

第5回国際大気電気会議報告*

(ガルミッシュ・パルテンキルヘン, 1974年9月)

大気電気研究会**

1. Session 1, 2. イオン・エロゾルの基礎と応用.

座長: G.A. Dawson, R. Reiter.

この10年間に大気電気分野の一つの革命が起った.

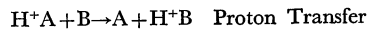
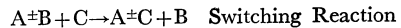
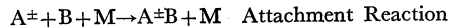
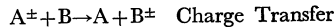
そのきざしはすでに7年前の東京における第4回の会議にもあらわれていたのだが、それ以後も中心は米・仏であって、はなはだ遺憾ながら日本は全くその圏外にあった。皮肉なことに、それはエロゾルのうちでも、もっとも気象に縁が薄いと考えられていた“小イオン”の形成に関する物理化学的研究であった。

小イオンの粒径は 10^{-8} cm の桁である。それはあまりに小さすぎるため、よもや気象に影響を与えるとは考えられず、大気電気固有のアカデミックな興味をひく対象にすぎないとみられていたと思う。近年、質量分析器や移動度分析器を用いた実験室内の諸反応の研究と、ロケット観測の結果、小イオンの化学組成や形成過程がわかってくると同時に、気体分子の粒子化現象が、地球規模の大気汚染のバックグラウンド・エロゾルとの関連においてクローズアップされ、特に超音速機による成層圏汚染問題 (CIAP) では重要な問題点の一つとして認識されるに到ったのである。

今回の会議では、イオン・エロゾルには基礎と応用の二つのセッションがもうけられた。このなかで、もっとも注目すべき論文は Mohren (ニューヨーク州立大) の小イオン形成に関する総合報告 (招待論文) であるので、それに重点をおいて報告したい。

小イオンの形成のはじまりは、良く知られているように、宇宙線等の電離作用による一次イオンの発生である。一次イオンは正または負に帯電した単分子である

が、不安定であって、他の分子と下に記すような種々の反応をつづけて、安定な最終イオンに到達する。それが小イオンである。小イオンはもはや単分子ではない。



反応の系列は幾通りも考えられ、それ等が互に競合するわけであるが、反応の速さによって主たる流れがきまる。小イオン形成の議論とは反応の系列を整理して、最終の生成物を決定することである。したがって、もっとも基礎的で、もっとも大切な仕事は一つ一つの反応の速度定数を決定することであり、最終的には質量分析器によって生成物を確認することである。実際の大気中ではロケット実験によっているが、現在のところでは、質量分析器が使える 50 km 以上に限られている。下層大気中のイオンについては、この結果からの類推の域を出ていない。

まず正イオンから述べよう。この場合の一次イオンは電離した大気組成分子、例えば CO_2^+ などで、これ等からの Charge transfer によって、もっとも重要な二次イオン O_2^+ が生れる。これに中性水分子が反応してオキソニウム・イオン H_3O^+ が生じ、これを核として水分子が何個も水素結合して、安定な分子集合体 $H_3O^+ \cdot (H_2O)_n$ を生ずる。これが正の小イオンである。結合する水分子の数 n は大気中に含有されている水蒸気量と温度とによる。例えば、 $H_2O: 2 \text{ ppm}$, $T=293^{\circ}\text{K}$ では $n=3$ が 80% を占める。

n の値 (ハイドレーションの度合い) が粒子の大きさをきめるわけであるが、電氣的移動度を目安として粒子の大きさを推定してみると、地表付近の大気中の小イオンは上記の例よりかなり大きい。このちがいはもはや水蒸気量によるものではなく、大気中に存在する微量の不純物によるものが推定されている。

負イオンの場合の主たる一次イオンは、自由電子を捕

* Review of Fifth International Conference on Atmospheric Electricity, Garmisch-Partenkirchen, September 1974.

** The Society of Atmospheric Electricity of Japan, 三崎方郎 (気象研究所), 関川俊男 (東京理科大学理学部), 孫野長治 (北海道大学理学部), 内川規一 (気象庁), 小川俊雄 (京都大学理学部), 北川信一郎 (埼玉大学理工学部), 石川晴治 (名古屋大学空電研究所)

えた酸素分子 O_2^- である。実験室で想定される主な反応系別には2通りある。その一つは O_2^- のハイドレーションで $O_2^{2-} \cdot (H_2O)_n$ を生ずる。他の一つは O_2^- と CO_2 の反応で出来る核 CO_4^- のハイドレーションで、 $CO_4^- \cdot (H_2O)_n$ を生ずる。この2種の生成物が最終の負の小イオンであると推定されている。しかし、負イオンの研究は正イオンより遅れており、上述の結果はロケットによる実測の結果と一致しない点が多い。

以上は単純大気 (N_2 , O_2 , CO_2 , H_2O よりなる大気) についての議論であるが、これに不純物が少量でも加わると、上に述べたような気体分子の粒子化現象が著しく促進される。「基礎」のセッションで発表された一般論文の多くは、不純物が存在した場合の小イオン形成に関する議論であった。

このセッションにはその他に、小イオンとエアロゾルの結合に関する研究が二つあった。三体衝突を考慮に入れた Hoppel の新理論は注目されるべきものと思われる。他の一つは帯電粒子の存在比の粒径依存性を論じた児島・関川 (東理大) の実験的研究であった。

