

第6回国際凝結核会議に出席して*

磯 野 謙 治**

この凝結核会議 (International Conference on Condensation Nuclei) は故 L.W. Pollak 教授が主宰して 1955年に the Dublin Institute for Advanced Studies で第1回の会議が催されて以来隔年欧州で行われて来た。今回から IAMAP の Ad Hoc Commtee for Cloud Physics and Cloud Modification が国際的な主催団体となった。第6回会議の組織委員会の委員長はシェファー (Schaefer) 博士 (New York State University) で、会議は本年 (1966年) 5月9日から13日まで、ニューヨーク州オーバニ (Albany) とペンシルヴァニア州ユニヴァーシティ・パーク (University Park) で行われた。参加者は12ヶ国、80人余で、約50の論文が読まれた。筆者はこの会議の催された前週に行われた昨年のハワイ協同野外実験の検討会に出席するために、藤原美幸、駒林誠の両君と共にニューヨーク経由オーバニ市に5月4日着いた。同市はニューヨーク州の首都で、1641年にオランダ人が開いたハドソン河に沿った静かな町である。ここにニューヨークの州立大学があるが、同大学は拡張中で市のはずれの広大な敷地に大学の新しい高層建築が立ちつゝある。こゝから15マイル北西にラングミュア博士で有名な G.E. の研究所のあるスケネクタディ (Schenectady) がある。

第1日の午前と第3日のセッションはオーバニの Department of Health Building で行われ、第1日の午後のセッションは上記の G.E. の研究所で行われた。この凝結核会議は前にも述べた様に Pollak 教授等によって始められたものであつて、元来エイトケン核、小イオン等の“凝結核”に関する研究が中心であった。近年、これよりも大きな large particles, giant particles,

氷晶核の研究が加えられた。オーバニのセッションは主として前者の意味での“凝結核”に関するもので、その測定方法、測定結果について多くの報告が行われた。測定方法に関しては T.A. Rich (米, G.E.) はエエロゾルを拡散、電場により撰別して粒度別に数を測定する新しい装置について報告した。このほか Daris (英) の濾過装置の捕集効果率に関する実験など測定方法に関する報告が数篇あった。帯電粒子、放射性粒子の行動及びその本性に関しては Siksna (スウェーデン, Upsala), Bricard (仏, Paris), Megaw (英, Harwell) の発表が注目を集めこれ等の人々を中心として活発の議論が行われた。比較的狭い問題についての議論であるため、極めて専門的で、細い点で意見が別れて互に壇上に上ったり、立ち上ったりして討論した。Megaw は自然放射能の decay products はエイトケン核によく付着するから、エイトケン核は放射性物質の carrier として重要であること、また radiolytic reaction によって新しい粒子ができることなどを強調した。Bricard は radon thron の崩壊から生ずる放射性の小イオンの大多数の易動度が期待されるよりも 1/10 程度小さく $0.51, 0.81\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{sec}^{-1}$ にピークをもつこと、これはイオンの cluster ができるためであるとしたが、これに関して反論があり大きな粒子に付着するためではないかとの意見もでた。Lodge (米, Boulder) は塩化物、硫化物のエエロゾルに化学処理をしたときの電子顕微鏡像の変形の模様を写真で示した。Schaefer (米, Albany) はモビル油を用いエエロゾル粒子上の表面活性分子の存在を検出する方法を述べた。

なお、この日の午後、スケネクタディに向う途中、急に雪が降り始め、G.E. 研究所についた時には樹々や道に雪が降り積み冬景色となっていた。G.E. の研究所の見学が予定となっていたが、受付で写真機を預るなど、機密保持が厳重で、廊下の壁にはられた研究成果の説明

* The 6th International Conference on Condensation Nuclei

** K. Isono, 名古屋大学理学部水質科学研究施設
—1967年2月20日受理—

を見ることが出来ただけであつた。

9日の夜はシェファード博士の御宅に招かれた。昔オランダ人の開拓地であつたという草原を見下ろす林の中に建られた質素なお宅で、1階は仕事場となっている。こゝには工作道具や実験材料などで満され、シェファード博士が楽しみながら研究されている様子がしのばれる。部屋の一隅には古いフリーザーが置かれていた。この中で、人工降雨で有名なドライアイス塊による氷晶の形成が発見されたのである。薄いプラスチックの膜でできた球を指先でつまんでフリーザーの中に入れてつぶすと空気が断熱脚脹で冷却し無数の氷晶を生ずる。また、古いモビル油の膜を水の上に張って上述の表面活性に関する実験などをするための簡単な実験装置もこの部屋にあってシェファード博士はその実験をして見せながら、油は古いほど良いなどと、冗談まじりに説明された。新婚の福田矩彦氏夫妻も出席した。

翌10日には、エイトケン核について Weickman (米, Boulder), Preinig (オーストリア), O'Conner (アイルランド)がそれぞれ発表し、Soullage (仏, Puy de Dôme)は欧州各地で行った氷晶核の観測結果について報告した。H. Dessens は氷晶核粒子が、その作用温度以上の気温にある場合にも、ふく射冷却によって温度が低下するために氷晶核として働いて氷晶を生ずることのあることを実験的に示し、また日没後、雲の氷晶化する写真を示し、これは上述の効果によるものであると説明した。

