

アリゾナ大学の人工降雨国際会議
に出席して

畠 山 久 尙*

会議の目的

1956年4月10日(火)から12日(木)まで米国アリゾナ州ツーソンにあるアリゾナ大学の大気物理研究所が主催して人工降雨国際会議が開かれた。筆者も招待を受けてこの会議に出席することが出来たので、会議の大体の模様を記しておきたい。この会議への招待は最初日本の人工降雨研究連絡会の和達会長あてに来たのであるが、会長はほかの事務の都合で出席出来ないので、この会の幹事役をしている筆者が出席することになったのである。

この会議の正式の名前は Conference on "The Scientific Basis for Weather Modification Studies" だから "天気変形研究の科学的基礎" 会議というような意味である。最初に送って来ていた会議の計画にも強調してあったし、その後論文題目の申込み等で交換した手紙の中でも再び強調されたのであるが、今度の会議は単に単一の雲の中での物理的プロセスの変形を対象とするのではなく、もっと広く大規模な雲の系統の人工変形をも発表や討論の対象とするというのであった。そしてまたこの会議はそういう天気変形研究の "科学的基礎" を取扱おうというのである。それはこういう研究の "経験的基礎" とか "商業的基礎" とかに対照させられる内容である。

主催者の希望はここに集まる研究者が単にその専門の部門での最近の研究結果を発表するだけよりはむしろ、彼が天気変形の研究に対して過去及び現在にどういうことをして来たか、またこれからどういう仕事をしようとしているかを述べて貰いたいというのであった。従来何回か催された雲の物理や凝結核に関する討論会に比べて、最初からこういう旗じるしを掲げたのが今度の会議の特色であった。

会議の出席者

会議の出席者は参加者35名、オブザーバー40名で合計

* 気象研究所

75名であった。参加者というのは講演する論文を提出している人と、各セッションで座長をつとめる人、オブザーバーは単に会合に出席している人を指す。時間の制限から討論に加われるのは参加者のみに限られていた。

アリゾナ大学の大気物理研究所はシカゴ大学が本職の Braham がパートタイムの所長で、Kassander と McDonald の両人がフルタイムの副所長であるが、そのほかにシカゴ大学の Byers はここのサイエンティフィックアドバイザーということになっている。それでこれらの人々が参加したのはもちろんである。シカゴ大学からはそのほかに Petterssen, Battan, それから統計学者の Brownlee 等が参加している。M. I. T. の気象学部長 Houghton, ニューヨーク大学から Spar, ウェザー・ビューローからは局長の Reichelderfer ほかに2名, 空軍の地球物理研究所からは Anderson, そのほか Schaefer, Vonnegut, Mordy 等が参加した。ドイツ人で今アメリカにいる Aufm Kampe と Weickmann も来ている。

アメリカ国外からはロンドンのイムベリアル・カレッジの Mason と Ludlam, フランスのビューイ・ド・ドーム観測所の Dessens, チューリヒの E. T. H. の教授でありスイス国電発生及び除去研究委員長である Sanger, カナダのトロントの気象台の Godson, 今はメキシコ大学にいるユネスコの Fournier d'Albe, オーストラリアのシドニーからは C. S. I. R. O. の Bowen, 中東イスラエルから Neumann, それに日本から筆者が参加した。

これら国外の人の旅費と滞在費はロックフェラー財団が負担したものだそうである。旅費はツーソンまでの飛行機の1等運賃, 滞在費は会議に出席するのに必要な最小限度の日数に対し1日12ドルの範囲内で支給された。それも汽車賃やホテル代は受領書が必要, ただし食事代及びタクシー, リムジン代は受領書不要, チップに対しては支給しないという厳重な注意書があった。飛行機の運賃はツーソンのアメリカン・エアラインズの営業所に前もって払込まれ, 東京のパン・アメリカンの東京営業所で切符を受取るように, という通知がかなり早く届いて, その方は安心であったが, 滞在費の方は会議に出席

