluxtron それに米国ワシントン大学の Mast profile 測定装置であった。2つの超音波風速計による測定結果はほぼ満足するべきものであったが、垂直成分の測定に Gill のプロペラを用いた Fluxtron は高周波数側で測器の追従性の不足のため乱流輸送量の過小評価があったという発表をした。これに対してオーストラリアの Priestly はそのような高周波数側が問題となるような高さや条件で観測することに問題があるのであってそのような批判はフェアでないという異義をとなえるという一幕もあった。

ソ連の Tsvang および Yaglom もまた、この比較観測の結果を中心として今日までに得られた色々の観測結果から算出した接地気層内の乱流パラメータの数値のばらつきについて述べ、ユニバーサルコンスタントがなぜ一定にならないのかということも議論した。その差は測器の検定誤差、測定条件等実験技術上の問題の他に、Fulx が高さ方向に一定だと考えることに無理があるのではないかと、定常性に問題がないかなどの考えが述べられた。彼等がこの発表において今日信頼出来る値として提出したものは次のようなものである。

カルマン定数 k : 0.35~0.45

K_H/K_M : 1あるいは1.1~1.2

σ_w/U_* : 1.1~1.6

乱流消散のコロモ
ゴルフ定数, 風速

〃 気温 : 0.43~0.45

米国の Fleagle も予稿では接地気層内での乱流輸送量の測定結果の比較について発表することになっていたが、上2つの発表で問題とするべきことはつくされているとして、'接地気層の meso-scale の構造'という題に変更して発表を行った、これは BOMEX の期間中の人工衛星からの写真に roll cloud がきれいに見られるのを示し、それに対応して接地(海)気層内でも周期的な変動が見られ、湿度と垂直成分との cospectrum にも10分、34分といった周期の山が検出されることを示した。このような roll structure は Ekman instability よって説明され、垂直成分は geostrophic wind の2~5%に達し、roll の軸と geostrophic wind のなす角は17°、roll の規模は高さ方向に500m、水平方向に15km ぐらいであったと報告している。このようなことから、接地気層での乱流輸送を考える上にも、さらに大きな scale の現象を注意する必要があることが示された。

ドイツの Brocks 等は、彼等の行った海洋上での風速の高さ方向の分布の観測の豊富な資料(バルチック海および北海上で15分間平均の分布を1000例以上、赤道大西洋約800例)を用いて、海洋上で観測された値のばらつきは主に安定度の差で説明がつくこと、中立安定度 ($|R_i| < 0.01$)に限れば Z_0 はほぼ 0.015cm となり風速には関係しない (1.5m/sec 以上約 15m/sec まで) ということも述べた。そして10mの高さの風速に対して計算した摩擦係数は平均して 1.3×10^{-3} であり、観測場所による差はバルチック海で 1.36 ± 0.21 、北海で 1.25 ± 0.14 および赤道大西洋で $1.23 \pm 0.25 \times 10^{-3}$ というようにあまり大きくないことを報告している。

同じくドイツの Hasse はこのような乱流輸送量の観測結果をまとめて air-sea interaction のパラメータ化を試みる発表をしている。彼によれば海面風速は geostrophic wind と直線的な関係がある。熱および水蒸気の輸送量はバルク法によって近似出来るが C_H は 1×10^{-3} 以下

* Report on the Symposium on Air-Sea Interaction and Other Symposia

** Y. Mitsuta 京都大学防災研究所

り少し小さい値となる。海面の表層の温度 (T_0) は海面での熱輸送量 (H) と風速 (V) および短波長の日射量 (Q) によって支配され、水温 (T_w) との差は次のように示される

$$T_0 - T_w = C_1 \frac{H}{V} + C_2 \frac{Q}{V}$$

ただしここでは C_1 , C_2 比例常数である。

カナダの Miyake は航空機を用いた海洋上での乱流輸送量の測定結果について報告を行い、高さ 100m ぐらいを境として上下で乱流輸送過程の様相が異っているらしいということを示した。さらに、米国の Businger は McAlister の開発した 2 波長の放射温度計で航空機から海面表層の海水温度勾配を求め熱輸送量を求めるという試みを示した。これはまだ実用化はされておらず、海面下 0.1mm ぐらいの層の中でも対流の効果がかなり大きく、伝導だけの単純な考えは困難であるらしいことが述べられた。