「応用」のセッションの主体は大気のエアロゾル汚染に関するものであった。Manes はテル・アビブ地区での8年間にわたるエアロゾル核濃度、大気の混濁度、視程等の観測から汚染の進行が明らかであることを示した。三崎・池上・金沢 (気象研) はエアロゾルの海上拡散に伴う粒径分布の変形を観測によって明らかにし、森田・石川 (名大空電研) は船・航空機によるエアロゾルの時間空間変動の観測結果を論じ、角田・薩谷 (神戸大) はイオン濃度と大気現象、特に汚染との関係を述べた。Morachevsky 等は、工業起源のエアロゾルの異常帯電機構を論じ、スモッグとの関係を述べた。

以上をまとめると、イオン・エアロゾルの部でもっとも関心を集めたのは小イオンの化学であるが、これは米・仏の独壇場で、日本の立ち遅れは大きな問題であろう。反面、地球物理学的研究、特に大気汚染に関するエアロゾルの研究では、本会議関係以外も含めれば日本の各大学・研究機関のポテンシャルの高さは、ミネソタ大、ワイオミング大、ニューヨークステート大等の米国勢と並ぶものといえよう。

(三崎方郎)

2. Session 3. 測器, 較正法, 資料取扱い法の原理と問題点.

座長: L. Saxer.

Session 3 は会期2日目の午前に開かれた。標題は“計測法の理論と問題点・較正法・データの取扱い”。

最初に D.R. Lane-Smith が招待講演として大気電気計測法総論について発表が行なわれた。内容は雷・イオン・電離層観測器の最近の開発についての紹介と将来の展望について説明された。将来の開発については当然であるがコンピューター利用のデータ整理法が述べられている。また、大気電気計測の際には局地的な変動 (例えば人工的な空間電荷の発生にともなう) の計り込みを特に注意している。

最近、大気電気計測に放射性物質を探查子として使用する例が多いが、その測定結果は風速依存性が大きい事を強調している。この問題は古くから論議されている事柄であるが、同氏は詳しい説明を行ったので特記する。風速に対する探查子の見掛上のインピーダンス (放射能による周囲空間の電離気体の逸散による) を計算より求めグラフにして示し、風速に対する探查子の最適の放射能強度を示している。それによると風速 1 m/sec は放射能で $1 \mu Ci$ に対応しており、もし、50 m/sec で飛行する航空機で観測する場合の探查子の放射能強度は 25 mCi が最適であるとしている。

一般講演では S. Mochizuki, T. Sekikawa の大気中のイオン対生成率の連続測定法, K. Itagaki の地ふぶきによる電荷の移動, L.H. Dayaratna, W.C.A. Hutchinson のプレートアンテナへの空地電流の流れ込みについての発表があったが特記すべき論議はなかった。

なお、後半の講演については所用で退席したため、報告できない事をお詫びする。

(関川俊男)

3. Session 4. 雲物理, 非対流雲および降水.

座長: L.H. Ruhnke.

招待講演「Some electrical effects in clouds」で Latham は東京会議以後の雲の電場が降水粒子の物理学的性質におよぼす影響に関する各国の研究結果をレビューした。

すなわち電場が過冷却微水滴の凍結を促進したり、雨滴の落下速度を増大したり、雲粒や氷晶の捕捉係数を増加したり、落下中の雨滴を振動させたり分裂させたり、氷晶の成長を助けることを示唆する多くの研究が報告されているが、それらが実効を表わすにはかなりの電場の強さが必要であり、いかにえれば雷雲が成長してからでなければ効果がない訳であり、期待に反して天然現象ではあまり重要な意義はないとした。

彼はまた非雷性の雲の電気の研究については、ハワイの暖い雲の電気を観測した高橋、Zugspitze で雲中の降水の電気の垂直分布を観測した Reiter および層雲の電位の分布を測った Imyanitov の名をあげ、特に後の二者の研究結果の要約を示して高く評価した。

高橋は、積雲電荷の歴大な観測資料に基づいて降水電荷の時間的変化のモデルを作って、計算した結果、雲粒が蒸発時に正に荷電する機構が雲の電荷分布に最も重要であると結論したが、この研究は非常な反響を呼んだ。

Manchester の Smith は電場が雲粒の捕捉係数を増大させる実験結果を報告し、同じく Saunders は氷晶の付着と電場の関係を示す実験を報告した。またスイスの Aufdermauer は金属に微水粒をぶっつけた場合の電荷発生量を測り、その量は金属の work function で決まることを報告した。

Durham の Hutchinson は氷球が融解する際に生じる正電荷は風速に関係することを指摘し、菊地は石狩平野の観測で得た電場と降雪電荷の奇麗な鏡像関係を紹介し、また降雪が雲粒付の時は正、雲粒のつかない樹枝状の時は負電荷の卓越することを報告した。

(孫野長治)

4. Session 5. 雷雨および驟雨.

座長：A. Aufdermauer

招待講演「An assesment of charging mechanism」で New Mexico の Moore は、Mason や Sartor の静電誘導と降水の repulsion を主とする電荷発生メカニズムに対する反論として、1) New Mexico では最初の電光時の雨量は非常に少なく、雨量と電光発生にほとんど量的な関係はない。2) 電荷の主なキャリアーは降水粒子ではなくて雲粒である、3) Mason 等の計算では荷電粒子の再結合が欠落している、4) 電光発生に必要な電場は彼等の見積りよりも遙かに高い、5) 雲内の乱流の効果が無視されている、6) 暖雨性の雲の電光の存在も無視できないことを挙げた。

上述の理由から Grenet や Vonnegut の主張している Convection theory を支持し、雷雲内の電気発生機構の解明は将来に待つにしても雲内の対流運動の重要性を改めて指摘し、電荷分布も含めて雲内の垂直運動の観測の進展を期待した。