11日の午前8時にバスに乗り、夕刻6時過ぎにユニバーシティ・パークに到着した。こゝはペンシルヴァニア州立大学の町で、こゝでのセッションは同大学の Hosler 教授が主宰した。発表された論文は雲粒の核、氷晶核など主として雲物理学に関するものであった。

Podzimek (チェコ, Prague) は凝結核、氷晶核の雲粒への付着の機構について、Schmann (独, Heideberg) は放射性粒子のエエロゾルへの付着について、Juisto (米, Cornell) は1%程度以下の低過飽和度で働く凝結核に関する測定結果について、Semonin (米, Illinois) は巨大海塩核について報告した。福田矩彦 (米, California) は毛管凝結による未飽和空気中の氷晶形成に関する実験結果の熱力学的説明、伊坂春海 (Puy de Dôme) [Soullage 代読] は氷晶核作用について凝結、凍結、昇華の起る範囲についての熱力学的計算について発表した。これら論文で界面張力 σ_{ik} を用いて論ぜられていたことに関連し、この様な現象論的な議論ではなく分子論的、界面化学的な研究が重要であるという意見が出さ

れ相当激しい論戦があつた。筆者は電子顕微鏡内での沃化銀薄膜上の氷晶の形成及び水飽和以下の氷晶形成の実験について発表した。

Squires (米, Boulder) は都市の燃焼生成物から生じたエエロゾルの測定を行い、これらが凝結核となり雲の形成に影響をあたえることを示した。Dunham (米, G. E.) は電子計算機により Chemical nucleation の計算を行った結果を示した。Gokhale (米, Albany) は水滴中に浮遊した氷晶核の作用に関し報告した。

その他多くの論文が発表されたが、こゝにこれ等全部について述べる余裕がないので、次に大田正次、内田英治、三崎方郎各氏に御願ひ興味ある論文をピックアップして紹介する。なお、この会議に提出された全論文は Puy de Dôme から発行されている Journal de Recherches Atmospheriques の Pollack 記念号として近日発刊される予定であるので、興味をもたれる方はこれを参照して頂きたい。

会議後 Boulder の NCAR で Lodge 博士が主宰して Cloud Nuclei に関するシンポジウムが行われた。こゝで今後、凝結核に関する研究成果の交換について打合せがされ、半年毎に各国の凝結核(氷晶核も含む)に関する論文のアブストラクトを集め Dr. Lodge に送り、こゝでプリントして各国に送ることとなった。従って、「凝結核」に関する論文を出された方は小生宛英文アブストラクト(出来れば COPY 1部)をお送り頂ければ、編集して Dr. Lodge 宛送ります。

今回はブラグとウィーンで1969年に開催の予定です。(以上磯野謙治記)

会議に提出された主な論文の解説

凝結核計数器内の熱力学過程

H. Israel および N. Nix は Pollak の光電式核計数器の中の熱力学的過程について研究した。器内の圧力測定は 2 Torr の分解能で、また応答時間は1ミリ秒、温度測定は $\pm 0.05^\circ\text{C}$ の分解能で、応答時間は3ミリ秒である。特殊なバルブを用いて膨張時間を8秒だけ増した実験もした。

乾燥断熱と湿潤断熱の両者についての実験をした。膨張の際の温度下降は、乾燥空気の場合には計算値の約1/3であつた。このことは以前にも測定されていたが、その理由の説明はなかった。この場合に断熱式が適用できるか否かを研究する必要がある。また温度のゆるい振動が空気中および純粋のアルゴン中で測定され、これは

予期されなかったものである。加熱昇温がはじまって約1秒後に温度は再び下降し、それから再上昇する。この振動の振巾は初期の温度変化の大きさに比例している。この現象については理由はわからない。

湿潤断熱実験では、光の散乱（計器内における）は膨張がはじまってから7ミリセカントの後におこった。この場合初期温度20°Cのとき、0.3°Cだけ降下した。これは1.9%の過飽和に対応する。

光の強さの減衰の進行は、膨張が終わるとすぐに止んだ。すなわち凝結に用いられるべき水蒸気がなくなったのである。この実験から、膨張全過程の過飽和は2%以下にとどまると結論される。このことは凝結核計数器についての従来の議論にしばしば見られる考え方と食違っている。

この研究は今後もつゞける積りで、その対象も他の型の凝結核計数器に拡げたい。

エートケン核濃度の一特性

A. W. Hogan は大都市、小都市、田舎等の色々な環境においてエートケン核の系統的な測定を行ってきた。測定器は G.E. 社製の連続核計数器と G.A. 社製の携帯用核検出器である。両者とも400%の過飽和に相当する膨張を行う型である。

各地とも核濃度は滑らかな日変化を示す。また年間を通じ測定が行われた所では季節変化も見られた。日変化曲数は各地とも似ていて、Sin型で、極大は午後、極小は日出近くである。極大値と極小値の比は場所と異なり、田舎では2、小都市では7の範囲である。