また、オーストラリアの Hicks はプロファイルから輸送量を推定する際には風の弱い時に誤差が生じやすいので処理の際に注意を要することを述べ、ミシガン湖で測定した結果からも中立な場合には海洋上 (石油井上での測定) と異なる摩擦係数が得られたことを述べた。さらに彼の結果では風速の増加と共に摩擦係数は多少増加する。その他英国、ソ連米国などから発表があり筆者も GARP 集中豪雨特別観測で行った船舶からの乱流輸送の直接法による測定結果について報告した。

米国からの発表には FLIP を用いての観測結果が 2, 3 報告されたが、FLIP の傾きあるいは動揺に対する考慮が充分でなく結論のある部分には疑問のものがあった。また、場外での話しではソ連でも船を用いての観測を行ったものの動揺に対する補正が考えられていなかったばかりに利用出来なかった資料もあるということがあるようであった。

ソ連での air-sea interaction の研究はかなり熱心に行なわれているようで、カスピ海の真中にある油井での観測、地中海でのブイによる観測などが行なわれているようである。そして、運動量輸送などに海の方の状態を考慮に入れるに当って、波速と風速の比あるいは波速と摩擦速度との比というような量をパラメータとして導入し研究を進めており、Volkov の研究 (これは IUGG で発表されたものではない) によれば C/V_* が 20 ぐらいの時には C_d (高さ 2m) は 2.5×10^{-3} ぐらいであるか、その値が増加すると共に C_a は減少し、60 ぐらいでは 0.5×10^{-3}

ぐらいになるという結果が得られている。また、これに伴って熱の輸送量にも変化が生じるということである。

Air-sea interaction のシンポジウムで発表された海洋関係の論文については関係の学会に紹介されるであろうが、その他の分類に属するものとしては海面でのオゾンの destruction rate を海面上でのオゾンのプロファイルから測定し

$$q = (1.7 \pm 0.6) \times 10^{-5} \times V_{10}$$

という結果を出した Tiefenau の発表、大気と海面の間で発生する音に関する Brekhovskikh の研究、さらに長周期 10 年単位ぐらい大気と海洋の相互作用について論じた Namias の発表などが興味あるものであった。Namias の発表の中にサンディエゴでの平均潮位がある時から 7 cm ぐらい急に上昇したという例が示されており、最近の日本の異常高潮の問題がすでに先きに述べられているような形になったのは非常に興味深い。彼のその問題に対する考えは北太平洋の大規模を水温分布の変化によるものとするようであった。

GARP Progress Report

Air-sea interaction のシンポジウムの他に関連したものとしては GARP の Progress Report が各国からなされた (日本からは何も発表されていない)。この際 GARP に関連した人工衛星計画で日本の計画を多くの人が知らないなど日本の PR 不足が感じられたが、発表に関連した興味のある話題は次のようなものである。

まず、ソ連の Main Geophysical Observatory を中心として CAENEX (Complex Atmospheric Energetics Experiment) という放射と乱流輸送との観測を組合せたエネルギーバランスの総合的研究が進められていること、データの出所がはっきりしないが対流の研究に関連して、周期数十分程度のいわゆる energy gap の部分が gap ではなく顕著な山となっている風速変動のスペクトルが示されたこと、Reiter の発表の内容に関連して Monin が何でも K という考えで解決しようとするのはもうやめてほしいというような内容の発言をしたことなどがあげられるであろう。

地球物理学における Remote Resensing Techniques に関するシンポジウム

Remote sensing techniques のシンポジウムにおいても関連した研究が発表され、特に人工衛星を用いた研究が多くあったが、その中ではマイクロウェーブ (0.8~0.5 cm) の領域の地球からの電磁波の放射が海面状態によって異なり、風速が 5~7 m/sec あるいは 8 m/sec 以上

