

はげとひげ*

(最近の米国の雲物理学の動向)

孫野 長 治**

まえがき

1970年の8月末に「臨海・臨湖降雪に関する日米共同研究」の最終討論会に出席のためニューヨーク州大を訪問の途、「雲核と氷晶核の国際研究集会」と「雲物理学会議」に出る機会をえたので、主として最近の米国の雲物理学の様子を紹介したい。

1. 雲核と氷晶核の研究集会

各国の凝結核や氷晶核の測定装置を一堂にあつめて比較検討しようという試みは、1967年のランヌメゾン^{1),2)}の研究集会につづくものである。1970年はコロラド州大の100周年にあたるので、当大学の Grant と Steele の両博士が準備し、Podzimek 博士が具体的な面の面倒をみた。私は最終日にちょっと顔をだしたに過ぎないが、同大学に留学中で世話役をつとめた大竹博士からいろいろとうわさ話をきいたり資料をいただいたりしたので、それを基にして報告したい。

コロラド州大の飛行場の一角に雲物理学研究のため新しいシミュレーション・ビルが建ち、その一室に各国から50ヶあまりの測定器がセットされた様は、ちょっと壮観であった。2階ぶち抜きの部屋に直径5、6m、高さ10mに近い大きな円塔(Katz博士担当)から様な空気が各装置に太いパイプで分配された。この太いパイプによる標準空気の分配方法はニューヨーク州大の Hogan 博士の考案によるもので、分配方式に関する限り問題は解決された様である。

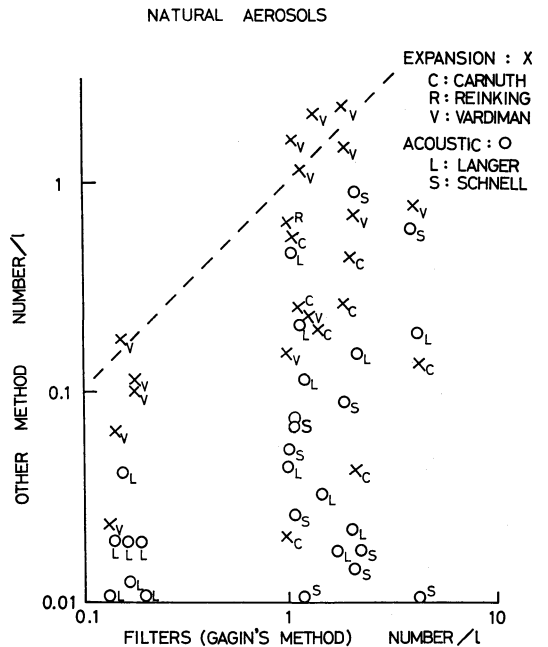
もちよられた氷晶核の測定装置を、氷晶の検出原理で分類すれば、

1. 砂糖溶液法 (大竹, 福田, Vardiman, Carnuth, Reinking)

2. メンブラン・フィルター法 (Gegin, Bigg)
3. 超音波法 (NCAR 法), (Langer, Schnell, Scott)
4. 微水滴凍結法 (Roberton)

氷晶核に湿度が効くことは申すまでもないが、これはランヌメゾンから持越された問題である。過飽和湿度のあたえかたで分類すると

1. 低速混合法, Cloud settling method (大竹, 微水滴を含んだ一定の低温度の空間に測定空気を導入する)
2. 連続混合法 (測定空気をあらかじめ水飽和にして連続的に低温空間に送り込む)



第1図 フィルター法に対する各種装置で測った氷晶核濃度の比較

* Bald heads and beard

** C. Magono 北海道大学理学部
—1970年12月18日受理—

- 3. 膨張法 (Vardiman, Carnuth, Reinking)
- 4. 沈着法 (Gagin, Bigg, 沔紙, 金属面やガラス板に附着した核を低温で氷晶化する)

以上のうちで大竹の Cloud settling 法は気温と湿度が正確にコントロールされ, しかも自然の雲の状態に近いので最も信頼される方法であったが, 操作に手間どるので Gagin の沔紙法 (いわゆる Stevenson 法を便利に改良したもの) が比較の基準とされた。