私は Mason 等の仮説の評判の悪さに驚くとともに、雷雲の電気発生機構解明の前途の遠さを改めて思い知らされる感があった。

New Mexico の Rust と Moore は繫留気球を使って雲底下の電場のベクトルを測る器械を作って観測した結果を報告したが、雲底下では地上でみられるような鏡像関係は必ずしも成立せず、降水電流は電場をむしろ弱める方向に流れるようである。

Ryder and Stromberg (英) は航空機を使って逆転層内の E と λ^+ , λ^- の垂直分布を測り、露点と電気伝導度の逆相関および E と λ^+ , λ^- の逆相関を認めた。Fitzgerald は例によって航空機による巨大積雲中の電気パラメータの測定結果を報告した。

招待講演「Precipitation electricity of thunderclouds and showers」で孫野は、昔からの雷雲の電荷分布や対地放電の符号に関する観測結果をレビューして、大局的にみて例外なく雷雲の下半分に負電荷が分布していることを示し、これが説明として霰とか雹のような大きな降水粒子が負に荷電することを示す室内実験が無数に報告されている。しかし天然の霰や雹が負に荷電していたという直接的な観測結果は皆無であり、むしろ正が卓越しているという報告の方が多いことを指摘して注意を喚起した。

英国の Gay *et al.* は、電場中で水滴の落下速度を測り、かなりの電場の影響のあることを認め、その結果を天然の雨滴と雲粒にあてはめて、降水現象が放電を引起す可能性を示唆した。

ナイゼリアの Ette, Aina and Utah は孤立積雲について、地上の電場と点放電を考慮したモデルを作って検討して Küttner の二重電極モデルが最も妥当なようだと述べた。またイスラエルの Levin, Ziv and Scott は誘導仮説に基づいて電場中の降水粒子の成長に関するシュミレーションの結果を報告した。

この Session には Muchnik や Shishkin や Imyanitov 等ソ連の研究者が多数登録されていたが例によって直前にキャンセルしてしまい誰も姿をみせず落胆した。

岸淵と孫野は過冷却微水滴の凍結による荷電現象の実験結果を報告し、資料としての水の性質の重要性を指摘した。

期間中に Sub-Commission: Precipitation and Thunderstorm Electricity の会議があった。雷雲の総合的な観測が必要であるが、そのための研究費が不足していることは満場一致で認められた。研究費獲得の手段として例えば Brook に国際共同観測を提唱することを奨めたが何故か彼は尻込みをして動かなかった。日本独自でやる場合は Chairman の Latham が応援することを約束

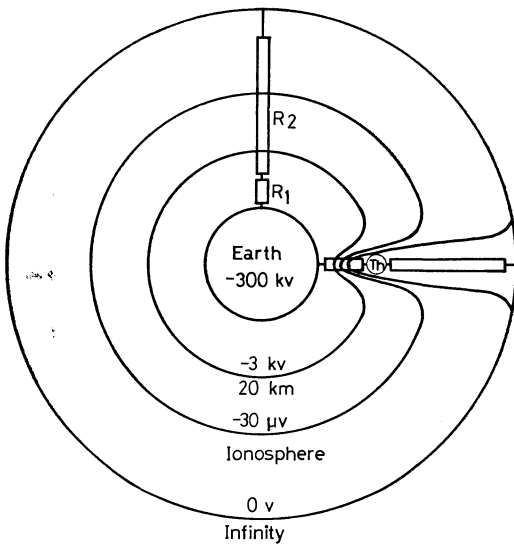
した。

(孫野長治)

5. Session 6. 地球大気電流系と10年計画

座長：B. Vonnegut

この部門におけるハイライトは何といっても Kasemir の論文であろう。彼は地球大気電流系に従来、仮説として用いられていた球形コンデンサーを全く変えてしまった新しいモデルを提案した。その主な点は次の通りである。(a) 電流は電離層で止まらず無限遠まで達する。(b) 零電位は無限遠にあり、地球の電位は約 -300 kV 、電離層は約 $-30\ \mu\text{V}$ の電位を有する。この電流に及ぼす地磁気の影響は無視する。このモデルを図示すると次のようになる。強さが等しく反対符号の二つの電流源は



第1図 Kasemir の考えた新しい地球大気電流回路

雷雲の頂上と地球である。 Th の記号は回路の正の極で地球上の任意の時刻の凡ての雷を示す。垂直の抵抗は晴天域の電流の通る道すじを表わす。回路は無限遠で閉じそこで電位が零になる。雷雲の頂上の電位は 100 MV で、地球は -300 kV である。電気伝導率が 10 km の高さ毎に10倍になるように指数函数的に増大すると仮定すれば、等電位線は図に示すように、 20 km の高さで -3 kV 、電離層の高さで $-30\ \mu\text{V}$ 、無限遠で 0 V になる。注意すべきことは雷雲の頂上付近で、零電位が漏斗雲のようにたれさがり、正極を囲んでいる。この零電位線は雷雲の頂上と地球とをつないだ抵抗を雷雲の頂上の

下で切っていることである。すべての晴天の等電位線は零電位が切った点より下で抵抗を横切っている。

ここに用いられた回路の利点は理論的取扱いの際、電流の計算を二つの部分に分けることができる。その一つは晴天の回路である。地球は -300 kV の電圧を持った電流源で、無限遠は電流を吸収するシンクである。物理的に考えると、電圧零を発電機に負わせることも、電流のアウトプットに関係なく電圧零に保っておくことも意味がない。同様に電離層に駆動電圧をつけておくことも意味がない。電離層はシンクでもソースでもなく他の異った高さの層と何等異なるところがない。