になると brightness temperature が急上昇し、波あるいは white cap に関係しているということがソ連と米国の両方の研究者から独立に発表されたのには興味があった。

これらのシンポジウムを通して感じられたことは、ソ連においては理論的な研究と観測などの実験による研究

が完全に分離されておらず、よく協力がなされており、Monin や Obkov など実験の発表にも出席して積極的に発言していたことであり、非公式に訪問した大気物理研の中でもそのような感じを受けた。また電子計算機の使用は自由ではないようで、資料整理でもいかに能率よくやるかが考えられていた。

8. 大気汚染と水質汚濁に関するシンポジウム*

杉 村 行 勇**

大気化学および放射能委員会 (CACR) が主催した大気汚染と水質汚濁のシンポジウムは、8月11日の午前と午後で、合計15の論文が発表された。この前に、8月9日、委員会がひらかれ、CACR は、学問の大勢と時代の要求に応じ、委員会のメンバーをふやすと共に、名称を、今迄の Commission on Atmospheric Chemistry and Radioactivity から、Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution と変更することにきまつた。同時に4年ごとでは会合が大きくなりすぎるし、十分な焦点をしばった討論もできないので、総会の中に2年ごとに小さい会合をひらくようにしようという案が出され、これも認められた。

シンポジウムの会場は、モスクワ大学化学部の講義室で、委員長 Junge 教授の開会のあいさつではじめられた。Machta 博士は、大気の質がどう世界的に変っているかを主眼として、CO₂ の増加が、1968年以後それまで0.7 ppm/年であったのにくらべて1 ppm/年になった事を指摘した。大気中の塵は増加の傾向をつづけているといわれるが、これは、30°N にのみ集中している現象で他の地域では、太陽放射の量に変化がないことが明らかにされた。成層圏内の水蒸気量も1964年から1968年まで増加の傾向を示したが、1969年以後再び増加前の値にもどっている。全体的な幾つかの変化の様式があって、それを確実につかまないと、果してこれが pollution によるものかどうかはわからないと述べ、長期間の研究調査の必要性を指摘した。

Junge 教授は、一酸化炭素の分布と、収支について興味ある報告をした。これは報文が J.G.R. (1971) に印刷されたので簡単に触れるが、海洋が CO の sink ではなくて source であること、sink は土壌表面であるこ

とが明らかにされた。CO₂ は定常状態の扱いができないが、CO は、滞留時間が短いので定常状態の扱いをすることが可能である。しかし、CO は、Global にみた時、人類活動のトレーサーにはなりえないことを指摘した。

Karol 教授 (ソ) は、原子力発電にもなう ⁸⁵Kr の放出が新しい大気汚染の原因となり、大気中の ⁸⁵Kr が急激に増加している点をあげ、その発生量は

$$N = 2.18 \times 10^{21} \text{ atom} / MWH \cdot yr^{-1} \\ = 126 \text{ Ci} / MWH \cdot yr^{-1}$$

となる。紀元2,000年位になると線量は危険域に達するものになる。またこの発生域が北半球中緯度に集中していることから、⁸⁵Kr をトレーサーとして大気の運動に有益な知見を得ることができるとのべた。

Martell 博士は ²¹⁰Po, ²¹⁰Pb の測定結果からエアロゾルの滞留時間を求める際の問題点について詳しい研究を紹介した。そして、対流圏における ²¹⁰Po の源泉は、そこに存在する Rn に依存する分が15%、成層圏からのエアロゾルが5%、残りの80%は、様々の源泉に由来するものであると述べた。

1969年のハイデルベルヒのシンポジウム以来の進歩が幾つか明らかにされて、極めて興味深かった。

最後に IAPSO の meeting でも、また CACGP の meeting でも終りにあたって強調された事は、air-sea interaction に関係している人達が、界面を通しての気体の交換について余りにも無知で、しかも注意を払わなすぎた事であり、大気中の微量気体は勿論、酸素、窒素にしても、海洋との交換について十分な研究を行なう体制を作るべきであると強調された。これは日本においてもまったく同様で、海気交換といえはすぐに熱と水蒸気だけしかとり上げられない状況はいつでも同じであると思った。しかし、諸外国はすでにその点について一歩をふみ出している事に注意すべきであろう。

