

# 観測と測器に関するシンポジウム (1)

## 主題 現在の観測値について

日時 1957年11月14日

場所 気象庁

観測と測器に関する第1回のシンポジウムは、川畑幸夫氏(後半大田正次氏)司会のもとに行われ、現在得られている観測値について、これを利用する側と、観測する側とからそれぞれ次のような話題が提供された。

- |                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 1. 気象観測における問題点                | 高橋浩一郎 |
| 2. 気象判断に要求される精度について           | 久米庸孝  |
| 3. 数値予報と高層観測                  | 関口理郎  |
| 4. Cloud Physics とレーダー気象からの要求 | 藤原美幸  |
| 5. 主として高層観測運営上の問題点            | 北岡竜海  |
| 6. 地上気象観測の現状と問題点              | 大田正次  |
| 7. これからの気象測器の動向               | 佐貫亦男  |

これらの話題の内容は各講師にお願いして寄稿を受けたのでここに掲載するが、まず全体の概略を述べる。

はじめに、高橋氏から、気象観測における一般論として、観測すべき要素、それに使用する測器と観測の方法、および観測結果の整理の仕方についての問題点が述べられ、同じ気象学の中でもそれぞれの研究分野において必要とする資料には大きな差があるので、これらの要求の調整が重要であることが示された。

つぎに、久米氏によつて、予報者の立場から観測網と観測時間についての一般論と実際の予報に必要な資料の精度が示された。現状ではこれらの資料は十分ではなく、予報の精度を上げるためには、その質の向上が大切であり、新しい測器、例えばレーダーなどを利用して大気構造を知るための観測が必要である点が強調された。

関口氏は、数値予報を行う場合に、観測値に誤差があるとき、それが計算の結果にどのような誤差になつてあらわれるかを具体的に示し、また、日本のゾンデ観測網について、海上の資料が重要であることを数值的に明らかにした。また、局地的な豪雨のような現象を予報するのに必要な資料の基準を与えた。

降水機構研究の立場から藤原氏は、現在の地上の自記紙は集積方法が適当でないため利用が困難なこと、要素によつては器械の動特性がこの研究の目的に合っていないので、自記記録が利用しにくいこと、自記紙の時間軸の不揃いな点などを指摘した。また、記事をとるのに写真を活用し、ゾンデによる研究的観測、レーダー、飛行機などによつて高層観測の質の向上をはかることを要望した。

これまでは、主として資料を利用する側からの意見であるが、北岡氏からは、高層観測を実際に運営する立場からの問題点が述べられた。費用のかかる高層観測では、これまでの気象観測のように現象は何でも記録しておくというのではなく、目的を定めた観測を行うという基本方針が示された。今後の問題としては、海上の資料の取得と、小規模現象の観測が中心となつているが、後者については、まず研究的観測の必要であることが強調された。

ついで大田氏から、現在ルーチンとして気象庁が行つている地上観測の現状についての概説があり、それらに含まれている問題点が指摘された。現状では古くからのやり方でそのまままうけついでいるといった観測が多いので、これらを改めて、目的に合った、能率のよい重点的な観測をする必要があり、各要素の測定精度については、その資料を利用する側からの具体的な提案が要望されていることなどが示された。

最後に佐貫氏から、現状ではいろいろな理由で、新に研究された測器がなかなか使用されないために、研究意欲が沈滞しているが、多少の欠点はあるにしても、新しい測器によつて未知の現象の解明の手がかりが得られるのであるから、各研究者が積極的にこれらを利用してほしいということが強調された。

続いて討論にうつり、資料の利用、臨時観測、研究観測、IGY の資料などの問題が論じられた。

このたびのシンポジウムはこの種の試みとしてははじめてのことであり、問題の範囲も広く、結論的なことには至らなかったが、それぞれの立場の問題点を出し合ったので、相互の立場の理解を深め、次の発展の糸口となることが期待される。(清水逸郎記)

## 気象観測における問題点

高橋浩一郎\*

気象観測における問題点はどこにあるだろうか、これを考察する前提として、気象観測の意義というものについて考えてみよう。

気象学は気象観測にはじまる。気象観測の筋道は (1) どのような要素を (2) どのような測器で (3) どのように観測し (4) どのように整理するかということであろう。そこで、この4つにわけて考察してみたい。

### (1) どのような要素を観測するか

気象学における要素としては、従来は大気力学に重点がおかれ、風、気圧、気温、湿度が中心であった。このほか応用気象の見地から、降水量が加えられ、また航空気象の立場からは、雲、視程がある。しかし、天候のながい変化を考察するためには大気熱学に関する研究が重要であり、それには輻射に関する要素がほしい。たとえば炭酸ガスなど新たに測定する要素として加えたい。また、衛生気象の見地からは化学成分、放射能の測定も重要であろう。また、紫外線、オゾン層などの超高層の観測も望ましい。