物理の教科書ではポテンシャル関数は次のように定義される。「ポテンシャル関数は無限遠から点 X, Y, Z までそこに存在する電場に抗して正の単位電荷を動かすに必要な仕事として与えられる」。大気電気学では「ポテンシャル関数は地表から点 X, Y, Z まで、そこに存在する電場に抗して正の単位電荷を動かすに必要な仕事として与えられる。地表のポテンシャルは零である」。

彼はこのモデルを用いて二つの異なった電気伝導率層のある晴天電流と、交換層内の伝導率を昼と夜とに分けてその際の晴天電流を論じている。なお地球の電位は雷活動のみによるだけでなく気柱抵抗にもよることを強調している。なお気柱抵抗が場所によって著しく異なることを鹿児島と八丈島の電気ゾンデ観測値を引用して説明している。

Mühleisen は大気電流回路のパラメーターについて論じた。例えば雷の上部から出る電流値はどの位とか、気柱抵抗、電離層電位の値などを説明し、全体として総合報告的な感じがした。

Reiter は大気電気学で電場の強さと電流値をかけた電力密度($W=EI$)なる変数を導入し、これが汎世界的立場から有用であることを述べ、さらに Zugspitze の頂上における電位傾度がソーラーフレアの起日から数日後増大することを見出したが、Kasemir も Mühleisen もこの業績を高く評価して紹介した。

Clayton and Polk は 5 Hz と 25 Hz との間の波を用い電光の絶対強度の測定を行ない、電気モーメント 60 C-km を用いて、毎秒 $42\sim 608$ の放電があることを示した。Markson は飛行機による電位傾度測定を行ない、大洋上の電離層の変化および交換層内の電氣的構造を論じた。

内川はラジオゾンデまたは飛行機による電位傾度の測定から世界各地の電離層電位の年変化を調べた。また館

野における気柱抵抗と空地電流の年変化を調べた結果、これら二つの要素は反比例していることが分った。以上のことを総合すると、電離層電位の年変化は雷活動だけでなく、地域的な気柱抵抗の変化にもよるらしいことを述べた。Gringel und Mühleisen は観測船メテオールにより大西洋上の空地電流を直接測定し、その値は $1.8 \sim 3.5 \text{ pA/m}^2$ であることを報告した。

高木は太平洋の全域にわたって白鳳丸により電場の観測を行ない、その結果と宇宙線の緯度効果、大気汚染、雷活動等との関連を論じた。Changnon は1901年から70年までの間の世界50の測候所で観測した雷発生頻度の年々変化を調べた。アメリカの中央および南部、日本、南アフリカおよびヨーロッパの一部では70年間の平均値の $10 \sim 30\%$ の減少を示し、他方、太平洋、カナダ、北部ヨーロッパおよびアメリカの南部では増加傾向を示している。これらの違いは自然の気候変動に由来するものか人工的のものなのか問題を提起している。Weiss らは数値モデルを用いて対流セルが交換層の境界面で電場を乱すことを示した。

このほか論文提出のみのものは Kolokolov の雷活動の量的特徴、Verma and Varshneya の電極効果の数学的解析、Perret の晴天電流の対流成分について、Lundquist らの雷雲内の放電に関する統計調査および MacKerras の亜熱帯における電光発生であった。

(内川規一)

6. 大気電気 of 惑星とスペースにおける諸問題

(Atmosphere-Space Coupling, Solar-Terrestrial Effects, Atmospheric Electricity on Other Celestial Bodies.)

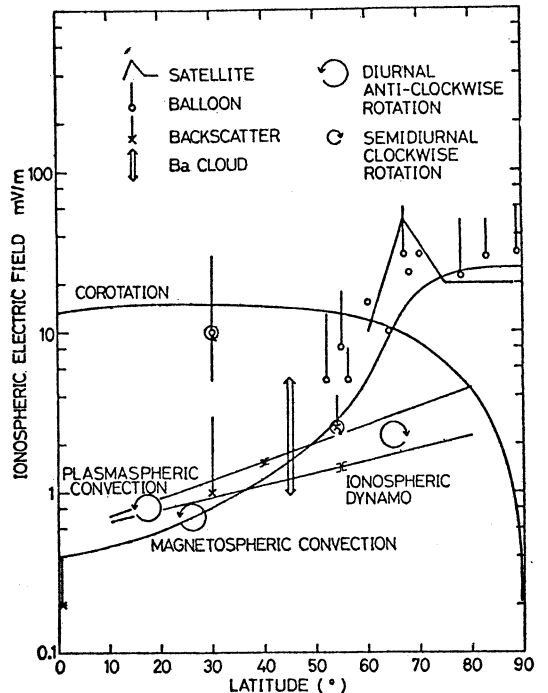
座長：R. Boström

このセッションの問題は大別して (I) 地球を含む惑星の大気中でどのような電場が存在するか (電場系の問題) と、(II) ある場所で発生した電場が Space の他の場所にどのように伝播されるか (Mapping の問題) の2つの問題に分けられる。これらの問題は1968年東京で開催された第4回国際大気電気会議 (The Fourth International Conference on the Universal Aspect of Atmospheric Electricity) の頃から研究され、今回の会議でその大要がはっきりしてきたように思われる。