* Report on the Symposium on Air and Water Pollution

** Y. Sugimura 気象研究所

9. 氷河をめぐる話題*

樋口 敬 二**

今回の IUGG では、雪氷学についてのシンポジウムは、ひとつだけで、“Symposium on interdisciplinary studies of snow and ice in mountain regions”であり主として氷河に関する研究発表がおこなわれた。

セッションは、10にわかれ、8月9日から8月13日までの5日間に、1日2セッションづつが開かれた。発表は、全部で60ちかくあったが、このうち、気象学に関連した話題のなかで、興味あるものを紹介する。

まず、気候変動と氷河の変動との関係である。すでに広く知られているように、北半球は寒冷化の傾向にあり、それが氷河の変動にも反映し、後退をつづけてきた氷河の停滞や前進が起ったといわれるが (Denton and Porter, 1970)、今回のシンポジウムでの発表や出席者から得た情報によると、たしかに氷河の変動は、気候変動と一致した傾向を示している。

朝倉(1971)の解析によれば、高緯度地方における気温の変動は、シベリア側で寒冷化、カナダ・アラスカ側でほとんど変りないか、場所によっては温暖化しているといわれる。このような寒冷化の地域的差異は、氷河の変動にも反映しており、スウェーデン、オーストリアでは氷河の質量収支がプラスに転じはじめている。たとえば、Hoinkes (オーストリア) の: “Hydrometeorological implications of the mass-balance of Hintereisferner 1952/53—1969”によると、Hintereisferner という氷河では、1953年から1964年までの間は、質量収支マイナスがつづき、プラスは、1955年1回だけであったのに、1965年以降は、逆に、収支プラスが3回、マイナス1回、ゼロ1回で、傾向の変化は顕著である。

このように、氷河の質量収支がプラスの年がつづけば、氷河の質量が増加し、やがては、末端における前進となってあらわれると思われる。しかし、氷河の質量収支がプラスに転じたことが、気候の寒冷化とどう結びついているのかというメカニズムになると、また、議論の多いところで、夏期の気温低下によって融雪量が減少した効果が大きいとする人と、冬期の降水量の増大が効果

が大きいとする人とがある。氷河の地域的特性にもよるのだろうが、筆者がシンポジウムで発表した北アルプスの雪渓の質量収支と気候変動との関係では、北アルプス一帯では、夏期気温の低下、冬期降水量の増加という、質量収支がプラスになるのに適した傾向にある (樋口, 1971)。

一方、気温の変化がすくないといわれるカナダ、アラスカでは、氷河の質量収支はマイナスがつづいている。たとえば、Stanley の “Mass and water balance studies at selected glacier basins in Western Canada” によると、IHD (国際水文学十年計画) の一環として観測がおこなわれている6ヶ所の氷河のうち、5ヶ所が質量収支マイナス、1ヶ所がプラスだという。

こんなふうに、朝倉 (1971) が指摘した寒冷化の地域では、氷河の質量収支がプラス、変化のすくない地域では、収支マイナスというように、地域的な一致がみられるので、氷河の状態は、気候の変動に応じた変化を示しはじめたといってよい。そのおくれは、約20年であるが、その意味については、今後、議論の対象になると思われる。

つぎに、興味ある問題は、大気中のエアロゾルの増加と氷河との関係である。たとえばダビタヤ (1967) は、コーカサスと中央アジアの高山地帯では、最近の50~70年に寒冷化が進んでいるのに、氷河が後退をつづけている理由として、氷河上に降下した塵埃が蓄積し、アルベドが減少して、融雪量が多くなったという仮説を述べている。

このような氷河のアルベドの長期変化は、人間活動と気候との関係を考える場合にも、重要な問題なので、今回のシンポジウムで何らかの情報を得ることを期待したのであるが、これについての発表はなかった。そこで、Drozov and Moselova の “A method of estimation of snow melting” の発表の際、氷河の後退を日射量の長期変化と関係づけていたので、アルベドの長期変化について、筆者が質問した。ところが、その質問がロシア語に訳されて、講演者に伝えられると、筆者に答えがかえってくる前に、講演者と会場のソ連の研究者数名との間に、はげしい議論がおこった。ロシア語なので、内容が

