

## 第2回 IAMAP 特別集会に出席して\*

去る8月22日から9月3日までの13日間にわたり、IAMAP（国際気象学大気物理学連合）の第2回特別集会が、IAGA（国際地球電磁気学連合）の第3回集会と共催の形で、米国シアトルのワシントン大学で開かれた。この会議には、世界各国から総数1,400人を越える出席者が集まり、日本からは気象関係者だけでも約30名が参加した。プログラムの詳細については、AGU（米国地球物理学連合）の機関誌 EOS の1977年8月号を参照されたい。

今回の「天気」では、個々の研究発表紹介のみならず、国際的な気象界の最近の動向、および、それに対応する我が国の研究上の諸問題について、出席者数人の方々に自由な筆をふるっていただいた。この報告を通して、国際学会の与えるインパクトが読者の会員諸氏に伝達され、良き刺戟として受けとめられることを期待する。（なお、本稿は1977年秋に執筆されたものです。文中の時期等はそのつもりでお読み下さい。）

[天気編集委員会]

### 1. 一般報告

山 本 義 一\*\*

今回の IAMAP の特別総会に、私は、日本の Voting delegate として参加したので、総会活動の事務的な面について報告する。

IAMAP 部門に参加した日本の研究者数は、私の知る限りでは31名に達し、報告された論文数は26篇にのぼった。このような盛況の理由は、Seattle が日本に近いことにもよるが、IAMAP の執行委員である磯野教授、Dyer 博士の御尽力によって、Air-Sea Interaction の名のもとに、24日、25日の両日にわたって6つの Sessions が専ら AMTEX の成果の発表にあてられたことによる。私は、AMTEX の責任者として、ここに両博士に感謝の意を表する次第である。なお、これが契機となって、次回1979年12月Canberraで開かれる IUGG の総会にも多数の気象学者の参加を期待したい。

このようにして、この総会を通して AMTEX の成果は国際的にもいっそう高く評価されるようになったものと思うが、何と云っても、研究成果の最終評価は出版された論文によるべきであるから、今回講演された方々は是非しかるべき専門誌に投稿されたい。そして、既刊の

Collected Scientific Papers of the AMTEX, No. 1 に続いて、その No. 2をも充実した内容にしてほしい。

次に、今回の総会で IAMAP が実施を決めたことは次の諸件である。

1. 1981年夏に予定される IAMAP の第3回特別総会の開催地を希望して、西独とイスラエルの両国が名乗りをあげたので、各国代表による投票の結果、西独 Hamburg での開催に決まった。

2. IAGA と IAMAP が共同して、MAP (Middle Atmosphere Program) Advisory Committee を設けることになり、それぞれ3名の委員を出す。IAMAP からの委員は、Radiation Commission, Ozone Commission および Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution からそれぞれ1名ずつ出す。

3. 気候変動の研究の重要性に鑑み、IAMAP 内に新たに Commission on Climate を設ける。

4. SCOSTEP (Special Committee on Solar Terrestrial Physics) に対して IAMAP から委員を1名出す。

なお、1977年8月6日に英国 Durham で開催された IUGG の特別総会において、中華人民共和国の IUGG への加盟が認められたが、これに関連して今回の IAM

\* Report on the 2nd IAMAP Special Assembly.

\*\* G. Yamamoto, 宮城教育大学.

AP 特別総會では次の決議を行なった。

“IAMAP は、科学の普遍性に関して ICSU が設けた原則の精神に基づき、中華人民共和国の科学者の IUGG、および、その Associations への参加を心から歓迎する。それと共に、同じ ICSU 原則に基づき、台湾に居住する科学者が、IUGG およびその Associations に今後参加できることを保証する方策が引き続き研究されることを期待する。そして、IAMAP は IUGG に対して、1979年12月 Canberra で開かれる総會に、台湾に居住する科学者を招待することを可能にするためのあらゆる手段を講ずることを要望する。”

次に、今後数年間に開かれる国際学術集會は次の如くである。

1979年8月3日～14日, Symposium on Atmospheric

Chemistry. Toronto, Canada.

1979年12月, IUGG General Assembly. Canberra, Australia.

1980年8月4日～, Ozone Symposium. Boulder, Colorado, U. S. A.

1980年8月16日～, Radiation Symposium. Fort Collins, Colorado, U. S. A.

1980年7月14日～, Symposium on Cloud Physics. Clermont Ferrand, France.

1980年 期日・場所未定, Symposium on Atmospheric Electricity.

1981年8月17日～29日, IAMAP Special Assembly, Hamburg, Federal Republic of Germany.

## 2. 1～2週間予報, 中規模擾乱

岸 保 勘 三 郎\*

力学, 大気大循環に関連したものとして次の三つのセッションがあった。

- (A) J. Bjerkness を記念して
- (B) 中期(1～2週間)予報の問題
- (C) 中緯度における中間規模低気圧について

このシャトルの会に先立ち、8月上旬には、アメリカの大気科学研究センター(NCAR)で、GARP(地球大気開発計画)の熱帯実験(GATE: 1974年夏西大西洋で実施)の作業委員会が開かれ、4月には、ヘルシンキで、気候変動に関する大気・海洋の相互作用に関するシンポジウムの会が開催された。また、モンスーンの力学に関するシンポジウムは、来る12月にニューデリーで開催される予定である。このように、GARPの力学に関するシンポジウムは、方々の国で開かれ、または開催予定なので、シャトルの会では上記三つの問題にテーマがしぼられたものと思う。

セッション(A)は、一昨年死去されたカリフォルニア大学の J. Bjerkness の業績を中心にしての思い出の会であった。セッション(B)、(C)は、FGGE(第1回地球大気開発計画: First GARP Global Experiment)が1979年に実施されることにそなえ、10日間短期予報の

改善という問題に焦点がしぼられた。この会議のホステスであるシャトル大学には、乱流の分野では Businger, 総観気象の分野では Reed, 赤道, 成層圏擾乱の分野では Wallace, Holton, Leovy など多士済々の研究者がおり、これらの人とアメリカの FGGE の責任機関である NCAR のグループとが協力して、セッション(B)、(C)のプログラムは作製されたものと思う。

セッション(A)では、下記の様な講演が行なわれた。

(1) Mintz: Bjerkness が試みた大気大循環の一環としての運動量, 顕熱の南北輸送の解析を現在の立場から見直した場合の話題提供があった。

(2) Eliassen: Bjerkness の低気圧発生の理論に関連した問題として、中緯度の擾乱の型を二つにわけ、ひとつは対流圏上部で擾乱の振巾が最大になるもの、もうひとつは地表面付近で最大になるものとのわけ、その物理的根拠を渦位 (potential vorticity  $(f + \zeta) / \frac{\partial \theta}{\partial p}$ :  $f = \text{コリオリ因子}$ ,  $\zeta = \text{渦度}$ ,  $\theta = \text{温位}$ ,  $p = \text{気圧}$ ) の保存性と その南北傾度とをむすびつけて、わかりやすく解説がなされた。

(3) Arakawa: Bjerkness の提案した対流のスライス法と、最近の Arakawa-Shubert の対流理論との関連が報告された(但しアブストラクトのみ)。

\* K. Gambo, 東京大学理学部。

(4) Charnok : Bjerkness は、1960年代にはじめて赤道付近の海水温の変動と中緯度の気候変動との関係を論じたが、その頃の思い出話、また、その後の発展などに関する解説がなされたが、残念ながら内容は十分に聴き取れなかった。

セッション(B)で取り上げられた中期(1~2週間)予報は、1979年に実施される FGGE の主目標であり、それに関する現状の検討であった。具体的には、アメリカの地球流体研究所(GFDL)、海洋・大気庁(アメリカの気象庁に対応する機関 NOAA)、ゴダード宇宙科学研究所(GISS)、大気科学センター(NCAR)、ヨーロッパ中期予報センター(ECMWF)などで試みられている、10日予報の結果の比較検討であった。上記研究所でのモデルは、皆、全球多層モデルであるが、モデルに用いられている物理的過程の取り扱い—放射、雲の取り扱い、大気境界層の取り扱い、積雲対流の取り扱い—の違いにより、同じ初期条件から予報を行なっても、10日予報の精度には顕著な差が出ていた。地球流体研究所の都田さんは、大気境界層の乱流の取り扱いに、最近問題になってきた closure model (1977年秋季大会予稿集: 岸保、安田の論文参照)を取り入れ、予報結果が大幅に改善されたひとつの例を示された。モデルの改良がいかに大切であるかということに改めて痛感した。