研究集会にひきつづき開かれた国際雲物理学会議で Bigg 博士が総括したところによれば, 各種測定器の間に 2 桁程度のばらつきがみられた。主な原因は, 与えられる過飽和度の違いにあると思われる。一例を第 1 図に示そう。この時は一様な外気を分配して測ったもので, Gagin の測定値 (横軸) に対して膨張法および超音波法による測定値 (縦軸) を比較したものである。膨張法は × 印で示し, 測定者の氏名の頭文字をつけて区別してある。○印は超音波法で同じく頭文字で測定者を区別してある。

図で一見してわかるように膨張法の Vardiman の測定値だけは Gagin の沔紙法にややよい一致を示しているが, 他の装置で測ったものは同一人でも 1 桁, 装置がちがえば 2 桁ものばらつきが出てしまった。特に○印の超音波法では小さく出る傾向が著しい。これは過飽和湿度の差によるものであろう。こういう結果をみせつけられると, 氷晶核濃度の絶対値というものに対して悲観的にならざるを得ない。

第 2 図は各種測定器による氷晶核濃度を温度ごとに比較したものである。第 1 図で述べたように, 図の各線ごとに 1 桁のばらつきが含まれるが, 沔紙法, 膨張法と Cloud settling 法はやや良い一致を示し, 従来の自然大気中の氷晶核濃度にも近い。超音波法は元来が連続自記を目的とした装置であるから目をつむることにすれば, この程度のばらつきは現状として己むを得ないところであろう。しかし過飽和度の与えかたが予想外に効いているものとすれば, われわれの測定器が天然の雲の氷晶核濃度の絶対値を示しているかどうかとなると甚だ心許ない思いがする。現に $-10 \sim -15^{\circ}\text{C}$ の雲内の氷晶の濃度は核の濃度の 1,000 倍もあるからである。

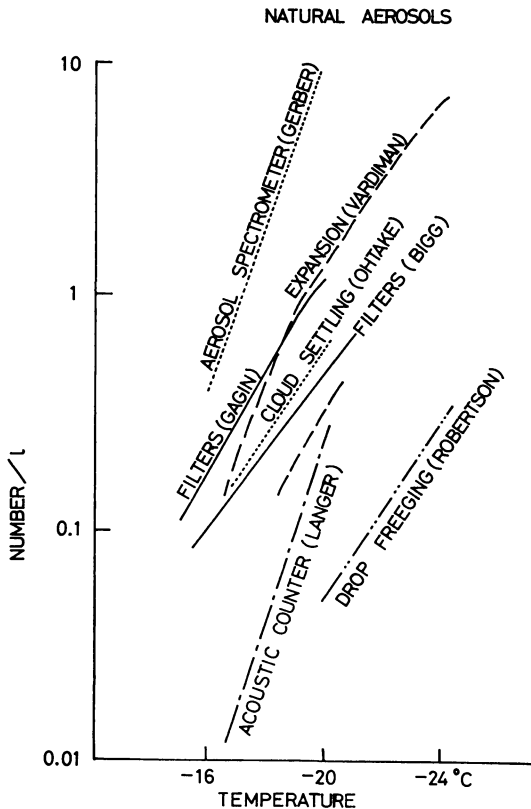
十数年前に大鰐温泉で日本の雲物理グループが氷晶核濃度の比較観測をしたことがある。この時も, 同じ Bigg の砂糖溶液法でありながら各大学の測定値で桁の相違があらわれて議論が紛糾した。結局過飽和度の違いによるものであろう。どれが天然の雲に近いかというところで終わってしまった。国の内外をとわず, 部外者からみたら, 雲物理学者は出直せというところであろう。

凝結核の測定法では新種が出現しなかったようである。既に製品化された測定装置は光の吸収法によるもので, 相互によい一致を示した。

2. 雲物理学会議

研究集会の翌週, 8月24~27日に会場をコロラド州大のキャンパスに移して雲物理学会議が開かれた。この会議は最初は米国気象学会の名前で召集されたが何時の間にか国際会議と称していた。国外からの参加者はカナダを除けば, Bigg, Soulage, Surpoley に私くらのものであった。数年前に濠洲から米国に移った Warburton 博士が責任者として活躍していた。

106ケもの論文が提出されて4日間もつづく, 途中エスケープしたにしても疲労を感じる。セッションごとの論文数をあげておくので大体の傾向を推してほしい。このなかには 1割ほどは, 題目を司会者が紹介するだけに止まったものが含まれる。