“エートケン核気候”を知るために濃度出現頻度を用いる。積算頻度分布曲線は各地とも対数正規分布に非常に近い。傾斜とメデアンは場所と季節による特長を示す。頻度分布のこのような性質は、このような方法が核気候を示す有力な方法であることを語っている。この方法は場所によって2桁又は3桁の違いのある核の変動を上記の2つの数で現わすことができるのが強味である。またこの頻度分布曲線法によれば15日ないし30日の間の僅かの日数の測定でその地方の核気候を代表する値が得られることがわかった。その結果いくつかの地域の核のバックグラウンドの比較が短時間になされ得る。

連続測定器のデータを用いて核の短時間変動の解析を行った。このノイズ=スペクトルは当該地方の核濃度の特性を示すのに非常に有効であり、また普通に核測定を行う場合平均的な値を得るためには何回位測定を行う必要があるかを知るのに役立つ。

雲物理学研究におけるトレーサーとしてのエートケン核について

H.K. Weickmann は対流雲の研究に関連してアリゾナの Flagstaff で行った現地実験の結果を整理した。それによると積雲の内部およびまわりにおけるエートケン核の分布が雲の内外における対流じゆんかんを知るのに役立つことがわかった。今までに得られた観測データでは、統計的な解析を行うのに不十分であるが、この方法は簡単であり、飛行機による測定を行うに必要な時間と経費があれば出来ることである。次にいくつかの結果をのべる。

積雲系の雲底面を飛ぶと、核数が増すのでサーマルの存在が検出できる。その結果、雲がサーマルの根をもっている間は雲の中では核数は雲の外よりもいくらか多いのが普通である。積雲の雲頂を通過してとぶと、外部からの混入空気があるので、雲の中の濃度は雲の外より低い。これは凝結の過程で核が失われるためであろう。

エートケン核の濃度は高さとともに減る。その性質を利用すると積雲のまわりのじゆんかんの研究ができる。とくに雲の外側に沿って存在すると思われる補償帰還流の研究ができる。広い空間に並んだ積雲系の中で、吾々は興味ある現象を測定した。雲系の中で、雲の中と外で行った測定によれば、濃度の差は極めて小さかった。これは同じ気塊の中で雲がランダムに出来たり消えたりしていることを示す。1500フィートだけさらに上昇したところ、雲の型は同じであった。しかし雲のない空間（雲系の外部）に出たら核の濃度は雲系の空間の約1/2に確実に減少した。この観測結果は、帰還流は各個の雲ごとに起っているのではなく、雲系の場とその外部空間といった広いセルに関連し、雲系の場では一般に上昇流、外部空間では一般に下降流があることを示している。将来このような研究がもっと系統的に立案されたプロジェクトの下に行われることが望ましい。

雲粒にエーロゾル粒子が結合する問題への寄与

相変化の起りつゝある雲粒の表面へエーロゾル粒子が結合する問題については、拡散泳動現象、熱泳動現象およびステファンの流れの影響に最近大きな関心が払われてきた。しかし実際のところ結合に関する水蒸気傾度の大きな影響についてはまだ確かめられていない。J. Podzimek は理論と実験のむじゆんを説明するためにまず理論研究の結果を復習し、ある結論を得た。それは適正な実験を行うのに重要な導きとなる。

決定的な役割を演ずるのは媒質の気体分子の平均自由

距離 (λ) に対するエロゾル粒子の大きさ (d) である。水蒸気分子の平均自由距離よりも十分に小さいエロゾル粒子については、それが揮発性であるか否かは問題にならない。すなわちそれがあってもなくても水蒸気分子の速度分布にはほとんど影響を及ぼさないのである。この場合の評価には Derjagin らによつて得られた関係式を用いることができる。

気象学では分子の平均自由距離よりも十分に大きい粒子も重要である。巨大核やジェネレーターで作られた AgI の大粒子などが該当する。この領域では粒子が揮発性のものであるかないか (又は吸湿性でないか) を区別することが必要と思われる。最初の場合については Derjagin らの得た式は2粒子間の拡散泳動の過程を説明する。第2の場合については Jalamov と Derjagin の得た関係式はかなり複雑であるが、適用条件を限定すると、簡単な形になる。

本論文は雲粒の表面への凝結核および氷晶核の結合に関して熱泳動、拡散泳動、ステファンの流およびブラウン運動の影響を評価する。ただし $d \gg \lambda$, $d \ll \lambda$ の場合である。各過程の寄與の度合は核の大きさ、物理化学的性質、雲粒または氷晶表面上の温度傾度と水蒸気傾度に関係する。わずかの過飽和状態では、はじめの3の過程はブラウン運動に比べて無視できるようである。以前の論文で筆者は、ある条件ではステファンの流れが結合に大きく寄與することに注意を喚起した。

これらの結論は湿度および温度傾度の評価について電気分解容器の中のモデルの測定を行つた場合についても確かめられた。またエロゾル粒子の中間飽和の大きさ ($d \approx \lambda$) についても、いくらかの結果が得られた。