セッション(B)の会場では、上述の各研究グループの結果がスライドでたくさん示されたが、10日予報モデルの改良に伴う具体的な苦しみを直接体験していない筆者にとっては、ただ、ああそうか、なるほど、そうなのかしら…とスライドを見ているだけであった。10年前に東京で数値予報のシンポジウムが開催されたが、まだその時は、世界の第一線に並ぶだけのポテンシャルが日本にもあるような気がしていた。しかし、1977年のシャトルの会では、中期予報については、先進国の研究者に何か十歩も百歩も先に行かれたような気がした。これは、ひとつはわが国の大学の研究機関に全球モデルを自由自在に動かすだけのパワーがないこと、気象研究所にもまだ中期予報研究の専用計算機がないこと、また、日本で大気力学に専心できうる人的パワーが少ないことのためであろう。この弱点を克服するために、これから最大限の努力をする必要性を痛感した。前述のように、アメリカでは数ヶ所の研究センターで10日予報を試みており、また、ヨーロッパでは各国で1~2日予報を各国独自の責任でやっているが、1~2週間の予報に関しては、大型電子計算機を設置する必要性もあって各国の拠

金でヨーロッパ連合の形で10日予報を行なっている。このセンターは、形の上ではイギリスにおかれているが、所長はオランダ国出身の Nielsen であり、所員はヨーロッパ連合からの人々で構成されている。聞くところによると、オーストラリアをはじめ、東南アジアの諸国もどのようにして FGGE に対処するかという同じ悩みを持っているようである。このような現状を考えると、日本はどのような形でこれから10日予報を試みるべきなのであろうか。荷の重い宿題ではあるが、この問題の解決を避けて先に進むことは不可能であることは明らかであろう。10日予報に伴う、周辺的な問題を扱うことのみで、世界の気象界への貢献が考えられる時代は、過ぎ去ったのではなからうかと私自身への反問を試みてみた。それほど、世界のトップレベルは進んでいるのではなからうか。

セッション(C)の中規模擾乱の討論では、ワシントン大学のグループは、主として前線に伴う太平洋上の地上低気圧の生成過程を静止気象衛星の雲画像から追跡し、Bjerkness などの提唱した低気圧に伴う極前線のモデルとは違った解析例を示した。その講演で、Reed は、低気圧の後面に吹き込む寒気と、太平洋上の温かい海水温との差によって生じる、2次的低気圧をコンマ低気圧(形が衛星の雲画像で、の形をしているので)と呼んでいた。私の想像では、冬期日本海で寒波の吹き出しがある時秋田沖などにできる袋状小低気圧(日本では経験的に里雲か山雲かの判定のシンボルになっている小低気圧)を、もう少しスケールを大きくしたものではないかと思った。このようなコンマ低気圧とは別に、NCAR のグループは成層圏下部における局所的な前線(温位傾度のきつくなっている所)近傍でのエネルギー収支を論じていた(Shapiro など)。そこに発生する擾乱の波長は、1,000 km 位のものであろうか。ともかく、地衡風近似が十分な精度で適用できない波長領域である。このような局所的前線の生成は、総観気象の立場からいえば、航空機の安全飛行、オゾン層の上下運動を知る上からも非常に大切な問題であり、まだ未解決の問題がたくさん残されている。Reed, Shapiro などの総観気象に関する問題提起を聞くにつけ、1940年代にはじめてロスビー波をみつけ、それを天気予報に応用しようとしたアメリカの総観気象の伝統といったものを改めて思い出した。また、英国のグループは地表付近の前線の形成ということをや、力学の立場から現時点でもう一度再検討することを試みていた。日本での例をとれば、梅雨前線に伴う小低

気圧の発生の問題、関東地方の北東気流の生成といった問題であろう。このような意味で非常に身近な研究テーマであると感じた。アメリカの研究者は、アメリカ大陸の豊富なデータ（飛行機観測も含む）を解析し、それをもとにして、エネルギー収支を力学、熱力学的に再検討することができる立場にあり、太平洋上のデータ不足に悩む日本の研究者の一人として、ある面ではうらやましかった。しかし、同じ立場にある英国の研究グループの問題提起の仕方は、我々にとっても参考になるものと

思った。最近、地方で開催される秋季大会は別として、学会での総観気象に関する論文数が昔に比べて少なくなっているが、新しい観点から総観気象の問題点をもう一度再検討し、天気予報の質的向上ということに目を向けるべきではなからうか。幸いに静止気象衛星“ひまわり”のデータも近く入手できる段階にきたので、飛行機の観測、特別観測網の設置などの併用により、今後の発展を大いに期待したい。

### 3. 放射関係のセッション

田 中 正 之\*

放射関係では、雲およびエアロゾルの放射効果 (Radiation Effects of Clouds and Aerosols) および大気の大気遠隔探査：インバージョンの方法と応用 (Remote Sensing of the Atmosphere: Inversion Methods and Applications) の二つのセッションがあり、それぞれ約30編の論文が報告された。

「雲およびエアロゾルの放射効果」のセッションでは、まずエアロゾルがグローバルな地球の熱収支や気候に及ぼす影響に関して、いくつか興味深い研究が報告されている。1次元の放射・対流平衡モデルを用いて、エアロゾルが地表や上層の気温に及ぼす影響を見積もったものが多いが、その際、水蒸気、二酸化炭素、オゾンなどの気体成分や雲の影響などももっともろしく考慮されていて、この分野の議論も年々きめの細かいものになってきていることが感じられる。ただし得られた結果は、まだ収束しておらず、研究者によってまちまちである。たとえば、R.A. Reck (ジェネラル・モーターズ研究所) は、従来の研究の多くがそうであるように、エアロゾルの増加は中・低緯度で地球のアルベドを増加させ、寒冷化を引き起こすとしているのに対し、NCAR の Kellogg らのグループは、逆にエアロゾルの増加は地球を温暖化させるという結果を得ている。このような違いが起る理由は、エアロゾルの光学的性質や地表の平均的な反射率の値のとり方などが違うためである。Kellogg らの研究では、エアロゾルの吸収性 (複素屈折率の虚数部) はきわめて大きく、また、エアロゾルは反射率の大

きい陸地の上に主として分布しているために、海洋を含めた一様分布の場合より、地表面の有効反射率は大きいとしており、その相乗効果として温暖化という結果になっているようである。Kellogg らの研究で、エアロゾルの分布の海洋と陸地での違いの効果という点についてはうなずけるものがあるが、エアロゾルの吸収性が非常に大きいという点については慎重な検討が必要である。ちなみに、現在多くの研究者がエアロゾルの複素屈折率の虚数部の値の決定に取り組んでいるが、その結果は、虚数部の値が0.005程度で吸収性はきわめて小さいものから、0.05を越えるような吸収性の非常に大きいものまで広く分散していて、このばらつきの中には真の変動以外に測定上の問題も含まれていると考えられる。エアロゾルは、光学的性質に限らず、量や粒度分布なども時間的・空間的に大きく変動しているため、その平均的な姿と変動巾をきちんとおさえていくことがこれからの課題であろう。

成層圏エアロゾルも SST 問題や火山噴火と関連して近年関心が高いが、今回も火山噴火の影響に関する報告がなされている。Schneider (NCAR) は、NCAR のデータ・ライブラリーに収められている過去85年間の気温のデータを検討して、火山噴火の後に有意な気温の低下が認められることを再確認しており、いっぽう、Pollack (NASA) は、時間変化を含む放射・対流モデルで火山噴火の影響を理論的に検討している。それによると、火山噴火による成層圏エアロゾルの増加は、成層圏の一時的高温とより長期に及ぶ地表気温の低下をもたらすというところで、このような気温の変化は1963年の Agung 噴