* Report on the Symposium on Interdisciplinary Studies of Snow and Ice in Mountain Regions

** K. Higuchi 名古屋大学理学部

わからないまま待っていると、かなり長い討論のあと、英語に訳してもどってきた答えは、「氷河のアルベドの測定は、多くの場合、調査隊が出かけておこなうため、時期、場所が違う場合が多く、その長期変化を論ずるほどの資料は、まだ得られていない。したがって、長期変化については、わからないとしか答えられない」とのことであった。

そんなわけで、降下塵埃による氷河のアルベドの変化について、観測による確証は得られていないが、今後、問題となる現象であろう。特に、微小な量の塵埃の長期にわたる蓄積に関係しているので、観測をおこなうとともに、実験、理論の方からも研究が進められるべきだと思われる。

第三に、気候改造に関連する話題として、氷河の質量収支の人工制御がある。なかでも、表面に石炭がらを撒布して、アルベドを減らし、融解量を増大する実験が試みられており、ソ連とチリと二つの発表がおこなわれる予定であったが、取消しによって、ソ連の Bazhev の発表だけとなった。原理的には、日本でもおこなわれている融雪促進と同じであるが、ソ連の場合、 1 m^2 に 50g の粉をまくと、氷河からの流出量を 50% 増加できることになるという。

この発表に関連して興味があったのは、討論のなかで、de Quervain (スイス) が、「融解量を人工的に増加させるのは、短期的な利用としてプラスのように思われるが、氷河の質量収支は微妙なバランスの上になつているので、人工的な操作によってこのバランスがくずれた場合、長期的な利用では、マイナスになるのではないか」と述べた点である。環境破壊と同じように、自然現象に人工的操作を加えることに慎重になるように、という警告の一つである。

そのほか、興味ある発表として、Lanway ら (アメリカ) による南極バード基地における氷のボーリング試料の解析結果があった。表面から岩盤まで、南極の大陸氷床を貫通して、2000m のボーリングをおこなったが、年

間の降水量から推定すると、過去 7 万 5 千年までの氷の試料が得られたことになる。試料中の O^{18} を測定した結果、ウイスコンシン氷期 (ウルム氷期) に相当する低温の時代が顕著にあらわれ、この氷期は、約 2 万年におこなったことなど、地質学的推定とよく一致した結果が得られた。また、この氷期の最後の 1 万年の間は、気温の変動が大きい時期であったことがわかった。

最後に、最近の氷河研究の傾向として目立ったのは、氷河をモデル化して、計算機を使った数値実験がおこなわれるようになったことである。気候要素の変動が氷河の質量収支に与える影響などは、将来、この分野で研究が進むと考えられる。

シンポジウムのあと、雪氷学関係のエスカレーションとして、コーカサスの氷河見学旅行がおこなわれ、ヨーロッパ最高峰のエルブルズ山付近の氷河を案内された。IHD (水文学十年計画) の一環としてモスクワ大学が観測中のジャンクアト氷河も、その中に含まれていた。ソ連は、IHD の計画として、コーカサス山脈で 3 ケ所、天山山脈で 2 ケ所、アルタイ山脈で 1 ケ所、北極ウラルで 1 ケ所、氷河の質量収支、熱収支の観測をおこなっている。

なお、このシンポジウムを、IAMAP と共催した IASH (International Association of Scientific Hydrology) は、今度の総会における委員会、IAHS (International Association of Hydrological Sciences) と名称が変わり、その vice president に、東京大学生産技術研究所の井口昌平教授が選ばれた。

引用文献

- 朝倉正, 1971: 最近の北半球における寒冷化とその仮説的原因論, 天気, **18**, 462-464.
 Denton, G.H. and Porter, S.C., 1970: Neoglaciation, Scientific American, June, 101-110.
 ダビタヤ (Davitaya, F.F.), 1967: 現代の自然変化, 天気, **14**, 307-310.
 樋口敬二, 1971: 雪溪の消長に関係ある気候因子の変動, 天気, **18**, 469-471.