して国へ帰ってから、精算書と必要な受領書とをアリゾナ大学に送って払戻して貰う仕組みであった。日本の現在のように為替管理のやかましい状態ではこれではこまるので、東京出発前のある額のドルの前払いをしてほしい旨申送ったのであるが、この申出はすぐに受入れられ、アメリカン・エクスプレスの東京支社にすぐ電報送金が来たのには少々驚いた。

会議の日程

会議は10日からであったからその前日の9日の夕方にツーソンに着くように8日(日)の晩22時に羽田を出発した。9日の朝にウェーク島に着くのであるが、それから日付変更線を通るのでまた8日に戻り8日の晩ホノルルに着陸、9日の午前11時15分ロサンゼルス着、14時にロスを出て、17時にツーソンに着いた(いずれもそれぞれの地方時で示す)。東向きに旅行する場合は昼も夜も時間がつまるのは言うまでもないが、夜は色々なことがあって眠るのはおそくなるのに対し、朝は夜のあけるのが早くなるのにつれて、朝のお茶や朝食が出て来てゆっくりは眠っていられない。結局寝不足になる。だから会議の前日の夕方に目的地に着くなどというのは賢明なやり方ではない。

会議の日程は次のようであった。

4月10日(火) 0930-1200 Morning Session: 座長

Dr. Vincent J. Schaefer.

Greetings to the conference on the scientific basis of weather modification. By Dr. Richard A. Harvill, President, University of Arizona.

H. R. Byers: Historical resume of research relating to weather modification.

S. Petterssen: A brief survey of the artificial cloud nucleation program.

J. Spar: A large-scale experiment in weather modification.

F. Hall: Cloud-seeding potential in middle-latitude cyclones.

H. J. aufm Kampe, J. J. Kelly and H. K. Weickmann: Seeding experiments in supercooled stratus type clouds.

W. A. Mordy: ハワイでの天気変形研究の概要
1330-1730 Afternoon Session: 座長 Dr. Reuben G. Gustavson.

E. G. Bowen: An aircraft seeding operation in the snowy mountains area of Australia and further experiments on silver iodide decay.

E. M. Fournier d'Albe: Some remarks on the planning and evaluation of experiments in cloud seeding with hygroscopic particles.

J. V. Hales, T. E. Hoffer, E. L. Peck and C. K.

Anderson: Cloud seeding evaluation in Utah.
J. Neumann: Artificial stimulation of precipitation, a report on activities in Israel.

F. W. Reichelderfer: Some conclusions from field tests and studies of cloud seeding by the Weather Bureau.

F. W. Decker, R. L. Lincoln and J. A. Day: Weather modification operations should not choke off their own development.

L. J. Battan: Design of the University of Chicago cloud modification experiments.

H. R. Byers: Results of the University of Chicago cloud modification experiments.

1900-2200, Evening Session: 座長 Dr. H. G. Houghton.

W. L. Godson: The statistical combination of results in the evaluation of weather modification projects.

G. W. Brier: An appraisal of some statistical results from weather modification studies.

H. C. S. Thom: An evaluation of a series of orographic cloud seeding operations.

K. A. Brownlee: Statistical tests by the method of a control of the rainmaking hypothesis: Some alternative view points.

J. Neyman: Observational prerequisites to a decisive statistical evaluation of cloud seeding operations.

4月11日(水) 0930-1200 Morning Session: 座長 Dr. F. W. Reichelderfer.

C. E. Anderson: Some remarks on general principles of weather modification.

F. H. Ludlam: Problems of weather modification.

J. E. McDonald: Climatological studies prerequisite to a rational weather modification program.

B. J. Mason: Some fundamental problems in large-scale cloud seeding.

R. R. Braham: Systematic cloud studies as a prerequisite for cloud modification experiments.

A. R. Kassander: Some field studies basic to cloud physics research.

1330-1700 Afternoon Session: 座長 Dr. Paul E. Klopsteg.

R. Sänger: On the structure of ice-forming nuclei.

V. J. Schaefer: Ice crystal nuclei in the free atmosphere.

H. Hatakeyama: The formation of freezing nuclei on a plane and some other developments in the rain-making experiment made in Japan.