\* M. Tanaka, 東北大学。

火の際に観測されたところとよく似ていることが注目される。Pollack は、さらに、火山噴火がいくつか連続して起こるとするならば、過去の小氷期 (1450~1915) や氷期の寒冷化の説明も決して困難ではないとしており、いっぽう、SST の影響については非常に小さいと述べている。これまでのところ、成層圏エアロゾルの影響については、寒冷化とする研究が多く、対流圏エアロゾルの場合のような混乱はないようであるが、これは成層圏エアロゾルの多くは硫酸液滴で、その複素屈折率や粒度分布などもよくわかっているとしているためである。実際には、粒度分布などのデータはきわめて乏しく、今後の組織的な研究が必要な分野であろう。

このセッションのもう一つのテーマである雲の放射効果については、力学モデルから予測される大気の大規模な場のパラメータと雲の放射収支の評価に必要な雲量、厚さ、雲水量、粒度分布などの雲物理的なパラメータとの間の関連をどのようにしてつけていくか、また、雲と放射の相互作用、特に熱収支の変化によって雲自身も変化することから生ずるフィードバック作用の解明などが最重点事項であるが、今回もこれらの難問に直接答えるような研究は報告されなかった。むしろ、雲自身の放射特性の研究が大半を占めている。雲のモデルを与えて、その中で太陽放射や大気放射の多重散乱過程を、共存する水蒸気などの気体成分の線吸収も考慮して評価した研究が、Fouquart (フランス)、Grassl (西ドイツ)、Raschke(西ドイツ)などによって報告された。Fouquart の研究は、ヨーロッパで開発中の大気大循環の数値モデルに用いられる放射計算スキームとして紹介されたが、計算時間や精度の点で非常にすぐれたものようである。Grassl の研究では、雲の中に混入しているエアロゾルが雲の放射特性に及ぼす影響などが比べられているが、雲の中のエアロゾルの影響としては、このような直接的なもの以外に、エアロゾルが雲粒の濃度を変化させることによる間接的な影響も考えなくてはならない。このような立場からの研究は、Twomey (アリゾナ大学) によって報告された。Twomey によると、雲が薄い間は、エアロゾルの影響は雲粒の濃度を増加させることによって雲の反射率を高めるように作用し、雲が十分厚くなると、エアロゾルの吸収効果が卓越してくるので、エアロゾルは雲の反射率を下げるように作用するということである。はじめに紹介したエアロゾルの放射効果に関する研究は、エアロゾルの直接的効果を問題にしたものであったが、このような間接的な効果を取り入れていくこ

とも今後の課題といえよう。

「大気の遠隔探査：インヴァージョンの方法と応用」のセッションでは、インヴァース・プロブレムの数理的な掘り下げや改良、比較検討などの基礎的な研究が数多く報告され、この問題に対する関心の大きさにはちょっと驚かされた。とりわけ、非線型のインヴァージョンという問題がさかんに取り上げられていた。たとえば、人工衛星などで測定される放射強度と大気中の気温分布の関係は、透過関数の温度依存性や、プランク関数と温度との間の非線型な関係などのために、本来非線型であるが、そのような効果をきちんと取り入れて遠隔探査をやっていこうということである。人工衛星からの遠隔探査は、その対象は気温、湿度、オゾン、微量気体成分、エアロゾル、海水中の汚染物質と拡がり、観測や解析の方法もそれに応じて多様な拡がりを見せている現状から、気象学の将来における人工衛星の重要性を今さらながら再認識させられたというのが偽らざるところである。ただし、今回の報告の多くは可能性に関するもので、具体的な成果については、Fleig ら NASA のグループの全オゾン量のグローバルな分布に関するものなど、ごく限られたものだけであった。人工衛星からの遠隔探査の広範な可能性をひとつひとつ現実のものとしていく過程で、まだまだ膨大なエネルギーが費やされることであろう。

このセッションでは、さらに、地上からの大気の遠隔探査、特にライダーによるエアロゾルや微量気体成分の計測に関する研究がかなり報告された。この分野は、ソ連とアメリカで特にさかんであるが、Zuev (トムスク大気光学研究所) はソ連でのライダーによるエアロゾル研究の現状や、多波長ライダーや偏光測定を導入した場合の可能性、ライダーによる力学現象の研究の可能性などについて報告し、この問題に対するソ連の積極的な取り組みを感じさせた。いっぽう、McCormick (NASA ラングレー研究所) は、スペース・シャトルにライダーを搭載して、雲の高さや分布、対流圏・成層圏・中間圏のエアロゾル、共鳴散乱による Na や  $Mg^+$ 、吸収測定によるオゾン、酸素、その他の気体成分などの多面的な観測を行なう計画が進められていることを紹介している。このような話を聴きながら痛感したことは、わが国においても、大気物理の第1次的なデータを自分でとっていくような努力をもっと真剣にしていかなければならないということであった。

## 4. PM (Polar Meteorology) 分科會に出席して

片 山 昭\*

極地氣象の分科會では、FGGE の期間 (1978年9月—1979年8月) に合わせて、GARP 極地副計画 (Polar sub-program) の一環として実施される予定の POLEX (Polar experiment, 日本では極域気水圏計画と名付けている) の主目的に関連させて、31編の提出論文が、以下のように分類され発表された (括弧内は論文数)。

1. POLEX に関連した高緯度での大気過程のモデルとパラメタリゼーション
  - ① 大気境界層 (9)
  - ② 降水 (7)
  - ③ 北極圏の層雲 (5)
2. FGGE における POLEX 計画
  - ① Global Data Set の改善 (5)
  - ② 衛星観測の更正と ground truth (5)

極地の観測については、アメリカは、AIDJEX を実施中であり 1975年春から 1976年春に至る 1年間の Main Experiment を完了し、現在研究の段階に入っている。しかも、AIDJEX 研究の中心母体はこの総會が開かれたワシントン大学にある。いっぽう、北極海をめぐる沿岸の半分を占めるソ連は、極地研究の第一人者であり、1976年には独自で POLEX-NORTH-76 を実施している。このような状況において、極地氣象の部門には斬新な論文が多数提出されることが期待された。しかし、ソ連からの論文は 5編にすぎず、しかもその殆どが代読であり、詳しいソ連の研究の現状を把握することはできなかったし、また、AIDJEX 関係の論文もそれほど多くなかったことは淋しかった。後者の原因は、この総會終了後の 9月6日～9日の 4日間、引き続いて AIDJEX 主催の「Symposium on the sea ice processes and models」が同じワシントン大学で開かれたことによるのであろうが、それには旅行日程の都合で参加できなかったのは残念であった。

とはいえ、IAMAP 総會での発表からでも、大気—雲—水雲—海洋間の複雑な相互作用のもとに構成されている極地氣象の、巾広い分野にわたっての研究の現状の一

端は伺い知ることができ、有益であった。ここでは、筆者の専門である大気大循環の立場から興味があり、しかも何とか理解できたものに焦点を置き紹介することにする。

極圏に直接関係のない場所に住むわれわれにとってあまりなじみがないが、極地氣象の研究者には、かなり前から極地の熱収支に重要な効果を及ぼすとされてきたものに、北極海における夏季の層雲と冬季の海水原中に生成消滅する lead (水路状の開水面) や crack (割れ目) がある。

夏季の北極海は、殆ど常に何層かの層雲におおわれており、その範囲は平均的には海水の存在領域と一致するという。そのため、北極圏の熱収支において、放射と層雲との相互作用を忘れた議論は全くの片手落ちである。この効果を導入するためには、夏季層雲の放射特性やその生成のメカニズムを解明する必要がある、この総會でも二、三の興味ある論文が発表された。Herman の AIDJEX 資料の解析結果をまず述べる。北極の層雲は、氷晶より成り、日射に対する透過率は意外とよく、吸収率も比較的高く (1～7%)、反射率は厚さによってあまり変化しない (中低緯度の層雲では厚さに大きく依存する)。また、窓領域の赤外放射に対する emissivity は比較的弱く、400mの雲厚で 0.8、900mの雲厚でやっと 1.0 (完全黒体に対応) となる。夏季北極圏の下層大気の観測によれば、多くの場合、高さ 1,000m の辺に強い気温逆転層が存在し、その下に層雲、さらにその下は温位一定の混合層となっている。この構造は、貿易風逆転域と見掛け上は同じであるが、北極圏ではさらにその層雲の上あるいは下に独立した層雲層が存在することが普通である。なぜこのような 2層あるいは 3層の層雲が出現するかの明確な解釈はまだ得られていない。