加熱金属線による凝結核生成

加熱線による凝結核の生成は1875年に Coulier によつて報告されたのが最初であった。以来多くの研究者がその核の性質を研究してきた。またエロゾルの振舞についての研究に際して核の発生源として利用してきた。T.C. O'Connor および A.F. Roddy は分子原子からのサブミクロンの粒子の生成に重点をおいて研究した。主要点は発生した核が線自身の物質からなるものか、線の表面に付着している不純物からなるものか、または加熱された線によつてまわりの気体に反応がおこつてできたものかと云うことである。

今回の結果は前回の発見を確認した。前回の発見と云うのは、核の生成には2つの型がある。すなわち比較的低温でおこる“一時的な”型で、これは加熱を続けると

なくなる。もう1つは“永久的な”型で、これはある臨界温度 T_c 以上でおこり、1週間以上たつても減らない。後者の型が本研究の主目的である。

用いた線はニクロム合金、純粋のニッケル、タングステン、白金である。線が一様に加熱されるように、そして空気の流れが調節できるように工夫された。線を通れる電流はある一定値に調節でき、精密な電流計で測かる。線の電圧降下はポテンシオメーターで測かる。線の抵抗を計算し、これから線の温度をきめた。凝結核の濃度 Z は光電式核計数器で測かつた。所要の空気の流量を得るためにポンプ、フィルター、クリップ、タップおよび流量計の標準的な装置を用いた。核計数器が核の測定のため閉ぢられている間も、バイパス装置によつて線のまわりの流量が一定に保たれるように工夫された。

核の生成は線の温度によつて次のように変わった。

1. 加熱電流で線の“一時的な”型の層を除くことができる。この場合生成される全核数および濃度が減つて0になるまでの時間は、温度とともに増大する。
2. フィルターした空気中で数時間線を冷やすと、それを再び加熱したとき“一時的な”核の生成が見られる。
3. 永続的な核発生のはじまる臨界温度 T_c は線の物質の種類、前にどんな処理をしたか、まわりが空気流などによつて変わる。新しい白金、ニッケル、タングステンでは T_c はそれぞれ 320, 410, 650°C である。ただし同じ流量の下である、表面の酸化したニッケルとタングステンでは変動が多く判きりしないが、表面の酸化した白金では 160°C に下がった。
4. 永続的な核の生成は温度とともに急速に増大する。
5. 1本の白金線を1週間の間 900°C に保つたところ、 Z は日毎に変動したが、変動には傾向的なものは見られなかった。

線の抵抗したがつてその温度を一定に保ち、空気流量 Q を変えると、核生成率 $Z \cdot Q$ は Q が減ると増大する。

核の大きさはその拡散係数 D から求めた。 D は直角型または円型のチャネルを通過する核の消失数の測定から計算した。線の温度、そのまわりの流量を変えたときも、拡散容器を通過する流量は一定とし 3l/min. に保つた。核の半径は $1 \sim 3 \times 10^{-7}$ cm の間を変動した。温度が低く、流量の多いときに小さい核が見られた。測定されたときまでの核の寿命時間は 1~10 秒である。このこと

は生成直後には核半径は 1×10^{-7} cm 以下であったのが、核計数器で測定されるまでに併合して成長したことを示す。

核を発生しつゝある白金線のまわりを流れる空気を予めメンブレンフィルターでこすと核は発生しない。このことは核生成物質がフィルターによって取除かれることを示す。

加熱白金線のまわりを流れる空気の相対湿度を 100% から 20% まで変えると、核生成は約 1/3 に減る。線を電場に置いて生成の割合はほとんど変わらなかった。

ある種の少量のガスが核発生に関係あるかどうかを知るため、線のまわりを流れた空気をフィルターし、これを何度もじゅんかんさせてみたが、Z にはほとんど変化はなかった。

核の源は線自身の物質か、空気中の N_2 , O_2 が NO , NO_2 , HNO_2 を作ったものの何れかである。後者をしらべるため、白金線を通過する前と後の空気をザルツマン試薬を入れた吸収容器を通してみた。線の温度が $250^\circ C$ をこすと、 NO_2 濃度が明かに平常値以上に増した。しかし核の重量は 0.02 マイクログラム/ m^3 にすぎないが、 NO_2 の量はこの約 100 倍であった。線の後方に置いたメンブレンフィルターは NO_2 濃度には変化を与えなかったが、核は捕捉した。したがって NO_2 は主として気体状で存在したと思われる。線のまわりの空気の相対湿度を減らすと、 NO_2 生成量ははっきりと減った。

白金線で作られた核の直接の化学分析のため、15日間加熱線上に空気を流した。核はメンブレンフィルターで集めた。3通りのテストで白金の明確な証拠を示した。このことは核が線自身の物質をいくらか含んでいることを示す。 NO_2 の生成が一般に云われているよりも低い温度でできるのは、新しく発生した核の表面の効果的な接しよく反応によるのかも知れない。(以上大田正次記)