(I) 電場系の問題

地球大気中にはいくつかの電場系が存在する。世界雷活動に起因すると考えられている大気電場の Global

circuit は電離層電位を地球に対して $180 \sim 400 \text{ kV}$ に保つ (Session 6, Mühleisen)。この電位は強い太陽爆発の $1 \sim 2$ 日後に変動があり、赤道と南ドイツでの同時観測の例として 60 kV の差が観測された。このことから Space の他の電場系が大気電場に影響していることは明らかである。このような電場としてはオーロラ電場系 DP1 ($50 \sim 100 \text{ kV}$)、磁気圏大規模対流電場系 DP2 ($50 \sim 100 \text{ kV}$) などがある。さらに地磁気の静穏日変化をおこす Sq およびLダイナモ電場系 (15 kV) が存在する (Volland)。極地方の地磁気静穏日には極冠で太陽向き、オーロラ帯で逆太陽向きのプラズマ対流をおこす S_q^p 電場系 ($50 \sim 100 \text{ kV}$) が存在する。その他にプラズマ圏大気を地球と共に回転させるいわゆる共回転電場 (90 kV) があるが、このプラズマが共回転からずれる場合には観測にかかる可能性があり、成層圏でのそのような観測例が報告された (Ogawa et al.)。Pierce and Hake は Global circuit の上層導電層が 50 km 付近にあることを論じた。また気球で測定した実際の3次元電場が Ogawa 等と Manka and Mozer によって示された。これらの電場系の緯度分布を示したものが第2図である。



第2図 種々の電場の緯度分布 (Ogawa et al.)

一方地球以外の惑星の大気の電場系が Manka と Eden によって review された。これらの天体の大気と磁場が太陽風とどのような相互作用をもつかという観点から、

(A) 月のようにうすい大気と磁場なしの場合。この場合月の電気伝導度が小さいため太陽風磁場は月を通り抜けて Bow shock を作らないので大規模電場は $\mathbf{E}_{SW} = -\mathbf{V}_{SW} \times \mathbf{B}_{SW}$ だけである。

(B) 火星のように中程度に濃い大気と弱い磁場の場合。太陽風が大気を電離して電離層を作り、太陽風磁場をささげるといった電流を流す。

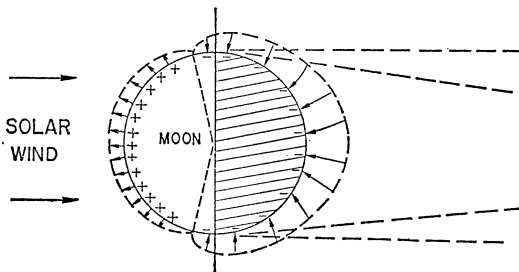
(C) 地球や木星のように濃い対流する大気と強い磁場の場合。電離層、磁気圏ができて種々の電場系が存在する。

に分類され、(A)、(B)、(C) の順に複雑になる。水星の場合は (A) の変形で、水星の内部が導体であるため太陽風磁場の拡散をふせぎ Shock ができる。

月が太陽風の中にあるときには、太陽風プロトン・熱電子の流入 ($I_i + I_e$) と月表面からの光電子と2次電子の流出 ($I_p + I_s$) が平衡を保っていると考えられ、

$$I_i + I_e + I_p + I_s = 0 \quad (1)$$

を解いて月表面の電位分布を求めると第3図のようになり、太陽側で (+) 5~10 V、朝夕のところで (-) 40 V、夜側で (-) の大きい電位となる。これにともなう電場は月表面約 10 m の範囲に存在する (Manka)。



第3図 月の電場系 (Manka)

金星は熱い高圧大気と雲に覆われていて電波放射があることから、金星上では放電が起っている可能性が示唆されている (Eden)。

(II) Mapping の問題

この問題を解く基本方程式はつぎの Maxwell の方程式である。

$$\text{curl } \mathbf{E} = -\mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \quad (2)$$

$$\text{curl } \mathbf{H} = \sigma \mathbf{E} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (3)$$

これらを解くのにつぎの3つの場合がある。

(A)、(2)(3) 式の時間微分が無視できる。

(B)、(2) 式の時間微分は無視できるが、(3) 式ではできない。

(C)、(2)(3) 式とも時間微分を無視できない。

(A)は(B)に含まれる。(B)の場合の解は(3)式の div をとって

$$\text{div} \left(\sigma \mathbf{E} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) = 0 \quad (4)$$

を解く。(2) 式の時間微分が無視できるということは curl \mathbf{E} が \mathbf{E} の他の微分に較べて小さいことを意味するので、

$$\mathbf{E}(x, y, z, t) = -\text{grad } V(x, y, z, t) \quad (5)$$

で表わされるポテンシャル場を仮定できる。電気伝導度 σ が高さのみの関数とすれば(4)式に(5)式を代入して、

$$\Delta V + \frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma}{dz} \frac{dV}{dz} + \frac{\epsilon_0}{\sigma} \frac{\partial}{\partial t} \Delta V = 0 \quad (6)$$

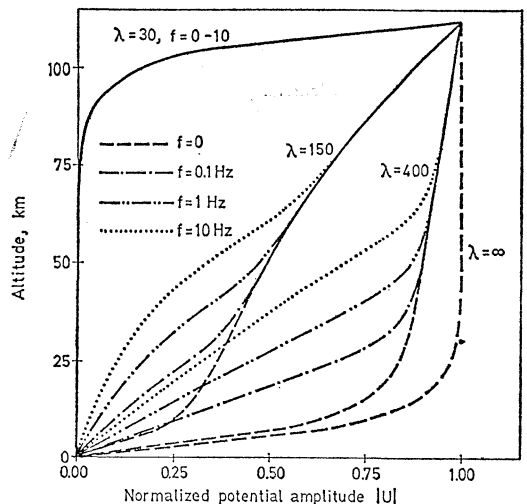
をうる。いま伝播波

$$V(x, y, z, t) = U(z) \exp [j(\omega t - kx)] \quad (7)$$

を仮定すると(6)式は、

$$\frac{d^2 U}{dz^2} + \frac{1}{\sigma_1} \frac{d\sigma_1}{dz} \frac{dU}{dz} = k^2 U \quad (8)$$