Jayaweere と Ohtake のケース・スタディによれば、層雲形成の数日後の雲内の気温鉛直分布をみると、強い逆転層があるが、それは雲頂でなく層雲内の中程に位置し、時間の経過と共にそこにすき間ができて、二つの層雲に分離される。層雲の終末期になると、二つの層雲は再び合体し上部に多くの穴ができて遂には消滅したとい

\* A. Katayama, 気象大学校。

う。また、Jayaweere は、パローの 700 mb の風が南分を持つとその北方の AIDJEX 領域の層雲が増加し、逆に、北分の時は減少するという統計結果から、北極圏の層雲は温湿な空気の移流によって形成されるとし、lead の出現によりその上にできる霧の上昇あるいは放射冷却によるという考え方に、反論している。

上述のことからも、夏季の北極圏では、逆転層を頂部にもった混合層が発達していることは明らかである。Schaller や Kraus は、対流不安定な境界層に対する混合層モデルをそのまま採用して数値実験を行ない、種々の条件での逆転層の高さと層雲の厚さなどを求め、それが観測と比較的よく合うとしている。いっぽう、米国の POLEX-NORTH の計画書 (National Academy of Science, 1974) の中では、夏季北極圏の境界層では自由対流でなく強制対流 (mechanical) 的乱流が卓越するとみるべきで、この場合せいぜい 30m 位の高さの混合層しか維持できない筈であるのに、実際には 500m 以上に達しているが、これをどう説明するかの問題提起がされている。Schaller らのように、自由対流によるとすべきか、また、Brown (1973) が示唆したように境界層内の 2 次循環 (roll 状の流れ) に帰すべきか、あるいは放射過程を持ち出すか、興味ある問題である。

lead に関する論文は一編しかなかった。lead や crack が熱収支に占める重要性は、lead 等の開水面の水温は  $-1.7^{\circ}\text{C}$  前後であるが、その上の大気的气温は冬には  $-30^{\circ}\text{C}$  以下になり、その間に極端な温度差を生じ、多量の顕熱が大気中に放出されることである。Borisenkov らは、ソ連で行なわれた lead 特別観測の結果の一部を紹介した。lead 形成の初期には、顕熱の放出量は  $700\text{Wm}^{-2}$  ( $\sim 1,400\text{ly day}^{-1}$ ) にも及び、海水原のわずかの面積 (1%以下) しか占めない leads や cracks が海水原全体の熱収支に寄与する割合は 10~50% に達し、sub-grid スケールの lead 等の熱効果を見逃し得ず、パラメタリゼーションの必要性を再確認している。

南極関係の論文は少なかった。ここでは、南極点に関するもののみを紹介しよう。南極点での 3 年間の地上ルーチン観測を整理した Coulson によれば、極夜の長波放射による net loss は  $0\sim 34\text{Wm}^{-2}$  の間に変動するが、普通は  $15\sim 20\text{Wm}^{-2}$  であり、今まで得られていた  $37\text{Wm}^{-2}$  と比べて半減している。顕熱の鉛直フラックス量は放射より一桁小さく、その方向も一定せず、上向きになったり下向きになったりする。潜熱のフラックスは無視し得る程小さい。これらの事実は、冬の強い接地逆転

を乱流輸送で説明するのは困難であることを示唆している。

南極大陸において、接地逆転層 (100~1,000m) 内のカタバ風による熱や雪の内陸から沿岸部への輸送、その上に位置する補償逆流層 (厚さ 1,000m 程度) での熱や水蒸気の内陸部への輸送が、南極大陸の熱および水収支に基本的に重要であることは多くの研究者によって強調されている。総会では、間接的にこれを示す二つの発表があった。Hogan は南極点の地表付近のエロゾル濃度の季節変化や前線通過時の変化を調べ、Ohtake は南極点で採集した氷晶の化学分析を行なった。エロゾル濃度は、冬には  $15\text{cm}^{-3}$  と非常に少ないが、夏に  $100\sim 200\text{cm}^{-3}$  程度に増える。また、前線通過時には急増する。Hogan は、飛行機観測により、この増加の源は南極点上の温湿な逆流層 (550~650 mb, 南極点の地表気圧は約 680 mb) にあることをつきとめた。Ohtake の分析によれば、南極点の氷晶の 60% は Si と Al を伴った海塩核を含んでおり、これは南極周辺の海洋から内陸奥深くまで運ばれてきたことを示しており、これが補償逆流層を通じてなされるとすれば、Hogan の結論ともつじつまが合う。

さて、南極大陸が大循環へ及ぼす影響を数値実験によって研究するためには、上述のことから、比較的薄くて傾斜をもった接地逆転層と補償逆流層のもつ効果を数値モデルに組み入れねばならない。簡単そうには見えるが、南極圏のモデリングにとって最も厄介な問題の一つとなるであろう。

日本に住む気象の研究者にとって最大の関心事が、中緯度の循環であることは当然である。ところで、その長期変動は大循環を通じて、熱源としての熱帯と冷源としての北極圏の気象、特に熱収支に強く支配される。すなわち、熱帯と北極圏の気象は、中緯度のわれわれにとって同等の重要性を持っている筈であり、このことは誰しも概念的には認めている。しかし、実際の研究者の厚みを見ると極端な差がある。台風との関連性もあり熱帯気象の研究者の数は十分とは言えないまでも、そのレベルは高度なものである。南極観測を通じて、南極気象の研究に一時的に携わった人はかなりいるが、北極圏の気象となると雪氷学の分野を除けば殆どいないのが実状である。最近の異常気象の多発は北極圏の寒冷化に原因するという。ではその寒冷化は何に原因するかとなると、外国人の仮説を引用するだけであり、日本で独自の議論が出されたことは大気物理の分野ではまだない。

日本でも POLEX に参加すべく計画中であり、南極観測の実績と昭和基地の存在のため POLEX-SOUTH の計画は着々と進んでいるが、日本の気象により深い関係をもつ POLEX-NORTH の計画は未熟である。極地気象の研究の経験のない筆者は、たまたま大循環の数値実験に携わっていたことで途中から POLEX 小委員会の一員に加えられ、学会のシンポジウムでは南極気象の紹介を行なうというはめに落ち入り、今回は IAMAP 総会の極地気象の分野をまとめることになってしまった。私自身は勉強になってよいのであるが、何としても面はゆい感覚である。大気・雲・雪氷・海洋間の相互作用のもとにある極地気象は、未開拓、未解決な問題が多く、やりがいのある研究の分野である。気候変動の研究は時代と共に重要性を増しており、その解明のために極地気象の理解は欠かせない。日本にも極地気象に総合的に取り組む研究者が多教育つことが望まれるし、そのような環境を造る必要があろう。

今まで極地気象のことばかり述べてきたが、あらかじめ分担を決められていたわけではなく、興味ある発表を追って種々の分科会をわたり歩いた。感じたことは、やはり、各分野にわたってのアメリカ勢の層の厚さと、ヨーロッパ勢、特に英国の腰を落ち着けた取り組み方である。現在 GARP 計画が実施中であり、2年後の FGGE が終われば、次に気候の解明への多くの世界的プロジェクトが企画され実施されるであろう。最近の日本気象学会の大会を見ると、一つの顕著な事実に気付く。境界層の分野の発表が全体の3分の1近くを占め、大循環や気候の分野は半日を充たすのに汲々であることである。世

界の動向を見るに、境界層の研究論文はやはり他を圧しているのは同様であるが、1975年前後から突然という表現がふさわしい勢いで気候モデルの研究が盛んになってきたのが特徴である。これは、熱病ではなく、近き将来の必然的ニーズを汲み取ったためであろう。