第 2 図 各種装置で測った氷晶核濃度の比較

Instruments	: 6	Waterdrops, theoretical	: 8
Nuclei	: 16	Waterdrops, experimental	: 12
Ice	: 25	Microdynamics	: 19
Instruments	: 10	Mesoscale	: 9

ニューヨーク州大の Gokhale 博士は巨大な垂直風洞を使って多数の水滴 (雨滴) を浮遊させ、それが合体したり凍結したりするところを高速度映画で紹介したのが面白かった。また現象をモデル化してコンピューターにかけるといった流儀が大変流行している。ことに南ダコタ鉱工大の Orville 博士等の、地形性積乱雲の二次元モデルで、発生から降水・消滅過程までを計算して駒おとし映画で紹介したのが印象に残る。コンピューター計算法もここまで来たかと思った。私の印象にのこったのは、どうも映画を使ったものばかりで、これは理解の程度に起因するのかも知れない。しかし映画は発表方法としては迫力のあることも事実であろう。

国際学会に出席する楽しみの一つは旧友とあって旧交をあたためるといってもよいであろう。しかし今度の学会では若手ばかりで、Hitchfeld や Neiburger 教授にあらうまでは、ひょっとすると私が最年長者になるのではないかと思った。東京・札幌の国際雲物理学会議で新鋭と目された Hellet, Hobbs や Knight 博士はもう司会者であり、彼等の教育した学生が PHD をとって第1線に活躍する時期となった。若手が意見を求めに近づいてくると、不思議なもので子供よりも孫が可愛いといった感じがした。

十数年前にレーダー気象会議に出た時、米国やカナダ人にははげの多いのに一驚したことを憶えている。恐らく戦後研究室に帰った研究者が多かったためであろう。今度の学会では大学を卒業したばかり、または在学中の学生が殆んどあごひげをたくわえているのに気付いた。どうも恰幅のよくない人ほどひげが好きなようである。

3. 新しい研究グループ

昔は米国の雲物理学の研究グループといえば、シカゴ大、M.I.T. ウズホール海洋研に G.E. くらいのものであったが、最近の拡がりようといったら物凄い。

Mason 研究室出の Hallet や Hobbs 博士がネバタ州大やワシントン州大に散って新しい核となって活躍していることは御承知のとおりである。こんどの会議の会場をうけもったコロラド州大の Grant, Steele 博士等の研究室でも若手が輩出しているが、Steele 博士はネバタ州大に移ったので彼の研究室は分解してしまった。

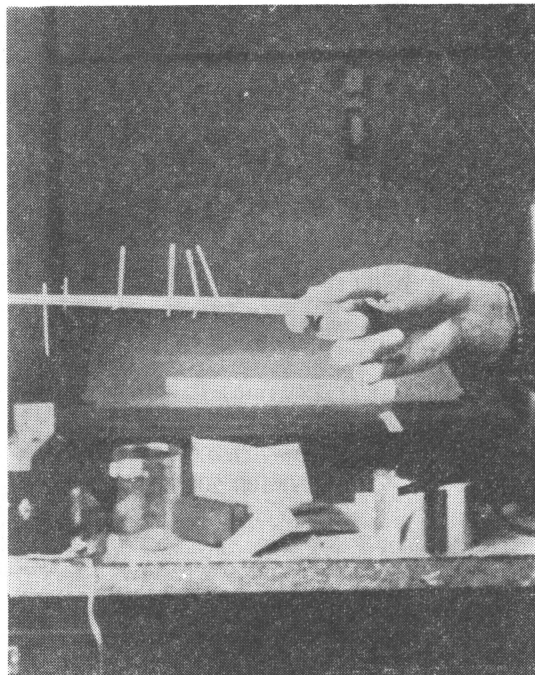
会議のあとでワイオミング州大に招待された。ここで

は Auer, Veal や Vali 博士等が近くのエルク山頂に雲物理観測室を作り、雪の結晶の研究では非常に積極的である。双発の観測機、スノーキャットのほかにスノーモービルを3台も所有して冬季の往復に利用していた。装備の点では、北大の手稲山雲物理観測室が悲願としていたものをあっさり揃えてしまった。

ESSA の Weickmann 博士の研究室で氷晶核と氷晶の関連について討論する機会があった。-40°C で氷晶化する場合は氷晶形に特徴があるというのが彼の主張である。この点については異論はなかったが、討論の途中でもち出してくる資料が20年、30年、前のものが多くて閉口した。ここでも時の流れを感じた。