となる。ここで $\sigma_1 = \sigma + j\omega\epsilon_0$ である。(8)式から数値解を求めた例が第4図である。これは高度 112 km に



第4図 種々の波長 (λ km) と周波数 (f Hz) をもつ電場が、高度 112 km にある場合の電場の高度分布 (Boström and Fahleson)

(7)式の形の伝播波があった場合の各高度における種々の波長 λ に対する damping を表わしている。水平波長 400 km 以上の擾乱電場は周波数 $f < 1$ Hz のときほとんど減衰せずに気球高度 (30~40 km) まで浸透して行くことがわかる。

(C) の場合の解はここでは省略するが、非等方電気伝導度

$$\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_p & \sigma_H & 0 \\ -\sigma_H & \sigma_p & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{11} \end{pmatrix} \quad (9)$$

をもつ電離層に、

$$\mathbf{E}(x, y, z, t) = [U(z)\hat{x} + V(z)\hat{y} + W(z)\hat{z}] \exp[j(\omega t - kx)] \quad (10)$$

の形の伝播波を仮定して解くことができる (Boström and Fahleson)。

電離層と磁気圏の間の mapping の場合には磁力線に沿う電気伝導度 σ_{11} が大きいことから、磁力線を等電位線として主として磁場の形から mapping を考えることができる。

Park and Dejnakarindra は極地方における磁気圏、電離層、大気圏間の mapping を論じ、また、雷雲の電場が電離層・磁気圏にどう mapping されるかを論じた。典型的な雷雲のモデルを用いて計算すると、100 km の高度で、0.1~0.5 mV/m の水平電場が期待される。

以上 Space 関係の論文の内容を簡単に紹介したが、これらの問題は今夏グルノーブルで開かれる IUGG 総会での次の題名のシンポジウムにおいてさらに議論が続けられることになっている。High Atmosphere and Space Problems of Atmospheric Electricity.

(小川俊雄)

7. Session 8 a, 8 b. 雷放電と空電

座長: R.E. Orville, N. Kitagawa

第5回国際大気電気会議の柱の一つ、雷放電と空電に関する研究発表と討論は、Physics of Lightning and Sferics, Part I and II という表題で9月6日(金)の午前、午後2つのSessionで行われた。Session Chairman は午前が Orville (米)、午後が北川であった。Orville は、今回はスイスの Berger と共同で研究発表を行っているが、Salanave (米) と一緒に行った電光の時間分解スペクトラムの詳細・広範な研究で有名な新進の科学者である。

第5回国際会議は Conference Chairman の Reiter

(西独)によって、長い期間をかけ、綿密・周到に準備された点に特色があり、Session Chairman の選定は前年の1973年末にはほぼ終り、1974年に入ると3名の Executive Panel: Koenigsfeld (ベルギー, Chairman of International Commission on Atmospheric Electricity), Dolezalek (米, 同 Secretary), Reiter (Conference Chairman) と各 Session Chairman の4者による文書連絡で口頭発表論文の選定、順位づけが日時をかけて、慎重に進められた。9月1日の参加登録を皮切りに会議が始り、ソ連科学者の不参加等が判明し、実際に口頭で発表されて論文は次の通りであった。

9月6日(金)午前 Session 8 a

a-1. Uman, M.A.

Calculation of the Electric and Magnetic Fields produced by close Lightning (invited)

a-2. Krehbiel, P., Brook, M. & McCrory, R.

Lightning Charge Locating from Electrostatic Field Change Measurements

a-3. Takeuti, T. & Nakano, M.

On Lightning Discharges in Winter Thunderstorm

a-4. Phelps, C.T.

Stepped Leader Initiation via Positive Streamer System Intensification

a-5. Crabb, J.A., Griffiths, R.F. & Latham, J.

The Triggering of Lightning by Corona from Ice Hydrometeors or Colliding Raindrops

a-6. Holmes, C.R., Moore C.B., Rogers, R. & Szymanski, E.

Space-time Relations of Lightning to Rain Growth

a-7. Few, A.A. & Teer, T.L.

Advance in a Decade of Thunder Research

a-8. Orville, R.E. & Berger, K.

Spectroscopic and Electrical Current Measurements of Lightning at the Mt. San Salvatore Observatory, Lugano, Switzerland

9月6日(金)午後 Session 8 b

b-1. Harth, W.

The Propagation of Atmospherics (invited)

b-2. Fischer, H.J., Kosche, H. & Mühleisen, R.

The Fine-Structure of Electric Field Changes Produced by Lightnings

b-3. Krider, E.P.

Measurements of the Electric and Magnetic Fields

Produced by Close Lightning

b-4. Proctor, D.E.

V.H.F. Radio Pictures of Lightning

b-5. Heydt, G., Frisius, J. & Takeuti, T.

Results of the Global VLF-Atmospherics Analyser Network

b-6. Jean, A.G., Crubb, R.N. & Dumas, H.M.