境界層の隆盛を分析したある皮肉屋は、境界層は最も身近かな所にあり、観測も容易になり、それを計算機で処理すれば一つの論文ができあがるのが原因と考える。そんな一面はあるとしても、本質はしごく現実的なものとする。環境問題に関連して、国民の直接的ニーズが強まり、それに対応して研究費の増大と職場の拡大があったからだ。植物のように人間は空気だけでは生活できないし、研究費が十分でなければ育つべき研究も中途半端になる。この泥くさい現実を無視してはならない。気候の研究は100m競走でなくマラソンである。二、三年遅れてスタートしても気にはならない。しかし、5年も10年も遅れると、落穂拾いにあくせくするはめとなり、そのため人材も育たないという悪循環に落ち入りやすい。そろそろその環境作りに着手しなければならない。学会の中に、関連分野のコンセンサスのもとに、気候力学研究グループを結成して討論をたかめ、そのエネルギーを「気候力学研究所」、あるいは、現在暗礁にのりあげている「大気物理学研究所」の実現に向かって結集すべきではなからうか。現状のままでは、GARPで企画される、様々の〇〇-EXの間を同じような顔ぶれで右往左往することとなり、いつの間にか取り残されてしまう。この総会でのエネルギーを見るにつけ、痛感し再認識したことである。

## 5. Air Sea Interaction Sessions に関連した感想

二 宮 洸 三\*

### 1. はじめに

IAMAP 期間中、ASI (Air Sea Interaction) Sessions に3日間が割り振られ、その約3/5が AMTEX の研究発表にあてられた。AMTEX の公式な研究集會としては、これが最後であるためもあり、日本からの出席者はかなりの人数となったが、その大部分(筆者も含めて)

は私費による参加であった。(これを公的な国際学術交流政策の貧困と見るべきか、研究者の生活水準の向上と見るべきか?)

国内学会においてさえ浅学無知な筆者は理解することが不十分であり、まして、不得意な外国語と睡魔に悩まされたこの集會で、何を理解し得たかは心もとないが、無知の恥をさらす事は承知の上で、ASIに関連した偶感を述べ、かつ、AMTEX の総括的評価、それに関係し

\* K. Ninomiya, 気象研究所。



て総観気象および境界層研究における日本の現状と問題点について私見を述べたい。

## 2. ASI Sessions の概要

Dyer および Lenschow 氏が convener であることから想像されるように、セッション全体が、乱流・境界層の意味での ASI の色彩が強く、AMTEX 本来の問題意識とはかなり隔りが感じられた。前半は、AMTEX 関係で、micrometeorology, boundary layer, heat and moisture budget, cloud structure, synoptic and modeling および radiation and convection の6セッションで約30の報告があった。一見して AMTEX の全テーマをカバーしているように思われるが、“AMTEX は狭義な（ごく低層の）気団変質のみの研究ではない”とする本来の立場からみると、気団変質の数値実験、収支解析、bulk 的解析、放射収支、変質に伴う降水、擾乱の研究など、最も重要と思われるテーマの発表は相対的にわずかであった（重要テーマである、黒潮海域の擾乱の構造、発達過程についての、解析、数値シミュレーションについては、日本側からの発表はなかったし、米国側からは低気圧発達時のエネルギー収支解析が一つあったのみである）。いっぽう、“狭義な ASI” としての観測的研究報告は今回も相対的に多かったが、航空機による観測を除けば、それが AMTEX の研究主題にどのような位置を占めるのかは、筆者にはよく理解できない。

後半は、AMTEX 以外の報告で、ASI measurement と large-scale study of ASI の2セッションで約15の発表があった。内容は多岐で、JASIN-1972（北大西洋の観測）期間の収支解析、Washington 湖上の観測、境界層の乱流変動、長期間の洋上のパイ観測、JFYGL（五大湖観測）の解析とモデル、測定手段の intercomparison などの報告が含まれた。最後のセッションでは（これは一部分しかきかなかったが）、テーマが不連続的に変わって、Namias 氏の Multiple cause of the north American abnormal winter of 1976-77 などの発表があって、前半のマイクロの話から、いきなり長期間・広域の話に飛躍してしまった。

convener にけちをつけるつもりはないが、AMTEX, non-AMTEX と区別せず、内容別に、プログラムを組むべきであったと感じられる。

## 3. AMTEXの総括

IAMAP の報告としては不適當かとも思われるが、ASI sessions を通して見た AMTEX の総括として私見を述べたい。AMTEX は、GARP の副計画として、

1970年から立案企画され、1974年2月および1975年2月に黒潮海域で、研究観測を実施した。このための立案、実施、研究討論のために開かれた国内の公式、非公式な会合は、筆者の出席したものだけでも数十回以上にのぼったし、東京で開いた国際集會も、4回（3回の study conference と1回の workshop）を数えた。研究計画への参加者、予算規模からみても、これは日本の行なった気象の field experiment としては最大規模のものであった。

一応は“無事”に field experiment が遂行されたこと（日本側では、オメガゾンデ、ドロップゾンデ、ドップラレーダの不成功、大型観測パイの水没、米国側では、AMTEX 74 の大型観測機の故障不参加、AMTEX 75 のパイ観測網の破損など、重要項目の手痛い失敗はあったが）、国際研究事業として遂行できたこと、一応はデータレポートの刊行されたこと、研究集會では一応の成果発表のできたことは、成功として評価されるだろうが、同時にいくつかの日本の気象界の研究上の弱点、欠点も露呈されたと筆者には思われる。

第一の問題点は、研究スタッフの能力（中核となる研究者は並行的にいくつかのプロジェクトをかかえている事実が認識されずに）以上の計画が立てられることである。これは、AMTEX にとどまらず、他のすべてのプロジェクトにも共通する欠点であり、実質を伴わない計画書や紹介ほど、より高踏的なものとなる。実行されなかった研究項目、失敗した観測項目に、このような欠点が露呈している。

第二の問題点は、個々の研究者が自分の興味の焦点が定まらぬままに（その学問的価値云々は、焦点が定まった後の問題である）、また、具体的な研究上の責任を明確に意識しないまま、なんとなく全体計画の中にはまり込む欠点である。雲をつかむような“気団変質の研究”とか、“海洋性積雲の研究”とかという概念的なテーマで（つまりもっと具体的な問題意識なしに）、参加する研究者（あるいは組織）の“仕事”は、結局、データの取りっぱなし、他人の仕事の紹介のような報告書で終わるのがおちである。ASI sessions の日本側の発表にしても、発表者自身の興味がはっきりしないものが、まま見受けられるのは、言語の問題ばかりではないだろう。

第三に、研究の一応の目標達成まで仕事の持続しないという欠点である。個人の問題意識がそもそも希薄であるのなら、はじめから目標そのものがなかったのかも知れないが、ひとつひとつのテーマについて、成功、失敗

の明確な認識も不鮮明なまま、尻つぼまりに、計画が終了してよいものであろうか？（参加者から具体的な今後の計画は聞いていない）。

#### 4. 乱流・境界層研究における問題点

以下、素人の暴論をお許しねがいたい。AMTEX におけるこの分野の参加者の数、ASI sessions の出席者の人数からみると、この分野の研究者層の厚さに目を見張る。気象学会の大会でも、第1会場を2日間にわたって占めるほどの盛況が続いているが、気象界全体の研究者の人口構成から見て、一種の異常繁殖であろう。

どちらかといえば、乱流理論や、外国のデータに基づく解析などに偏っていたこの分野の研究を、国際共同観測を実行できるまでの今日の水準に引き上げられたのは、超音波測器により観測を推進された光田氏、航空機による観測を推進された横山氏の功績であるが、これを引き継ぐ次の世代は何を目標とされるのだろうか？

AMTEX を通じて、NCAR の観測機の威力を痛感した研究者は多いが、現実に、日本でどのような観測機を運用できるのか、日本で可能な機種で行ない得る研究内容は何か、など、早急な検討が望まれよう。