10. シンポジウム「地球物理学における数学的モデル」について*

宮崎 正 衛**

このシンポジウムは会期の終り近く、8月12日午後から1日半を費して行なわれたが、なかなかの盛会であった。形式は IASH (Internatinal Association of Scientific Hydrology) と、IAMAP, IAPSO の共催ということになっているが、企画はもともとは IASH から提出されたものらしく、コンビナーも IASH の J.C.I. Dooge (アイルランド), G. P. Kalinin (ソ連) の二人となっている。筆者は幸いにしてこのシンポジウムの話題提供者の一人に選ばれ、出席することができたので、その概要を報告させていただく。

さて、このシンポジウムは大きく二部に分れ、第一部はあらかじめ指名された話題提供者による講演、第二部は contributed papers となっていた。第一部はさらに

- i) 力学方程式に基づく模型化
- ii) stochastic な模型
- iii) 観測網の問題

の3つの部分に分れ、i) には12日午後、ii), iii) には13日午前があてられた。座長は Smagorinsky (米国)、および Kalinin (ソ連) がそれぞれつとめた。第二部は13日午後に行なわれ、座長は Sarkisyan (ソ連) であった。気象学関連の分野におけるおもな講演者は都田菊郎、E. S. Epstein (以上米国)、J. Kluge (東独)、山本義一、宮崎正衛 (以上日本) 等であった。また、A. S. Sarkisyan (ソ連) は海洋循環の数値実験について講演した。このほか、浅井富雄も講演を予定されていたが、都合で出席がなく、残念であった。

次にこれらの講演についての要旨を述べる。

冒頭に行なわれた講演は Sarkisyan (Marchuk, Kochergin と共著) によるもので、バロクリニックな海洋における非定常海流の数値モデルが説明された。彼らの方法の特徴は primitive equations を用いるけれども、時間変化の項は密度分布の式だけについて考えていることである。結局、式は水位、または質量輸送に関する長円型の方程式と、密度拡散に関する非線型の方程式の二

つに帰する。最後に北大西洋に対する計算例が示され、大体においてよく実況と合っているようであったが、スライドが暗く、細かいところはよく分らなかった。

次に筆者は台風による高潮の数値モデルについて、筆者らのグループ(宮崎、宇野木、上野、磯崎ら)の仕事を中心として説明した。

3番目の講演で都田菊郎は冬期(1月)の2週間予報を GFDL の気候循環モデルを用いて行なった結果を述べた、実際の計算はそのうちもっともよく結果が実況と合って、また現実的であったと思われる1967年のモデルによった。講演では1964年から69年までの12の計算例が示されたが、実況と比較した結果では中緯度の長波の力学的性質がよりよく説明できるようになったとのことであった。

なお、stochastic models に関するセッションの中では Epstein の講演が特に注目された。彼は地球物理学の問題で、現象を支配する方程式は分っているが、初期、または境界条件が不確定の場合の取り扱い方を論じた。このような場合、未知の条件を確率論的に記述することにより、stochastic な解を得ることができるのである。具体的にいえば、もとの方程式から確率分布のモーメントに関する方程式群を導き、それらのモーメントの関数として従属変数があたえられる。ただし、分散の計算のとき近似的に閉じているという仮定をしているので、その影響がどの程度あるか、またそれは乱流の統計理論のとき用いられる同種の仮定とどのような関連をもつかがよく詳しく論じられた。

山本義一(会田、安田、島貫と共著)の講演は contributed papers の1つとして行なわれた。エクマン層における風速、気温、拡散係数の日変化に関するもので、その内容は45年秋の気象学会大会と今年10月の札幌の大会で報告されたものと同様であるので、ここでは割愛させていただく。

なお、小生の IUGG 参加については IAMAP より旅費の補助をいただいた。ここにあらためて深謝の意を表したい。

* On the Symposium 'Mathematical Models in Geophysics.'

** M. Miyazaki 気象研究所