C. L. Hosler: Control of ice formation in clouds in order to produce maximum precipitation growth.

A. H. Woodcock: Suggestions for cloud modification research derived from studies of sea salt in the air and in rains.

H. Dessens: From rain stimulation to cumulus stimulation.

4月12日(木) 0900-1200 Morning Session: 座長 Capt. F. A. Berry.

R. M. Cunningham: Humidities and air circulations in and around cumulus clouds.

E. J. Workman: Thermodynamic processes and cloud seeding.

B. Vonnegut and H. O. McMahon: A possible effect of cloud seeding on the efficiency of energy transformation.

H. Weickmann: Stratus cloud seeding in Western Germany, January and February 1956.

B. J. Mason: Microphysical aspects of cloud seeding (Summary paper).

J. Spar: The problem of modification of large scale cloud systems: summary paper.

1315-1530 Afternoon Session: 座長 Mr. Lewis W. Douglas.

E. G. Bowen: Summary talk on cloud seeding and seeding technology.

Max Woodbury: The A. C. W. C. statistical program.

H. G. Houghton: Some impressions at the close of the conference.

L. W. Douglas: Closing remarks.

人工降雨の歴史(バイヤース)

上記の日程を見てもわかるように、一番最初に Byers が、天気変形に関する研究の歴史と現状のレジメをやった。その内容は下記のようなものであった。

アメリカ気象学会で編さんした文献集によれば天気変形に関する科学的文献の最古のものとして1839年の J. P. Espy の有名な "Philosophy of Storms" を挙げている。その中に大火が雨を降らせる可能性を指摘している。火災によっておこされる雨についてすぐれた論文は1938年に "Idöjåras" に Görög と Rovo の2人のハンガリア人の書いたものである。彼らは油の池の火災を経験し、工学的、物理学的、気象学的の要素を十分に考えた計算をして、ある条件の下ではこうして雨を降らせることが実際的であることを指摘したが、不幸にもそれがマジニール語で書かれてあったために多くの人の注意をひかずにいる。

それに引続き大砲、帯電した砂を使う方法や Houghton の霧を消す研究を概観した。1946年11月 Schaefer がマサチューセッツ西部で軽飛行機からドライアイスを使い自然の過冷却雲に人工的変形を起させた実験は、現代の雲変形実験に堅固な物理学的基礎をおいたものである。ここに至るまでの背景として A. Wegener, Bergeron, Findeisen の考察、また Aitken, Köhler ら以後の凝結、昇華、凍結に関する概観をした。

GE 研究所の Langmuir, Schaefer, Vonnegut らの発見の新聞ニュースは1946年おそくから、1947年早々にかけて世界にひろまり、GE Project Cirrus の最初の4半期報告は1947年7月15日付でその暫らく後に発送されたのだが、それまでには気象学やその他の専門の科学者が多勢この問題にとりくみ、また人工降雨業者もあちこちで商売を始めていた。

Project Cirrus の余りに楽観的な結論をあき足りなく思った気象局と空軍とは別のプロジェクトを初めたが、これは何の結果も出なかった。オーストラリアでは、Bowen が実験を初めたが、この方は大分有望な結果を出していた。このようにして現在に至るまで実験と議論が続けられているが、難点は統計の分野にある。高いノイズ・レベルの所から1つの小さいシグナルを見出すようにするむづかしさがあるわけである。

さらに沃化銀の煙の運搬と拡散、沃化銀の煙の性質、自然の昇華核、熱力学的変化について瞥見した後、熱帯の陸上でも海上でも暖かい雨は重要なもので、これを説明する併合説の発展と Woodcock, Mason らによる大凝結核の発見に触れた。

現在アメリカにおいては2つのプログラムが進行しつつある。それは ACN (Artificial Cloud Nucleation) プログラムと、ACWC (Advisory Committee for Weather Control) プログラムである。前者は気象局、陸軍、海軍、空軍の合同のプロジェクトで、(1)温帯低気圧、(2)移動性の大規模雲系、(3)暖かい及び冷たい対流雲系、(4)冷たい層雲等について種まきしてその変形を調べる野外実験である。