第二に、観測内容の選択であろう。外部から見れば、あまりにも観測過多であり、一貫した中心テーマが欠除しているようにも感じられる。国内学会の発表でみても、琵琶湖から、霞が浦、陸奥・秋田、関東平野、瀬戸内、黒潮海域、筑波の鉄塔、オクラホマの塔、オーストラリアの観測と、忙しく駆けめぐるのはなぜであろうか？ これも、“異常繁殖”の一側面であろうか？ ASI sessions に日本から発表された報告の一つに、“Inter-comparison of turbulence instruments”があった。多くの日本の研究機関からの参加者がオーストラリアに出かけての観測とのことであったが、その意図は聞いていて不明であった。intercomparison の結果、優劣をつけようとするのか、誤差をみつけるつもりか、あるいは、装置の欠点を見つけ改良するつもりか、いや、そもそも何の研究目的に使うつもりか、測器について intercomparison を行なうのかも、その結果の物理的解釈もなされぬ報告であった。（この session で筆者は座長をしていたので、居眠りもせずに聞いていたが）。

今後は、物理的な洞察を伴った観測を精選して欲しい。また、観測の結果を解釈するための、理論的研究や、数値実験などの分野にも研究の分野をひろげられることを強く希望する。

#### 5. 総観気象の分野における問題点

ASI と総観気象とは無関係と考えるのは、誤りである。AMTEX は、狭義の気団変質の研究ではないからである。誤解のないように言っておくが、総観解析は、ただ無目的に天気図を描くことではない。観測データに基づいて、対象とする大気現象の物理過程を明らかにするのがその目的である。この意味で、AMTEX のなかでは、観測、数値実験とならんで総観解析は大きな意味を持ったのであるが、その実行は必ずしも計画通りではなかった。

この分野における問題点の一つに観測がある。予報業務の経験者のなかに、秀れた総観気象の専門家がおられるが、その人々の欠点は、既製のデータセットを使うことに関心があり、特別観測を過小評価することである。既製のデータセットの活用はもちろん重要であるけれど、地球物理の分野では、測定なしに大きな進歩のないことも事実である。総観解析の field experiment の成功例として、松本氏による北陸豪雪の研究（1963—1968）があるが、これに比して、AMTEX で特別の進歩があったとは思われない（ドロップゾンデもオメガゾンデも成功しなかった）。不成功の原因はいろいろ分析できようが、一つには、プロジェクトのリーダー、サブ・プロジェクトのリーダー以下関係者がブルーカラーとして手を汚して field experiment に取り組むという気がまへの有無にもよるであろう（先に乱流グループの観測過多を批判したが、ここでは、総観気象グループのホワイトカラー趣味、机から離れない消極性を強く批判したい）。

AMTEX の予定した研究計画が十分に実行されなかったもう一つの大きな原因は、この分野における研究者層の薄さであり、その原因をさらにさかのぼれば、現在大学・大学院の気象学講座のなかで、近代的な総観解析の教育が十分に行なわれていないからであろう。ASI sessions で、外国からのこの分野の発表は少なかったが、これは“ASI”なるが故のことで、一般的傾向ではなく、海外専門学会誌にみられるように、この分野の業績も目ざましいものがある（余談であるが、筆者は会議の後、3年ぶりにオクラホマ大学と NSSL を訪ねたが、ドップラレーダ（複数の）による風速測定技術、それに基づく解析の進歩に驚ろかされた）。総観解析には、気象力学などの基礎知識に裏づけられた洞察力の必要なことはいうまでもないが、一面、根気のいるデータ解析に耐え抜くブルーカラー的な忍耐も要求される。大学以上の気象教育の場でも頭のみならず、手も身体も働かせ得る人材

を育ててほしい。

## 6. おわりに

ASI sessions に関連して、AMTEX を中心とした偶感を述べた。短期間の仕事ぶりを見れば、彼我の間には個々の研究者としての優劣はないのであろうが、いっぽう、研究の多様性において、層の厚さにおいて、また、時間的継続性（積み重ね）において、海外の研究は日本のそれに比してなお相当の差をもつように筆者には思われる。

この差異はどうやって克服すべきなのか、筆者もわからないが、少なくとも下記の諸点はすぐにも実行しなくてはならないのではなからうか？

(1) 研究の焦点を明確にして、人力、研究費の不必要な分散を避けること。

(2) 形式的なプロジェクトの肥大化を防ぎ、その事務

的運営のための労力の浪費を避けること。

(3) 各種プロジェクト、サブ・プロジェクトの成果について、その成功・不成功いずれの場合でも、担当研究者の研究上の責任を明確にすること。同時に、プロジェクト・リーダーの責任も明確にすること（日本では研究上の問題での組織の責任者の責任感あまりにも稀薄である）。(高踏的な計画文書の作製や、借り物的紹介の報告、ただ単にやったというだけの観測レポートで、ことをすませるといふ、相互の甘やかしは、お互の墓穴を掘り合っていることだということをお忘れなく。)

(4) 研究者層が十分でないだけに、適正なバランスのとれた専門分野の人口構成になることを努めること。

(5) 各大学など、特色あるスクール・カラーをもつことは望ましいが、あまりに偏った分野のみにしか関心のない“専門家”を養成しないこと。

## 6. 雲物理学の立場から

武 田 喬 男\*

今回の IAMAP の会合には、雲物理学そのもののセッションはなく、また、雲物理学の研究者の出席も概して少なかったようであるが、雲物理学に関係の深いセッションはいくつかあり、多くの興味ある論文が発表されていた。個々のセッションの紹介は、他の出席者によりなされる報告と重複することが多いので、ここでは、雲物理学の立場から IAMAP の各論文を聴いた印象を述べてみたい。

CP & AE session (Relations between electricity and cloud physics in thunderstorms および Thunderstorm research international program — Trip) は、2日間にわたって行なわれ、20数篇の論文が発表された。取り消しの論文もあり、わりに時間的に余裕をもって議論が進められた。全ての論文を聴くことはできなかったが、論文は雷雲の観測結果を述べたものが多かったようである。M. Brooks が発表した“Lightning discharge characteristics of the Hokuriku winter thunderstorms”は、1976/77の冬行なわれた北陸の雷に関する日米共同観測の結果で、国内の学会でもしばしば発表されている

ように、北陸の冬の雷は通常の夏の雷と異なり、放電時雲内の正電荷が地上にもたらされることに注目している。解析自身はまだ十分でなく、機構の説明についても問題がありそうだが、現象については皆の興味をひき、質問が活発であった。雷雲の観測の傾向として、最近では、地上の電場計を観測の主体としながら、レーダによる雷雲の evolution の観測を併用することが多くなってきており、そのような論文の発表もいくつかあった。ただし、通常のレーダは、成長した降水要素そのもののみを観測しているのであって、非定常の雷雲の evolution を力学的に調べるためには必ずしも適当ではなく、雷雲の力学と電荷生成機構の関係についての解釈には無理がある。R.M. Lhermitte が発表した“Doppler observation of thunderstorms in the Trip experiment”は、1977年の Trip で計画されている3台のドップラレーダによる観測の紹介で、1976年に行なわれた2台のドップラレーダによる観測結果を参考しながら、雷雲内の3次元循環を導き出す方法を議論しており、雷雲の電荷生成機構を調べる上に期待すべきものであろう。雷雲は、現象的に激しいため地上電場の時間変化の測定を主とする論文が多くなるのはやむを得ないであろうが、そのような傾

\* T. Takeda, 名古屋大学水圏科学研究所。

向の中で、特殊ゾンデによる電荷、電場の測定は貴重なものである(たとえば、S. Magono 他(1977 秋季気象学会でも発表)、W. P. Winn 他“Simultaneous electric field and radar measurements in a thundercloud”), この場合、目的にもよるが、後者の論文のように tracking radar が使用できれば理想的である。

室内実験的な研究としては、T. Takahashi の“Thunderstorms in the tropics”が興味深かった。内容は、論文題目および要旨と大巾に異なるもので、回転する氷棒をセットした低温槽内に過冷却水滴および氷晶を供給して電荷生成機構を調べようとした大がかりな実験である。実験結果は、横軸に過冷却水滴の water content, 縦軸に過冷却度をとった図の中で、電荷分離の傾向が単純にグループ分けできたというもので、世界各地の雲の性質(含水量、雲頂温度)に応じて電荷生成を説明しようとしている。回転する氷棒に凍結する過冷却水滴の量により氷の表面構造が変わる効果等が入っているのであろうが、種々の効果が混在している実験結果の解釈等は、短い時間内の発表では理解し切れなかった。