海上の凝結核の濃度

J.E. Jiusto は海との核がどの程度 local cloud microphysics に寄与しているかを調べる目的でハワイのヒロの近辺で凝結核の測定を行った。現地の夏の8週間にわたり、Twomey (1959), Weiland (1956) が考案したものと本質において同じような thermal gradient diffusion chamber を次の二ヶ所に設置した。

(1) 内陸部 2 マイルのところにあるハワイ大学のヒロ校庭

(2) 水際より 50m はなれたヒロ湾海岸

ここは貿易風の中にあつて内陸部の核は最小の影響

1967年 4月

しか与えないと考えられる。

航空機上で断熱膨張により 300% の高い飽和で活性化する凝結核を測定した結果、太平洋及び陸上の高さによるエートケン核の濃度変化につきインフォメーションが得られた。diffusion chamber では大体 0.1% 迄も過飽和度を下げうるので、有効な“雲核”についてのインフォメーションをうる事が出来る。データは次のようにまとめられる。

1. 最小自乗法で実験式をつくったところ下の様になった。

$$N = 105 S^{0.63} \quad (2 \text{ マイル内陸部})$$

$$N = 53 S^{0.46} \quad (\text{太平洋の沿岸部})$$

但し、N は単位体積中 (cc) の核濃度

S は過飽和度 ($0.1 < S < 10\%$)

2. ハワイの凝結核濃度はオーストラリアで Twomey が測定したのと似ているが、大陸のアメリカでなされたものより桁数が 1~2 だけ小さい。

その比較を下表に示す。

	S=0.1%	0.3%	1.0%	3%
ヒロ(ハワイ)~2マイル内陸部	(25)*	50	105	210
ヒロ(ハワイ)~海岸部	(18)	(30)	52	90
オーストラリア (Twomey, 1963)	50	65	90	250
バッファロー (N.Y.) (Kocmond, 1965)	490	1150	3400	5300

たゞし *() 外挿値

3. ハワイの0.1~1%の過飽和による核数は雲粒濃度と一致する。

4. 最低値は海岸で微風の吹いている時に起つた。核数が小さい値であるかぎり陸上の源による核は海辺でも雲粒核として有効であると思われる。

5. エートケン核濃度は一般に海上でも陸上でも高さと共に減少するが、貿易風逆転の近辺で大きな増加が起つた。

6. 海上 50~100ft でエートケン核濃度は一般に 200/cc (S=300%) でその時の風は 6~12 ノットであった。推察されるように対応する陸上の表層ではこの濃度はかなり高くまた変動もはげしかった。

大気エアロゾル研究へのレーザーの役割

F.S. Harris の研究によると新しいレーザー源は大気の研究に有力な武器である。レーザーは狭い巾で強い単色光の一定の (coherent な) 光を放出するから他の光源や短波より有利である。又短波長の故にエアロゾル研究に特に有益である。測定は媒質を乱さずにリモートコン

トロールで行なわれる。この放射は数ケの異った機構により生じるが、作動においてはパルス波及び連続波の二種にわかれる。

パルス型としては非常に狭いスペクトルの中でミリセコンドでメガワットの出力をもつレーザーがよく用いられる。このパルス型は数年前よりエーロゾルの研究に用いられ、帰還の強さが帰還時間に対してプロットされる。これはエーロゾルの大きい関数としてその量を示している。だから雲や高層のエーロゾルの分布もそれらが充分の量あれば検知出来る。又エーロゾルの位置の時間変化も観測される。

さらに特別な物質の鉛直分布、雲系の形態学、気温逆転の存在と高さ、及び他の不連続が決定される。短波レーザーの利点は二つの系の比較で用いた時小さな対象物の検知には波長の比できいてくる。レーザーも非常に高くコリメートされ、強く狭いビーム中をもつ。現在の制限はパルスの繰り返し率 (repetition rate) の低さである。他の制限は帰還波からは波を分散する物質はわかっても、粒子の型と粒度分布についての性質は殆どわからぬことである。

連続波レーザーは、たとえば He—Ne のようなものである。現在のものは低い出力であるが、連続性、安定度、狭いスペクトル線という利点をもつ。エーロゾルで分散された光の強度と分極の角分布は粒度分布についてのインフォメーションを与える。数ケの波長を使用すればさらに附加的なこともわかる。分散する粒子の粒度分布の角強度分布から逆転を調べる問題はむずかしい。

光が動く粒子によって分散された時に周波数のドップラー変化を用いる可能性は、大気中で動く粒子の速度をうる手段として着目されている。しかし実際にはこの技術を解決しなければならぬ上に数ケの懸案がある。

Harris はこのようなレーザー利用の技術上の問題を提議した。

海上 700, 1800, 3000m のエーロゾル粒子粒度分布の同時測定

W. Carnuth と R. Reiter の研究の目的は数年間、山の観測所 (かなり鉛直だが水平方向には相対的に少しはなれている) でフォールアウト粒子のウォッシュアウトの研究を行うことにあった。そこで起って来た問題はエーロゾル粒子の粒度スペクトルが 700~1800m 及び 1800~3000m の層でウォッシュアウトによって果して変るか否か又どれ位変るかということである。特に興味あるのは直径 0.2~数 μ の粒度の粒子である。という