もう1つの ACWC は天気制御に関する大統領諮問委員会である。これは1953年末に委員が任命されて発足したものであるが、今年2月に中間報告を出してさらに2年間仕事を延ばすことを大統領に要請している。この委員会ではこれまでの商業種まき実験の結果を広範囲に集めて、これを統計的に取扱って、実験効果の判定をした。そして西海岸の地形性降水では9%ないし17%の降水量の増加があったという結果を出している。

Project Cirrus の飛行実験で実証された雲の変形は、過冷却の層雲に種まきした結果であった。こういう場合には誰も疑を抱けないような肯定的な結果が出る。

同じように必ず肯定的な結果が出ると思われるものは、雲の発達を止めるもので、これは沃化銀によって雲

の中の過冷却の度を減らせば、それだけ雹の発達には都合がわるくなるわけである。スイスの Sanger の委員会ではこの方法で著しい成功を得ていると報じている。

Langmuir はハワイの島で雲に水を種まきすることを初め、Bowen はオーストラリアでこの方法で沢山の実験をした。シカゴ大学のグループもフェルト・リコで水の種まきの最も完全な手順の実験をし肯定的結果を出している。

Fournier d'Albe は大きい食塩の核を大気中にまいて雲を変形させようとしている。

Byers は最後に世界各国における雲物理及びそれに関連した研究をやっている活動の中心をあけてその話を終ったが、その最後に日本人の貢献——中谷の雪の結晶についての仕事、人工降雨研究連絡会の行った研究、多くの研究者の凝結核や氷の結晶の形に関する研究——は大きな賞讃に値いすると述べた。

会議の概観

Byers の総合報告に続いて前記の順序に順って個人研究の発表と討論があったのだが、その一々について紹介することはやめ、3日間の会合を通しての筆者の印象を記しておくことにしたい。

第1に記さねばならないことは種まきの効果判定について白熱した論戦があったことである。ACWC の Thom が合衆国西海岸の山脈で数冬期間に低気圧の通る毎に行われた商業的実験の結果を調べて見ると、9%ないし17%降水量を増したように見えることを報告したが、この評価は出席している純粋統計学者の人達から強い批判をうけた。この種の実験はその実験計画にランドマイゼーションが足りないこと、又解析に使われた統計モデルにある程度の誤差を含んでいることが反対の論拠であった。後者の論点は統計学者でない人達には明瞭でなかったようである。

Thom は ACWC は法令的制限で、最初の実験の科学的デザインが欠けているにも拘わらず、そういうデータを用い、それから統計的情報を求めることが要求されているのだと反論した。彼は彼の監督した解析で肯定的結果の出た地域は、種まきの効果に対する潜勢力の高い所として、一層の研究を示唆するものと考えべきだと主張した。

ACWC がその責任の仕事を果たす上で遭遇した困難は出席者一般によって認識されたが、最近のこの委員会の報告や新聞発表には正しくない所があるという感じが表明された。この論戦は会議のあとにも尾を引き、帰国後も両方の側から代る代る印刷物を送って来ることが数回に及んだ。

過去の種まき実験の効果、影響の評価についてのその他の発表は、次の何れかの分類に入るように見える。

(1) 単一の雲又は雲群等についての小規模の実験では

議論の余地のない肯定的効果が観測されている。

(2) 大規模な実験では誰もが認めるような肯定的結果をまだ得ていない(用いた方法が効果的でなかったか、統計的判定法の感度が低いために)。

種まきの方法については劃期的な研究結果は報告されなかったが、天気変形の将来の発展に対する cautious optimism (注意深い楽天主義)のしるしが沢山あった。またこの10年間に雲と降水の物理がどのように進歩したかがよくわかったことも、そういう発展の可能性を考えさせるものであった。最も意義のある最近の進歩は、雨滴の成長は衝突及び併合によるものが、古典的な氷の結晶過程と同様に重要であることが広く認識された所にある。そして特に層雲の堤を消す実験は、aufm Kampe や Weickmann が報告した仕事を基礎として、完成した事実として受け入れられたように見える。

長く連った山脈をこして強制上昇する幅の広い気流がある時のように、特別な天気状態に限って降水のはっきりした増加を導けそうだという見通しにつき多くの出席者から楽観論が述べられた。そういう条件下では雲はたえず形成されており、また地上発生爐から出る種まき剤(主とした沃化銀)を雲の中に運びこむ強い気流が存在しているからである。