R2 session (Remote sensing of the atmosphere: inversion methods and applications) では、気温、大気成分( $H_2O$ ,  $O_3$  等)および微粒子に関するリモートセンシングが、主に inversion method という技術的な立場から討論された。30篇近い論文がわずか1日で発表されたが、当然のことながら、観測された事実そのものについての議論は少なかった。微粒子のリモートセンシングの論文は取り消しが多く、発表はライダーに関するものが半分近くであった。技術的な論文は別にして、印象に残っているのは、T. J. Pepin 等の“The Pam II solar extinction measurement for stratospheric aerosols and ozone”および“Remote sensing of stratospheric aerosols using the ASTP, Sam and Sam II Nimbus G instruments”で、これから打ち上げられる人工衛星に器械を搭載して観測する計画に関する論文である。数チャンネルの extinction の測定から、inversion method により成層圏のエロゾルの垂直プロファイルを求めることについて、誤差の問題、極域での観測の可能性を議論しており、1 kmの分解能でエロゾルによる extinction プロファイルを求めることが可能であると述べている。このセッションでは、地表からライダー等のリモートセンシングにより成層圏エロゾルを観測することの限界が議論され、space shuttle 等上空からのライダー探査(M.P. McCormick 他, “Atmospheric lidar measu-

rements from space shuttle”)も検討されたが、人工衛星等を用いた成層圏エロゾルの測定の可能性をかなり気軽に議論している雰囲気的印象が残っている。我国ではこのような議論がまだまだ不十分である。

ライダーによる成層圏エロゾルの実際の観測例は、V.E. Zuev (“Laser sounding of the atmosphere using aerosol scattering”), および R. Reiter・H. Jaeger (“Stratospheric aerosols in different altitudes monitored by lidar”)によって発表された。Zuev は、単波長ライダーによるエロゾル濃度の測定および多波長ライダーによるエロゾル粒度分布の測定についての現在の状況、問題点を議論した後、実際の観測例を紹介し、lidar ratio が湿度と良い対応関係にあることを述べた。また、Reiter は、40 km まで成層圏中、何層にも分かれて観測されたエロゾル層を紹介すると共に、polarization の測定により検出された圏界面付近の cirrus cloud の例を述べたが、エロゾル層あるいは cirrus cloud の存在の説明は特にしていなかった。

PM session (models and parameterizations of atmospheric processes in high latitudes as related to Poley) は2日間にわたって行なわれ、その中で precipitation および arctic stratus に関する論文がそれぞれ数篇発表された。それらは、いずれも雲物理学に關係の深いものである。たとえば、高緯度の降水中の化学成分と各物理過程との關係に関する review paper (J.A. Warburton), 霧粒および氷晶内の核の X 線回折による測定 (T. Ohtake), 南極のエロゾル濃度の季節変動と気象現象との關係 (A.W. Hogan), 南極の地表の雪の  $\delta^{18}O$  量の地域分布と降雪 (K. Higuchi 他), 数値モデルによる降水の研究 (T. Takahashi), 高緯度における層状雲の形成あるいは構造 (K. Jayaweera, K. Jayaweera and T. Ohtake 等) 等である。このセッションの報告は他にされているはずであるので、ここでは、むしろ、Poley への意義は必ずしもはっきりしていなかったが、雲物理学的に興味のある Takahashi の論文 “Study of precipitation mechanism in cloud model” を紹介しておこう。

この論文は、軸対称の数値モデルを用いて、孤立した積雲の降水機構を、凝結核の個数および氷晶核の個数の違いに着目して調べたもので、降水雲の数値モデルの最終的なあり方のひとつを示していると考えられる。すなわち、凝結核、氷晶核の条件を雲物理学的に最も重要な因子として与えられた大気中に、ひとつの孤立した積雲が形成された時の降水形成を調べるもので、軸対称の積

雲モデルとして力学的に標準的なものを用いている。雲物理学過程についても、凝結、併合、凍結、昇華の各過程を現在分っている限りにおいて formulate し、いたずらにパラメタライズすることは避けている (ice-multiplication は含んでいない)。細かく言えば、併合過程については stochastic model を採用し、氷晶核の温度スペクトルを考慮しており、この種のモデルとしては現段階で満足すべきものであろう。計算結果も、積雲が海洋性ならば背が低くとも warm rain が降り、また、内陸性の積雲で氷晶核数が 100 倍多ければ、より強い雨が早目に生ずる等、ほぼ妥当なものである。この種のモデルは、むしろ、モデルの使い方が問題となるであろう。ある程度観測に裏付けされながら、凝結核数、氷晶核数の雲物理学の因子の地上降雨量への効果を定量的に調べるため用いるのか、シミュレーションの立場で内部で起こっている個々の過程の重要性を量的に調べるのか、あるいは、このようなモデルを基本にして未解決の物理過程を導入してその効果を調べるのか、興味深いことである。降水雲のモデルは、種々の型のものが考えられるが、上記の型のものが Takahashi が発表した段階まで達したということで印象に残った (実際の計算結果のみが発表され、計算の詳細は個人的に聞いたものである)。

session ACGP 1 (Homogeneous and heterogeneous reactions in the troposphere) は、その詳しい内容が他に報告されているはずであるが、雲物理学の立場から聴いていて印象に残ることがいくつかあった。その一つは、hydrocarbon をはじめとして大気中の種々の物質の時間的な変動が、多くの研究機関で予想していた以上にきちんと長期にわたって測定されていたことである。この事は、他のセッションでも見受けられることであった。測定結果については、ozone chemistry との関連が、あるいは、それぞれの物質同志の相関が議論されていたものの、大気中で、nucleation、物質循環、変質過程等において、 $H_2O$  との相互作用を考慮して議論しているものはまだ少なかったようである。これは、もちろん非常に難しい問題なのであろうが、これまで大気中の凝結物 (nucleation を含めて) を扱ってきた雲物理学としては、これからは、chemistry と協力しながら、大気中の各種物質の微粒子の物理学的特性 (光学および雲物理学的) および化学的特性を、あるいは nucleation を調べていくべきであらうし、その時間的・空間的変動が放射過程・水循環過程に持つ意義を雲物理学の立場から総合的にみることが必要のようである。

## 7. 高層大気研究の現状と将来

廣 田 勇\*

今回の高層大気関係分野の主たるテーマは、20-100km 領域の最近の観測および解析、Scherhag によるベルリン昇温発見 (1952) 25周年記念に因む突然昇温現象、気温とオゾンの変動、それに IAGA との共催のセッションとして下部電離圏大気運動、中層大気微量成分の化学と輸送、太陽活動・地磁気変動の気候に及ぼす影響、などであった。

これらの表題を唯ながめている限りにおいては、従来のテーマの単なる継続の如くに見えるかも知れない。しかし、その内容をつぶさに検討し、4年前の第1回 IAMAP 特別集會 (於メルボルン) 当時のそれと比較すれば、個々の研究成果の質的な向上はもちろんのこと、

それらの研究を支える国際的な状況に格段の進展の見られることに気がつく。同時にそれは、今後の我が国における高層大気研究の進め方に大きな示唆を与えるものとして受けとめられるべきであらう。

この意味から、以下には高層大気研究の世界的な動向を要約し、併せてこの分野における我が国のとるべき道について、いささかの私見を述べてみたいと思う。

まず第1は、様々な手段による成層圏から下部熱圏に至る領域の観測の集積と、それらに基づくグローバルな解析の目ざましい充実である。具体例としては、気象衛星・ロケット・流星風レーダ・IS レーダ等の観測量が増え、それらの資料は今や直接の観測者から国際的なレベルで解析の専門家達にゆだねられつつある。その結果、必然的に解析内容は初期の素朴現象論の域を脱し、

\* I. Hirota, 京都大学理学部,

大気物理学としての議論に耐え得るものが要求されるようになり、いっぽう、逆にその解析結果（およびそれをふまえた理論的考察）が、次のステップの観測システムに新たな要請としてフィードバックされることになる。この事情が煮つまってきたことこそ、後に述べる MAP (Middle Atmosphere Program) が動き出した原動力に他ならない。