ニューヨーク州大には Bonnegut, Blanchard, Gokhale や Jiusto 博士、また同大学の大気科学研究センターには Schaefer, Falconer, Hogan や Podzimek 博士等が蟄集している。Bonnegut 博士は有名な電気対流雲のモデル実験のほかに面白い実験をみせてくれた。歯揚子を圧搾空気銃をつかって板に打込むと、第3図のように厚さ1cm くらいの板にささったり貫いたりする。トルネードにでも関係した研究であろうか。

大気科学研究センターでは飛行場の巨大な格納庫を実



第3図 圧搾空気銃でうちこんだ歯揚子が板を貫いた。Bonnegut 博士

験室に転用し、たとえば Gokhale の大きな垂直風洞もある。外気温が -5°C 以下の時に大量の外気を吸込んで実験する由であったが、装置の大きなことと費用のことを気にして聞いてみたら、日本だって金持ではないかと切返してきた。日本人は「研究費が足りないから」という口実は外国では通用しなくなったようである。

アルパニーの北方、自動車で3時間ばかりのホワイトフェース山頂(高度約2万6千呎)に同センターの雲物理学観測塔ができた。夏はピクニック客でにぎわい、冬はスキー場になることは手稲山の観測室にそっくりだが、高度、距離、塔の規模からいって一まわり大きなものと思えばよい。この冬から Falconer 博士が責任者となって観測を始めるそうである。

1970年の冬に Schaeper 博士の一行が降雪の共同観測

に来札した時に気付いたことであるが、大気汚染の問題について非常に真剣である。3人ともガードナー型のエアロゾル測定器を携帯してきて、東京・札幌はおろかニセコ温泉の浴室にまでもちこんで測定していた。

米国の雲物理学研究者の層は非常に厚くなり、若手が多い。なかには如何かと思われるものもあるが、これだけ数がそろえばやはり偉力がある。各自が自由な題目を自由な方法で追及していても、全体として着実に進歩していくことは疑いないことである。

参考文献

- 1) 磯野謙治, 1968: 雲の核の測定に関する集合について, 天気, 15巻, 477-478.
- 2) 孫野長治, 1968: ランスメゾン・トロット, 天気, 15巻, 479-480.

気象総合観測装置と太陽放射エネルギー測定装置

◎ 公害監視用. 地域気象用総合観測装置各種.

アナログレコード方式…………… (LMR-1701)

アナログレコード, デジタルプリント併用方式… (LMR-1750)

6点または12点式記録計の同一記録紙上に, 温度, 湿度, 雨量, 日射積算値, 日照時間, 示差放射量, 風向, 風速, 気圧等の各気象要素を連続記録します。各気象要素毎にユニット化されていますから, 観測目的に応じて自由に組合せができます。

SRP-1462

SRI-527 P

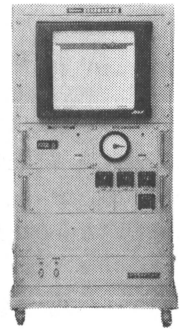
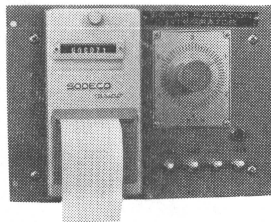
◎ 波長別輻射エネルギー記録装置

◎ 日射積算デジタルプリンター

自然光, 人工光の全天放射エネルギー値 ($\mu\text{w}\cdot\text{cm}^{-2}$) を, モノクロメーターを用い自動分光し, 波長別 (nm) に連続記録測定し, 又特定波長の連続記録もできます。
波長 300~400/400~700/700~900 nm
エネルギー値 0~50/100/200/500/1000
/2500 μw

◎なお, 可視光全天放射エネルギー値携帯測定器スペクトロラジオメーターも製造しております。

SRW-465



時々刻々の日射量を連続的に積分し, その値をデジタル表示し, かつ1時間毎のデータをテープに自動的に印字します。

積算表示・記録 6桁

測定最小単位 0.1 Cal $\cdot\text{cm}^{-2}$

検出器エプリー型またはゴルチンスキー型日射計。

飯尾電機株式会社 東京都渋谷区代々木2-27-18

電話 (03) 370-6241 (代)