Global Monitoring of Atmospherics

8 a, 8 b いずれの Session も最初の発表は招待論文で、a-1 Uman (米) の報告は、雷放電の Return Stroke による電界、磁界の変化が 20km 以内の近距離で、どのような式であらわされるか、Maxwell の電磁界基本式に立ちもどって解いた彼自身の最近の仕事をまとめたものである。電磁界変化の記録による放電機構の研究に、一本の理論的筋道をつけた点で大変重要な研究成果と考えられる。b-1 Harth (西独) の報告も、新しいパラメータを導入した空電研究の最近の成果を見事にまとめた総合報告であった。

研究発表は、(1) 雷放電機構の解明をめざすもの、(2) 雷放電から雲の構造・電荷を論ずるもの、(3) 世界的な規模による空電観測によって雷雨の分布・移動をとらえたもの、あるいはこれをめざす計画、の3つのグループに大別される。

(1) に属するものでは、b-4 Proctor (南阿連邦) は VHF (250 MHz) の多点同時観測によって、雲中の放電路の空間、時間分布を測定し、b-3 Krider (米) は Uman の理論にもとづく観測を開始した結果を報じ、a-8 Orville (米)-Berger (スイス) はスペクトラム分解と電流・電界変化測定とを同時に行った結果を報告し、b-2 Fischer-Kosche-Mühleisen (西独) は時間分解能のことなる電界変化記録をくみあわせた観測を行っている。また a-4 Phelps (米) は気中放電の室内実験から Stepped Leader を論じることを試みている。

(2) に属するものでは、a-2 Krehbiel-Brook-McCrory (米) は、8 地点の同時観測で、電荷分布測定精度を一段と高め、a-6 Holmes-Moore-Roger-Szymanski (米) は雷雲電荷測定のための小型ロケットを造り上げている。a-3 竹内-中野 (会議での発表は高木) の結果については、疑問が出されたが、季節 (冬)・地域 (北陸) のことなる雷雲にメスを入れた点で着目すべきものがあると思われる。

(3) に属する b-5, b-6 については今後の発展に注目したい。

総じて、今回の発表は 1968 年東京 Conference, 1971 モスクワの IUGG 総会以後の新しい着実な発展を反映したものであったが、1950 年代における Schonland 等の成果のような画期的な発展段階というよりは、今までの研究結果の連続的ななつみかさねという方があたっていると思われる。ただ b-4 Proctor の VHF による新しい観測方式は、放電観測の時間的、空間的精度を飛躍的に高めた点で注目すべきものがあり、今後の発展が期待される。また、Uman の理論にそった電磁界の測定と解析による放電機構の研究の今後の発展も注目に値する。

期待されたソ連科学者の参加がなかったことは残念であったが、発表者以外に Loeb (米), Newman (米), Pierce (米), Horner (英), Scuka (スウェーデン) 等の大家、アフリカ大陸からは Aina, Ette (ナイジェリヤ), Anderson (南阿連邦) が参加し、この2つの Session での討論はまことに国際会議の名にふさわしいものであった。人数は甚だ少なかったが、Stringfellow (英), Few (米) 等気鋭若手科学者の参加があったことも心強い次第であった。

(北川信一郎)

8. 総括および Business Meetings

今回独国 Garmisch-Partenkirchen で開かれた第5回国際大気電気会議は1968年東京で開かれた第4回に続くもので、1974年9月2日から7日までの6日間同市の市営会議場で開かれた。主催は IUGG-IAMAP 所属の ICAE (国際大気電気委員会)、共催は WMO というもので、予算面では独国の Fraunhofer-Society for Applied Research によって支持され、実際の運営は Garmisch-Partenkirchen 所在の Institute for Atmospheric Environmental Research, Fraunhofer-Society の所長 Reiter 博士夫妻外各職員の献身的な努力によって行なわれた。参加国は日本外23カ国、参加者総数196名、極東からの距離を考えると、国際大気電気において占める日本の比重は十分米国につぐものがある。

ICAЕには International Cooperation 外全部で9ヶの Subcommission があり、またこの外1972年5月頃 host 側からの提案で組織された Mid Range Plan Effort (大気電気中期将来計画) を練るための A から G に到る7つの Working Group があって、いずれも今回の国際会議の機会に各 Subcommission, 各 Working Group 毎に会合を持ち、それらに固有の問題を討議し当面必要な結論を出し、全体会議でこれらを承認する手

続きを取る話になっていた。ICAE の Subcommission と Mid Range Plan の Working Group の相違は前者が ICAE の恒久的な分科会であるのに対し、後者は今回の国際会議をめぐり、中期将来計画を樹立してその使命を終るものである所にある。しかし細分化された各専門分科毎の討論の内容は Subcommission と Working Group の間で大同小異であり、何故わざわざ short range の後者を設立したのか、その理由が曖昧な面があった。この点は実際国際会議に臨んで各 Chairman が取った行動を見ても果して然りで、各 chairman 共すべて、これら二つのものを一体と考え、これに対処していたようだ。事実上一体化された Subcommission および Working Group の統合委員会は各専門分科毎に主に夜間や休日を利用して開かれ、日本からの参加者も分担をきめて、それぞれの専門分科の Business Meeting へ出席した。なお今回の会議の主要な部分を占める討論型の学術会議は会期一杯連日昼間の午前、午後にかけて開かれ、これについても日本からの参加者は各自の専門分科に重心をおいて出席、学術研究発表に参加したが、それらの討論に就いては、日本人に共通な英語学力のハンディが目立った。これら各会議の内容については、それぞれの分担に応じて、この「大気電気会議報告」に報告されてあるので、私はそれらのいずれにも属さない項目について報告を書くことにする。この範疇に属するもの一つに Subcommission I (International Cooperation) がある。

(A) Subcommission I の会合

この Subcommission は他の 8 つと同時に 9 月 2 日の夜平行して開かれた。討議された議題の主なもの、次の通りである。

(1) 国際協力推進のための国際 Liaison, 特に各国 National Committee との連絡方法 (Liaison Group の新設),

(2) ICAE の President および Secretary の任期と選出方法,

(3) Ten Years Program (現在進行中) 実施に伴う各種観測資料の集取出版並びに配布の問題 [World Data Center on Atmospheric Electricity (WDC-AE) を受け持つことになっている Main Geophysical Observatory (Leningrad USSR) へ要望を提出すること]