第2の特徴は、大気モデル(大循環数値モデル)の分業化が明確になってきたことである。地球大気大循環の特徴的な様相を大型計算機により数値的に再現 (simulate) するという意味でのモデル化は、1970年代のはじめに一応の目標に到達し、以後は、GARP に関連した現実的な予報技術、あるいは、気候の理解の問題へと分岐してきた。高層大気の研究分野においても、これらの数値モデルを個々のプロセスに対する大気 sensitivity を調べるための道具として用いることが常識となりつつある。その場合重要なことは、大気の様相を全体として漫然と似せるのではなく、むしろ如何にクリアーカットな取り扱いをするか、という点にある。突然昇温や準2年周期振動に代表される波動と帯状流の相互作用、大気微量成分の生成や輸送、太陽活動(放射)の変動に対する高層大気への応答……等々の諸問題は、その好例といえる。これらのモデル化の必然的な結果として、計算機の大きさのみを頼りに行なう闇雲な数値計算ではとくなくおざりにされがちであった深い理論的考察——たとえば波動が種々の物理量を輸送するということの真の物理的解釈——の重要性があらためて再認識されてきていることを見逃してはならないであろう。しかも、このような仕事は必ずしも大きな組織・機関やプロジェクトを必要とはしていない。この事情もまた、MAP への取り組み方と深く関連している。

MAP については、いずれこの「天気」誌上で詳しい紹介がなされる予定なので、ここではその概略を述べるにとどめる。MAP とは、成層圏から下部電離圏に至る領域の大気組成、温度および気圧構造、運動、放射等の全地球的な理解を深めることを目的に、Gregory (加)、Bowhill (米) 両教授らが中心となって、1980年代初頭にスタートすべく立案されている国際研究計画である（日本でも、昨秋東大宇宙航空研でこれに関連した国内シンポジウムが開催され、東大の等松教授らが中心となって計画が進行中である）。Middle Atmosphere (中層大気) という名称は、対流圏を低層、電離圏以上を高層と呼ぶことに対応し、従来の気象学と超高層物理学と

の境界領域を意味する。気象の側から見てもこの領域はもはや遠くかけ離れた高層ではなく、余談になるが、筆者の属している ICMUA (国際高層気象委員会) でも、近い将来この委員会の名称を upper から middle に変更しようという話が出ている。

今回シアトルでの MAP 会議では、昨年6月にイリノイ大学で開かれた計画会議をふまえ、世界各国の国内計画の進捗状況の報告がなされた。きわ立って特徴的なことは、米ソの如き大国が、NASA や NOAA に代表される大きな国家機関を通して MAP に参画しようとしているのに対し、英国、カナダといった国では、個々の大学かせいぜい小さな研究所程度の単位で、つまり、個人レベルに近い形で MAP を考えていることであった。日本の場合、東大宇宙航空研の衛星およびロケット、京大工学部の MU レーダが中心であり、気象独自の大がかりなものとは皆無に等しい。これを是とするか非と見るかはひとえに今後の我々の態度如何にかかっている。

さてそれでは、今までに述べたような高層(中層)大気研究の世界的趨勢の中にあつて、今後我々は如何なる道を選ぶべきであらうか。

今回の会議における研究発表や最近の種々のジャーナルの論文を見ると、個々の仕事に関しては、日本の研究者もそれぞれに優れた業績をしるし国際的に高い評価を得ていると言える。しかし、それは全体的に見てあくまでも一部分にすぎず、層の広がりや厚みはとうてい感じられない。少人数の単発的な仕事によって、かろうじて国際的な学問レベルが保たれている、というのが正直なところであらう。

そのよつて来たる理由を列挙することだけならばさして困難はない。科学政策の貧困さ、研究費の乏しさ、研究教育部門ポストの少なさと人事の固定化、年功序列制度に起因する真の指導者の育ちにくさ、相互批判精神や刺戟の欠如に甘えた安逸な停滞、研究者の就職難にからむ若手後継者育成の難しさ……等々枚挙にいとまがない。

このような現実に対処するには、およそふた通りの態度が考えられよう。そのひとつは、日本という立場に最初から拘泥せず、いわば無国籍者に近い形でそれぞれの最も得意とする分野のスペシャリストとして国際的に生きてゆくことである。そのようなことのできる人は現在も我が国に何人かは居ようし、また将来少数ながら自然発生的に現われても来よう。学問とは本来そういうものだ、それで良いのだ、という考え方は確かに成り立つ。

これに対し、もうひとつの立場は、明確な指導者意識のもとに、上に列挙した難点をひとつひとつ克服しながら、我が国の研究方針にガイドラインを打ち建てることである。それを良く為し得るためには、上に述べたスペシャリストとは全く異質の能力が要求されるのは言うまでもない。

もちろん、このふたつは一概にどちらが良いと言える類のものではない。問題はむしろ、このような認識や議

論が我が国の気象界においてあまりにも少なすぎたことではないだろうか。そしてそれは、決して漠然とした一般論に終わるべきものではなく、たとえば MAP という具体的な研究の場に則して常に考えなければならない事柄のはずである。国際会議の意義とは、そのような成果のチェックを行なうことにある。そのリアクションはそれぞれの立場で敏感に受けとめられなければならない。

## 論壇

### 地方における調査研究を望む

宇田川 和 夫\*

局地的な気象現象の調査研究は、今までも地方の多くの人々の手によって行なわれてきた。筆者も、長年の地方勤務の間に局地気象現象を観察するチャンスに恵まれ、多少なりとも調査に手をつけてきた。それで、貴重な誌面をいただいて、筆者なりの体験と最近の情勢をふまえ、地方における調査研究の考え方について述べてみたいと思う。

#### 1. 地方における調査研究に期待を

気象学が近代科学の一分科として発展した過程は、諸種文献にみられるところであり、諸先輩の活躍の程がしのばれる。また、その学問の発展に、気象学会が大きな役割を果たしてきたことは言うまでもないところである。

気象学研究の歴史的展望については、「天気」1965年1月号に高橋浩一郎博士の詳しい論文が載っている。この論文で、特に目を引いたのは、時代によって論文の数および内容の変化がみられることである。筆者は、古い文献に接する機会に恵まれているので、時おり明治時代の気象集誌を開いてみることもある。これらをいしずえとして、気象学は日進月歩の発展をとげてきた。特に、第2次大戦後の発展はめざましく、高層気象観測網の整備拡充と高速度電子計算機の出現によって、大気の循環

**投稿募集** この欄は気象学ないしその関連分野の学問上の問題や将来展望、学会活動への提案など、会員の建設的意見を自由に発表し合う場です（長さ；400字×10枚以内）。

に関する研究やリチャードソン (L.F. Richardson) の提唱した数値予報の実用化の進展、レーダ観測に基づく降水現象の解明、ロケット等の観測による超高層大気の研究がさかんになるなど、急速な発展をとげた。このような情勢下において、世界における気象学の進歩動向と我が国の研究体制を検討し、方針と施策を確立する必要がでてきたので、日本気象学会は、1964年3月には気象学会長期計画委員会を設け、第1次草案を1964年8月に、第2次草案を同年10月に、第3次草案を1965年2月に作成して、研究体制・研究者養成などについての長期計画を提起した。第3次草案も、その後の経緯によって見直しが行なわれた。この見直し（天気、1977年7月号）の中で、気象庁の国内気象監視 (NWW: National Weather Watch) 計画に関連して触れているが、その中で「地方で行なっている研究は、その地方における諸問題に関係して討議される必要がある」と述べている。

NWW システムの目的は、社会の近代化に伴う要求に対応すべく、時間的・空間的にきめの細かい量的気象予報を提供することにある。局地的量的な予測方式の方法の例として、数値予報の Output を天気翻訳する MOS (Model Output Statistics) 方式（天気、1975年10月号、用語解説）、レーダのネットワークによる方式などが挙げられるが、MOS 方式では、数値予報の initial からの経過時間後の最新の天気現象を利用した修正技術の

\* K. Udagawa, 仙台管区気象台