近頃の実験では、地上発生の人工核が雲の高さに達するまでに、光分解劣化や表面変化で非活性化するものの割合が多いのではないかという疑問があったので、出席者の注意は山脈地域での実験結果に集っていた。

Ludlam はスウェーデンの山脈でこれからやろうとしている実験計画について述べた。Bowen は北東オーストラリアの雪の山で、雲の上から飛行機で、ランドマイズした時間間隔で、沃化銀をまく実験を続けているが、それについて報告した。第1年目には降水量が30%も増したという肯定的効果があったが、Bowen はこの段階では統計的意義の足りないことを強調している。

Neumann はイスラエル国で3年前から初めている種まき実験(地上沃化銀発生爐)について報告した。3年間の結果からもっと効果的なデザインを組合せることに努力している。

Braham, Battan 及び Byers は又ほかのランドマイズした種まき実験について報告している。それは飛行機から直径 100 μ 程度の微水滴の多量をまくものである。フェルト・リコで雲の中にこの種まきをやり、その結果をレーダーで見て貿易風雲の中に降水を発生させたという統計的に意義のある結果について報告した。簡単な見積りでも多量の水を雲頂まで運ぶ飛行機代は高くつくからこの方法は経済的な困難を示している。それにも拘わらず最初から統計学者も交えて注意深くデザインされた手順で行った実験で、統計的に明瞭な肯定的効果が示された最初のものとして、すぐれたものである。

現在割合広く使われている沃化銀のアセトン溶液をも

やす発生爐の方法は理想的のものではない事は多くの人の考える所であった。それにも拘わらず過去10年間に発生爐でおこっている変化や、出てゆく煙の本性を調べる注意深い試験は殆どなかった。だから Mason の発生爐から出る粒子の本性を電子線廻折やX線廻折の方法を使って調べた結果を聞くことは興味深いものであった。

Masonは粒子の多くが、これまで考えられたように、氷の結晶に似た立方晶系ではなく、種々雑多なものがまざった晶系が多く、時として立方晶系が卓越することを報告した。Masonはその理由として発生爐の中で沃化銀が銀に還元する結果であろうとした。このことは日本でも沃化銀の方法で試験を初めてすぐに気付かれていたことであるが、発生爐の十分な研究によって、この方面でも著しい進歩の可能性のあることを示すものである。又彼は沃化鉛が沃化銀に匹敵するような効果のあることを示した。

Sänger は硫化銅が沃化銀と同じ位人工氷晶核として有効で、劣化現象は後者よりもずっと小さいことを報告した。

Dessens の報告も興味のあるものだった。彼を指導者とするPuy de Dome グループの室内実験、小規模の層雲実験、発生爐80台を使った大規模実験について報告したが、大規模実験では効果が明瞭でない。また冷却効果を生ずるような液体、例えば propane の散布の見事な実験を映画で見せた。

現在彼が計画している実験として次のような面白いことがある。ベルギー領コンゴの熱帯雨林は6月から乾期に入るのだが、そこで100ヘクタールを焼いて地面を露出させる。7月にはブラウを入れて平らにする。平らな裸地の中心は木炭の薄い層で黒くする。そうすると一方は土の小さい熱伝導度と、他方は林の水の蒸発と熱容量の対照で、裸地の表面ではまわりの森林より20°~30°Cも温度が高くなるのが期待される。Fournier の推算によると裸地の上の空気の過熱によって積雲を発生させるような上昇気流が出来る。この地方の乾期のさかりには積雲がさかんに発生し、時として積乱雲として雲頂は12km位に達し強い雨を伴う。しかし地形に起伏がなく、土壤型が均一であるから、積雲は完全にこんとんたる分布をしている。だから上記のような不連続を作ると、固定した位置に上昇気流の煙突をつくる可能性があり、これが積乱雲に発達すれば、きまった位置に強い雨を降らせる可能性を生ずるというのである。