のは最も頻繁に起るフォールアウト粒子は直径が 0.3~0.5 μ に起るからである。2 μ 以上の粒子のウォッシュアウト効果は直径と共に増加すると仮定される。直径 0.3~0.5 μ の粒子を捕捉する雲滴の確率について今迄一致したものがなかった。Flahn と Hess は捕捉の過程は直径 0.1 μ の粒子に対して起ると仮定している。Facy は成長しつつある雲粒の近くの水蒸気圧勾配を考慮して同じ結果をえたが、Podzimék の理論計算によると直径 0.1~1 μ の粒子は Stefan 効果によって比較的急速に捕捉されることを示している。エーロゾル粒子の粒度スペクトルは多くの人によって測定されたが、こゝでは3つの異った高度で同時に測定した結果をのべる。この研究は一年間の観測に基いている。

彼らは山の3点に3段カスケードインパクトをセットした。3点とは Z (Zugspitze Peak~平均海拔2964m), W (Wank peak~1780m), G (Garmisch~730m) である。三つの板に附着した粒子は光学的に測定された。板の粒子数と通過気量から粒子濃度 N/cc がえられる。結果はべき法則で示され、

$$dN = CD^{-\bar{\nu}}dD \quad \text{ただし } D \text{ は直径}(\mu).$$

因子については c (cm^{-3}) はある大きい範囲の粒子の濃度の尺度となり、べきの $\bar{\nu}$ は D の粒子の濃度の依存の尺度となる。 c だけが ($\bar{\nu}$ でなく) 粒子密度に依存し 2g/cc と仮定された。最頻直径 $D(\mu)$ は ν を3として3つの板で次のように見出された。

第一板 2.8, 第二板 0.70, 第三板 0.35,

その結果としては

a) (降水のない場合)~好晴 [長い間雲が殆どなく、降水もなく、観測点に霧もない] の時の平均の測定値の示すところによると、 c は系統的に高さと共に減少し ($G \rightarrow W \rightarrow Z$: 5.55 \rightarrow 3.25 \rightarrow 1.20) ν は高さと共にいく分増加 (3.30 \rightarrow 3.56 \rightarrow 3.34) した。フェーン(chinook)の間、同様の気象条件でも異った値を与えた。 c はずっと低く (1.4 \rightarrow 0.7 \rightarrow 0.2) ν は高さによって強く減少した (4.3 \rightarrow 3.9 \rightarrow 2.8)。これらの因子はフェーンの異常な水平の視程に依存しているように見える。Zでは霧(Wでは同じ場合が約50%)の時、谷の観測所Gではいつも雲底の下であるような時の観測より興味ある結果がえられた。これらの観測では c の高さによる依存性がフェーンのない好晴の日にもえられた。一方 ν は高さと共にはつきりと増加した。この結果の重要性は次の結果から明らかである。インパクトに入る前に、雲粒はフィルターに吸収されず蒸発する。そして自由大気中で雲粒に

捕捉されたものは一つの single complex particle としてここに附着する。しかし $Z(w)$ の霧の間の観測では粒子の粒度スペクトルは粗い粒子におきかえられたような結果を示さない(平均 ν は高さと共に減少)。このことから、かなり長期間(1日に数時間)で雲滴は $0.3 \sim 10\mu\phi$ のエーロゾル粒子を殆ど捕捉しないと結論しうる。

b) (降水前, 中, 後の値) [定常的降水] ~ この間, c はかなり減少する。 Z では特につよく降水がつづいていた。低い所ではふつう c の値は降水の後迄保たれた。これからいちじるしいウォッシュアウトがあることがわかった。すべての所で, ν の値は降水中上昇し, 降水前より後に高い値を示した。[にわか雨] c と ν に異った値が出た。 c の値は降水前より降水中に低くなったが, 変動は特に低い所では強くなかった。 Z では ν は常にはっきり増加し, 低い所では増加はあるとしても小さかった。これらをまとめるとわれわれはウォッシュアウトで生じる粒度スペクトルの変化を見出した。しかしこの変化の範囲は高さと共に降水の型にかなり依存することがわかった。(以上内田英治記)

大気中の放射性小イオンの移動度スペクトラム

J. Bricard. は $0.3 \sim 1.1 \text{cm}^2 \text{Volt}^{-1} \text{sec}^{-1}$ の移動度バンドの構造を二種の方法で測定した結果を述べている。

1. Zeleny の同軸イオン計に沈着した放射能の分布に基づく方法。

Zeleny 筒に導入される空気中には, 移動度が K_1, K_2, \dots, K_n で, それぞれの数密度が n_1, n_2, \dots, n_n である n 群のイオンが存在しているとすれば, 内極の単位長あたりに捕集される放射能は, 入口から $X_1 = \frac{\nu_e^2 - \nu_i^2}{4\pi c K_1 U} \cdot V$ までの距離は一樣であって, その点から急減し, $X_2 = \frac{\nu_e^2 - \nu_i^2}{4\pi c K_2 U} \cdot V$ までは再び減った値で一定となる。更に X_2 から又急減し, $X_3 = \frac{\nu_e^2 - \nu_i^2}{4\pi c K_3 U} \cdot V$ まで一定である。ここに, ν_e は外筒の半径, ν_i は内極の半径で, c は単位長あたりの円筒蓄電器の容量, V は気流の速度, U は外筒に対して負に与えられた内極の電位である。