(4) 基本的な大気電気パラメーターの歴史的な原記録が散逸消滅しないように努力すること,

(5) Documentation Center を独国 Tübingen 大学に

設立したという H. J. Fisher からの提案があるので、その実現に努力してもらうことになった。

(6) 国際会議へ提出される議題の National Screening の問題。

(B) ICAE の Business Meeting (非公開)

日本からの正式委員が欠席したので詳細は明らかでない。Dolezalek (ICAE Secretary) から受けた連絡によると、この会合の内容は概ね次の通りである。

(1) ICAE およびその Subcommission の将来組織 [第16回 IUGG 総会 (Grenoble, 1975) の時実施]

(i) ICAE の member を今後 IUGG 総会毎に改選することにする。任期は従って 4 年となる。

(ii) 現行の Subcommission を次のように改組する。

(I) Methods of Measurements, Stations, Units, Terminology and Standards

(II) Global Circuit and Fair-weather Electricity

(III) Planetary and Space Problems of Atmospheric Electricity

(IV) Ions, Aerosols, Radioactivities

(V) Cloud-, Precipitation-, and Thunderstorm Electricity

(VI) Lightning and Sferics

(VII) Application of Atmospheric Electricity Liaison Group (Subcommission とは別)

(2) Mid Range Plan Effort の各 Working Group の残務はそれぞれに対応する Subcommission へ引継がれる。Effort の結論は 1974 年末までにこれを出し分科毎に ICAE へ報告する。

(3) 第16回 IUGG 総会 (Grenoble, 1975) に際して「Upper Atmosphere」に関する IAMAP-IAGA の Joint Symposia を開く。

(4) 大気電気パラメーターに対する超高層諸現象の影響を地球規模で観測 (主に気球による) 計画が ICAE で承認された。これは 1976~1978 に実施する計画で、これを IMS Steering Committee へ申出ることになった。

(5) 1948 年 Beyer (米) により 1948 年頃実施された Thunderstorm Project に続くものとして第 2 次 Thunderstorm Project が全体会議に提案されその承認をえた。今後 Dolezalek (ICAE Secretary) の手で Formulate され国際的な Project としてその実現に各国で努力することになった。

(C) Atmospheric Analyzer Group の特別 meeting Analyzer の Global Net Work の拡充を期すること

になった。現存の Berlin, Bonn (独), Payerne (スイス), Waldorf (米), Tronto (カナダ), 豊川 (日), Argentine の3地点の他に将来インド, オーストラリア, ニュージーランド, アフリカの各地域に観測点を増設すべきであるということが確認された。

(D) Working Group on Atmospheric Electricity (CAS-WMO) の Business Meeting

この議事録は Bojkov (WMO 代表として出席) の手でまとめられる事になっている。(以下私のメモによる)

(i) WDC-AE を正式に Main Geophysical Obser-

vatory (Leningrad) に設立してもらおうようソ連へ要望する。

(ii) WDC-AE と CAS-WG との間の協力関係。

(iii) WDC-AE へ集める観測資料の種, 内容, 質の問題。

(iv) WMO 関係の文書を IAMAP を通じ ICAE へ分布することの可能性。

(V) CAS-WG による Technical Note の作成と, WMO の手による印刷と配布。



土屋 巖著

自然改造の報復——気候と災害

日経新書221, 1975, 新書版, 173頁, 480円

人類は長い間かかって、その生活環境を快的なものに変えてきた。それも初めは太陽エネルギーを利用したり、地球環境をほんの一部手がけることにより、よりよい生活環境を作り出してきた。ところが最近では自然開発という名のもとに、無意識的に環境破壊を続け、今更その恐ろしさに気付いても、なれた快的な生活を維持するためには、急に自然への働きを中止するわけにはいかぬ。

本書はそのような無節操な開発や、今後も予想される開発が、いかに我々の生活環境に重大な影響をもたらすか、また環境に対する自然改造の是非と限界について、主に気候学的な観点から検討し、その影響の恐ろしさについて、生態学的な面からわかり易く論じている。

酸性雨が昭和48年に静岡県で、49年には首都圏でも降っている。エネルギーの使用が都市に集中する結果、市の中心部の気温が上昇し、霧日数が増加し、熱島が形成される。統計的な調査によっても、東京の相対湿度はほとんどと低下し、都市の砂漠化が始まっている。したが

って熱島は冬ばかりでなく、年間を通じて現われ始めている。熱汚染と呼んでいるが、大都市ではじんあいがふえて、その微粒子が日射を反射し、逆転層が強化される。

マクロ的な自然改造の失敗例として、アスワン・ダムの大工事によりナイルの洪水はなくなったが、洪水による自然灌漑がなくなり、しかもダムの貯水が進まず、農作物が全くできなくなった地域が多くなったという。

これに反して、中国の黄河の修復による耕地面積の増大は注目に値する。これは自然改造というよりも、小規模の改造により、自然の姿に戻したものと見えよう。

更に大スケールな気候改造案として、ベーリング海峡にダムを作り、原子力を使って黒潮を北氷洋に送り込むことが、世界的に検討されたことがある。これにより北極圏は温暖化し、北氷洋の氷が溶けるだろうと予想している。

しかしこのような計画をすぐ実行することは極めて危険である。もし予想どおり北極が温暖化したとすれば、世界の水位は約2m高まるし、気圧配置の変化が中緯度地帯にどのような影響を及ぼすだろうか。

またベトナム戦で人工降雨が戦略として使われたときいて慄然とする。

要するに大規模な気候改造をする前に、それが確かに有効であり、危険もなく、不測の事態が発生しないということを確認する必要があると思う。

(丸山栄三)