そのほか現在雲の変形の研究が直進しているもっと細かい問題について多数の論文が発表された。そしてこの会合が雲の変形と雲の物理の研究の現状を評価したいという最初の目的は完全に果たしたように思われる。

会議を聞いての印象(ホートン)

3日間の最後には Houghton が“会議の最後に当って

1956年10月

の2、3の印象”と題してユーモアたっぷりに彼の見解を述べたが、これは又天気変形の問題の現状を理解する1つの助けとなると思われるので、ユーモアは除いて彼の発言の主な点を記しておこう。

私は10年間あるいはそれ以上をオブザーバーとして過して来て、私自身ははっきりした変化に気が付く。そんなに遠くない以前に、この種の主題の会合での問題は“Does it work?”であった。今や諸君は問題がかなり動いて“How well dose it work?”になったことに気付かれたであろう。これは進歩である。また人口降雨の可能を信ずるものと信じないものとを隔てていた溝の幅がせまくなったことに注意する。信ずる者は前には空想的な主張をしていたものだ。今や我々は信ずるものも信じないものもないようなそういう点に達した。この部屋を見渡して最も猛烈な不信者であった人達の多くが、今や嘗ての敵のキャンプに入りこんでいるのを見るのは愉快である。再びこれは進歩であると思う。

ほかのはっきりした変化はまだある。Schaefer, Vonnegut, Langmuir の初期の仕事の間、実験は最初実験室内の冷凍箱の中で行われ、次いで実験は戸外で行われるようになったが、全く同様の方法で、行われ、事柄は比較的簡単なことのように考えられた。今や我々は、すべて変化して事柄は非常に複雑になったことを見出す。前に我々が議論していたのは小さい雲又は大きい雲の一つの小さな断面にすぎなかった。今や問題は全体の大気を取扱うようになって来たことを認める。

雲の物理の最も小さいものを扱う microphysics の分野は実によい形にある。この分野は人をひきつける力をもっていて、他の分野の素養をもった多くの学者が入りこんで来た。この分野にも重要な未解決の問題がある。その一つは自然の氷晶核に関する問題である。この問題の非常に直接的な実のある研究は日本の磯野のものである。彼の雪の核を電子線廻折を利用して調べた研究は、自然の氷の結晶の核に対する直接的な物理的探求の第1歩である。核の問題では人工核をもっと進歩させねばならぬ。このことについては会議中に十分述べられたから、自分はそれに賛成であることをつけ加えておくだけに止める。

我々はまた自然の雲の中での粒度分布につきもっと情報を得なければならぬ。それは自分にとっても十何年前にやったことがあるのだが、その頃と同様現在でもこれをやるのに都合のよい器械を持たない。このようなデータを集めることは、ことに暖かい雨の併合プロセスに関連して本質的なものである。電気的効果がここで役割を果すのは確かだと言う人も多いが、自分は何れとも意見が述べられない。正確な機構はすぐには明かになるまいが、それは確かに注意深い考慮を払うに値する問題である。

降水プロセスについては十分な議論があり、その中で

継続時間が重要であることも指摘されたが、正にその通りである。私はその重要性は、低気圧性降水におけるよりも積雲性降水において一層大きいと思う。MITでその附近を通った低気圧性降水をレーダーで調べた所によると、時間についても空間についても均一な降水というものはない、一般的な降水区域の中に常に小さいエレメントを見分けることが出来る。このエレメントの生涯に着目していると、それは積雲性降水の生涯に似たものである。これはアメリカ北東部で言えることで、他の地域ではちがった関係にあるかも知れない。

アリゾナで、カリブ海で、英国で、そしてオーストラリアで積雲を見ると、それがちがう特性を持っていることを見出す。積雲についてもっと多くの情報を得るならば、すべての積雲の型を包含するような一般化した積雲のモデルをつくり上げることが出来るであろう。

まきすぎは問題ではないと自分は永い間考えて来た。Bowenが多数の凍結核が、ある場所に導入されると自然の撰択作用がおこると言ったのに本質的に賛成する。我々はこのことが凍結核の場合におこっているのを知っている。同じことが凍結核の場合にも成り立つと考えていいのである。