単位長あたりの放射能の第1レベルから第2レベルの減少量は $\Delta A_1 = 4\pi c U \lambda t n_1 K_1$ で第2レベルから第3レベルへの減少量は $\Delta A_2 = 4\pi c U \lambda t n_2 K_2$ となる。したがって, 内極(この場合, 一本の針金を用いている)上の放射能の分布を測れば, イオンの移動度とその数密度を求めうる。もう一つの方法として, 内極である針金を二分し, それぞれの部分の放射能を比較するやり方がある。電圧をいろいろに変えて測定し, 比較を繰返し行った。

この方法は空気力学的擾乱をうけるので, 精密ではない。むしろ定性的な実験とみなすべきである。さりながら, 濾過した空気(すなわち, 大イオンを含んでいない)については, 移動度 $K_1 = 2.1 \text{cm}^2 \text{Volt}^{-1} \text{sec}^{-1}$, $K_2 = 0.81 \text{cm}^2 \text{Volt}^{-1} \text{sec}^{-1}$, $K_3 = 0.51 \text{cm}^2 \text{Volt}^{-1} \text{sec}^{-1}$ をそれぞれ中心とする三種のイオン群があることがわかった。

2. Erickson 型スペクトラム測定

Erickson のスペクトロメーターの集電極板を原子核乾板におきかえる。この乾板の表面は伝導性をもたせるために金属メッキをしておく。イオンはスリットを通してこの測定器中に導入される。イオンの移動度スペクトラムは $f(K) = \frac{\Delta n_K}{\Delta K}$ で表わされ (Δn_K は K と $K + \Delta K$ の間にあるイオンの数) これは原子核乾板上で入口からの距離 X と $X + \Delta X$ の間に見出される放射性イオンの数を Δn_K とするとき, $\frac{\Delta n_K}{\Delta X}$ に対応する。すなわち, $f(K) = \frac{A}{2} \frac{\Delta n_K}{\Delta X}$ と表わされる。ここで A は測定器の寸法と実験条件に関係する常数である。 $\frac{\Delta n_K}{\Delta X}$ は乾板上の顕微鏡の走査で測られるが, 空気力学的擾乱をうけているので, 精度は10%である。ともかく, $\frac{\Delta n_K}{\Delta X}$ から $\frac{\Delta n_K}{\Delta K}$ が求められる。

濾過しない空気について, この方法で調べると, $K_1 = 2.1 \text{cm}^2 \text{Volt}^{-1} \text{sec}^{-1}$ に中心をもつ狭いバンドの外側に, $0.3 \sim 1.1 \text{cm}^2 \text{Volt}^{-1} \text{sec}^{-1}$ にまたがるもう一つのバンドがあり, それは, $K_2 = 0.51$ と $K_3 = 0.81 \text{cm}^2 \text{Volt}^{-1} \text{sec}^{-1}$ に中心をもつ二つの群よりなっており, この二つの間はそれぞれのバンドの裾が重なり合っている。

考 察

a) $K = 2.1 \text{cm}^2 \text{Volt}^{-1} \text{sec}^{-1}$ の狭いバンドをつくっているイオンは拡散係数が $D = 5.5 \text{cm}^2 \text{sec}^{-1}$ であり, Chamberlain and Dyson の測定したものと似ている。Langlevin によると, イオンの移動度は $\left(\frac{M+m}{M}\right)^{\frac{1}{2}}$ に比例する (m は空気分子の質量, M はイオンの質量)。

Bristol グループの測定をもととして比例係数を計算すると, ThB=212 と RaA=218 のイオンは $K = 2.15 \text{cm}^2 \text{Volt}^{-1} \text{sec}^{-1}$ となり, ちょうどこの結果に相当する。

b) 濾過しない空気についてはラドンのイオンの数は全イオン数の4%である。

最初原子イオンが出来, それが二次イオンと変わり, 遂には大イオンまたはエーロゾルと結合するという過程を想定すると, 一次イオンから二次イオンに変わるまでの寿命をその存在比から推定できるが, 一次イオンについて

は0.5秒となる。この0.5秒間におこる事柄は次のように考えられる。すなわち、一次イオンは純粋の原子イオンのままではおられず、多数の他の分子（たとえば水分子）と附着する。ところでそうした分子の分子量は放射性原子のそれよりは遥かに小さいので、イオンの質量は変わらないし、また移動度も、自由原子と仮定して計算した移動度と殆んど変わらないと考えられる。

c) 二次イオンは更に重要であって、これは分子群よ

り成っている。このイオンは放射性イオンの崩壊の際につくられる通常の小イオンにより中和され、電氣的に中性の放射性粒子が生成されると吾々は考える。このことについては最近 Madelaine が注意を喚起したことであつて、その拡散係数は二次イオンのそれと同じオーダーである。こうした中性の放射性粒子が存在するということは、小イオンの発生源に関する一般的な問題を提起するものである。（以上三崎方郎記）