まきすぎに関連しては雹をおさえることについて一言したい。雹は過冷却の水から出来るのだ。雹をおさえるには過冷却の水をおさえねばならぬ。それには2つの方法がある。1つは過冷却の水を凍らせること、他はそれを蒸発させることである。所で凍らせるにはばく大な数の水の核が必要、それで自分の感じでは氷の結晶のちょうど必要にして十分の数だけ種まきして、水滴が形づくられると同じ速さで蒸発させてしまうことで成功するのではないかと思う。

私は先晩の統計評価セッションの座長をつとめた。その時にも言ったように自分は統計については殆ど何も知らない。それで方法論については何も言わない。ただ永い間自分を悩まし続けて来た一つの問題、そしてそれについては誰もふれなかった問題を注意しておきたい。我々の統計学者が使っている雨の資料は簡単な雨量計によって得られるのである。その雨量計がタージェット・エリアあるいはコントロール・エリアに5個か10個も入れれば非常に幸運と感ずるようなものである。地域降水についてこれが与える統計サンプルは果してどういう種類のものであろうか。私は雨量計に入る雨水の量の不確かさを考えねばならぬと思う。

すべての人は統計の感度の不足は一部は問題の本質に帰すべきものと考えていると思う。しかし一部は統計によって我々の知識の欠乏を補って貰いたいという願望から来ているのである。統計は実はそんなに都合のよいものではない。我々はどうしても多数の低気圧の場合の降水量を、ある方法で統計サンプルに組合せるより仕方がない。現在の状態は、我々はバスケットの中にいいも悪

いも一諸くたにした各種のりんごをつめて、少しの疑問をも持たない統計家にそっくり渡していると言えはいいだろう。我々の知識が進めばいいりんごだけ選んで統計家に渡すことが出来るようになるであろう。

残った時間で種まきの大規模効果について2、3申述べよう。今朝の議論では、水の出入は低気圧の発達に重要な役割を果さないということになった。私はこの結論にはそれが置かれた所に関連しては賛成だ。しかし南北方向のエネルギー移動のある部分は水蒸気で運ばれていることを知っている。分離した実体として考えた個々の低気圧の発達は水の出入によってそんなに影響されないかも知れぬ。しかし半球の規模の循環ではもはや真実から遠いものである。

私の考では大規模な天気変形は大気の力学や熱力学のもっと完全な理解が得られないと真実の進歩はないであろう。ちょうど自然の降水プロセスの知識が雲の種まきに導いたように、大規模なプロセスの真の理解が、かようなシステムの変形に対しての方法を示唆するであろう。

最後に天気変動の将来に対して私自身の optimism の感じを述べたい。我々は進むべき長い道程をもつ。しかし大きな進歩がすでに得られているのだ。我々はすべて、同僚とのこの刺戟的な会合を終えて、再び新たにされた熱心さで自分の仕事に戻ってゆく。天気変形だけでなく、気象の全分野は今や進歩の黄金時代に入りつつある。そして我々はその一部分であるということで、すべて非常に幸運である。Thank you!

会議の論文集

この会議の議事録はすでに送って来ている。筆者の知る範囲では人工降雨研究連絡会事務局、気象庁図書室、気象研究所図書室に1部ずつ届いている。表題は“Proceedings of the Conference on the Scientific Basis of Weather Modification Studies”である。

片面謄写版印刷、ほぼA4判、約100枚のもので、最初に会議プログラム、次に出席者名簿、あとは論文である。論文提出者は予め500語以内のアブストラクトを送ることが要求されていたが、それを集めて印刷したものである。1、2の参加者を除いて殆ど全部の人の500語ないし1000語(枚数で1枚ないし2枚)のアブストラクトが集められ、最初のByersの“歴史”と、最後のHoughtonの“印象”はフルの原文が載せられている。Byersのものは8枚、Houghtonのものは5枚である。Byersのものは用意してあった原稿を読み、その原稿が印刷になったのであるが、Houghtonのものは原稿なしでメモ1枚だけで話をしたものを録音テープから後に文章に直して印刷したもので、こういう科学的な講演の場合の話し言葉がわかるという点でも興味深い。