訪中学術代表募金名簿（その6）

平野 透，加藤登志明，村上英雄，中村智雄，門脇関郎
根間玄一，内田浩一，福原賢治，正務延昭，淡山信雄，
高橋一男，山根不二雄

6口 杉井 徹

5口 日下部正雄

3口 野本政行，山本常男

2口 大西正信，吉田史郎，鈴木 斎，妹尾芳幸，菊
田一郎，合田 勲

1口 小林清一，綾 武，佐川昭一，横島 勝，西
坂 勝，成尾 治，中村宗盛，谷口昭亮，岡崎陸郎，中
家真吾，岡田 守，前田栄一，国見勝江，須藤治千賀，
宮本 治，杉野信一，出淵重雄，長久昌弘，木村芳郎，
宇治原弘，山崎五郎，岡木 毅，掛川信良，川谷献一，
大本四郎，大成公道，玉井定直，大西英記，大島正三，
古富周三，栗林逸夫，野本三男，白方常博，矢野林造，
池本史郎，長尾忠雄，高橋武郎，古茂田彰，加藤正弘，
新居田昭，徳永篤彦，仙波公英，堀敏五，住田多三郎，
藤川円次郎，井手一夫，松浦正達，荒井良一，田村 充
江口 武，田中貴一，福原一雄，西田耕一，山根成之，
西田春美，浜岡至，田村寿男，浜田欣弥，北村造男，久
保雅和，西田常道，毛利茂春，清遠成男，手島常美，武
崎幸利，山本大吉，岩崎三雄，森 幸寿，福川忠弘，刈
谷博，横田隆文，出羽春昌，杉本義一，中内 昇，横田
直造，川添良敏，高橋要介，吉本幸寿，島村 稔，植木
栄造，上村 智，金子保夫，西岡 浩，加藤志計，前田
栄造，堀岡欣司，氏原啓文，中田豊弘，源 忠豊，上原
宏，稲垣克己，日比野利彦，河野通信，荒地年衛，永野
信，横田朋子，白井宗吉，宮本善高，長尾勝弘，富善敏
郎，谷 清教，岡昌男，福田幸重，蟻塚清幸，佐野周宜
白方良夫，三好由平，飛田正勝，熊井輝義，萩原武士，
中村 真，永木 清，牧幸雄，藤沢一義，正木博美，福
家茂，中西 盈，工藤良平，田中貞三，菅 修，宮本一

夫，立川務己，出水雅善，藤井久治郎，松岡 隆，三田
延清，土居猛浩，近石幸一郎，柳島量三，西岡正勝，長
谷川隆司，山崎城治，沢本弘志，塩田輝也，亀山一馬，
柴田多喜男，村田常吉，櫛木広行

0.5口 磯崎信哲，山本憲一，掛鯛喜代美，泉 勇，
高尾恵，穴吹年雄，高吉政富，中村和男，中川 章，岡
辰夫，上原康弘，林 寮一

関西地区小計 112,600

〔九州地区〕

3口 柿崎英一，斎藤錬一，山田三郎

2口 鍋島泰夫，森 国広，赤井清康，竹下睦雄，三
浦武重，藤田兼吉，真鍋大覚

1口 尾崎康一，山形英雄，山鹿延，黒木長二，深谷
禎二郎，富高四郎，品川昌平，矢花和一，山本敏夫，有
馬三郎，村田芳幸，岩木準三，黒岩信久，山中正行，堀
田真弥，脇田哲雄，島村克，小畔徳太郎，鹿野 到，今
門宗夫，藤田三男，小島隆義，神代賦信，有馬純吉，中
野正且，美田智史，厚東英次，椎木 基，中島輝之，長
田英二，江田秀敏，浦 照，桑原周二，尾上幸喜，山
本昇，久塚清隆，長友久雄，紫垣円平，岡部成徳，生駒
進，正木史一，上城一市，緒川弘甫，伊藤完三，仲野秀
範，福山富沙哉，森 茂喜，黒木義秋，菊池経武，鈴木
宗徳，松江統，比嘉政雄，竹永一雄，宮元 実，藤元園
夫，渡辺春海，長浜宗政，大迫盛夫，渡辺 勉，泊 秀
吉，中村理祐，内村 進，江田五郎，久保広次，松永
隆，草宮一郎，鈴木文夫，水元是清，小柳一好，中瀬清
久，木場博之，泉幸治，羽月賢四，坂井 泉，日高正美
石井道生，田代正則，畑中幸雄，児玉正利，丸野武人，
本田裕夫，長崎章雄，黒添照雄，四元三千男，田畑七郎
中尾広次，高尾好，伝 忠広，大庭清，広森 章，田原
寿一，植木九州男，斎藤哲志，大磯 純，島本 準，嬉
野吉彦，宮園実康，立原庸知，明戸謙，藤野六雄，伊藤
常夫，城間恒信，永山盛喜，高橋茂，竹本春義，堀浩一
郎，山本 肇

九州地区小計 13,000