### (2) どのような測器を用いるか

気象観測に用いる測器は数十年前とあまりかわらず、非常に保守的であった。これには一応の理由があり、必ずしも欠点のみとはいえない面がある。それは、気象観測の目的が気象状態の現状及び変化をしり、それによって生活態度をきめる手段であるからである。

しかし、保守的態度は反面において欠点でもある。ほかの科学がすすんでいるとき、気象測器のみがおくれてよいはずはない。社会の日日の進歩により、気象条件がますます発展の制限因子になる傾向があり、これには新しい観測を必要とし、これに応じた新しい測器が必要になってくる。超高層の観測機械などその一例である。

ところで、測器として最終的に問題になるのは精度であろう。これにはいろいろの因子が考えられ、主なものをあげてみるとつぎの3つがある。

#### a. 自然誤差 (観測精度の限界)

#### b. 測器の誤差

#### c. 人間の能力による誤差 (労働条件)

自然誤差というのは、測定する要素そのものの中にふくまれている誤差であり、観測精度の限界を示すものである。たとえば風速を考えてみるとよい。風は息をしているので、ふつう10分間の平均値で測定している。しかし、風はベクトル量であるから、風速をスカラー的に平均するか、ベクトル的に平均するか、あるいは風圧をもとにして平均するかによって違った値が出てくる。また、風の息は複雑であり、風速を抽象化した空間的、時間的の平均として定義しようと思うと必然的に不確実性が出てくる。この誤差は必ずしも小さなものではない。そこで、これをなるべく小さくするように測器を作成すべきであり、たとえば温度計など、おくれの少ないものはふつうの気象観測の目的には適しないのである。

つぎの測器の誤差は測定をどの程度におさえるかによってきめるべき性質のものである。もちろん、測器の測定原理、測器作成の技術によっても制限されるが、必要以上に測定精度をあげる必要はない。むしろ測器の誤差を多少ぎせいにしても丈夫にした方がよいこともありうる。

第3番目の労働条件を考えてみよう。最終的には人が読みとるのであるから、人の能力が観測結果にひびくことはいうまでもない。観測しやすい器械にしておけば、操作の誤りも少く、読みとりの誤差も少いであろう。また、面倒な器械では取扱いうる人の数も制限され、こまる場合も多くなる。この点で、ラジオゾンデ記録の自動化などは観測に大きな寄与をしているものといえるであろう。

### (3) どのように観測するか

この問題はさらにわけると観測法、観測網、観測時間の三つに分かれる。観測法は現象の本質によってきまる。また、測器の本質的变化によって、観測法が変わってくる場合がある。たとえば気象用レーダーの発達がその一例である。もとは雷雨予報を行うため、電力会社などの観測を多数集めて、細かい天気図を作ったが、現在ではレーダーによる一点観測で関東地方一帯くらいの範囲が観測されるようになった。

観測網と観測時間は、原理的にはなるべく細かい方が

\* 気象研究所予報研究部

よいが、あまり多すぎると観測資料が多くなり、さばききれなくなる。そこで、現象の空間的、時間的スケールにより、必然的にある標準値がきまってくる。また、観測資料の整理能力、観測した値の価値により変ってくる。たとえば農業などのためには、ふつう一日三回程度の観測でも充分間に合うことが多いが、航空気象などのためには、一時間毎くらいの観測を必要とするようになる。なお、物理気象の研究などの目的には、マイクロな観測、風の息や気温の微小変動の観測も必要になってくる。これらの観測法、観測網、観測時間は、目的によって変ってくる。また、用いた測器も変える必要がある。

#### (4) 観測結果をどのように整理するか

観測結果を整理するには、観測方式及び整理方式の規格化が重要である。また、ある程度保守的精神が望まれる。単位の変更や、観測時刻の変更は、出来る限りさげたい。原理的には問題はなくとも、単位の換算が面倒であり、また観測時間、観測時刻の変更により、資料がつかなくなることもある。たとえば、風速の定義として、20分平均を10分平均にしたため、風速は見かけ上10~20%も増加している。また気候の長期変動を論ずる場合に問題となる。

観測の結果は印刷して公表されることが望ましい。この場合、気候を知るだけの目的ならば、月平均値などだけでも役に立つが、本当に使うためには、平均をとらない、なまの値がのせられることが望ましい。利用者にはいろいろの方面の人がおり、目的によって整理方式が違ふ。平均値ではある目的には適しても、ほかの目的にはそぐわず、またこれを求めることも出来ないからである。

## 気象判断に要求される精度について

久米庸孝\*

気象判断(ふつう予報と呼ぶ)に要求される精度について、極端な一般論と極端な実際論とその他いくつかを述べる。

### 1. 一般論

気象判断ということ、方程式の形で書くと、

$$P=f(x, y, z, t)$$

となる。

いつ( $t$ )、どこで( $x, y, z$ )、何は( $P$ )、どのように( $f$ )、おこるか。あるいは、何々は( $P$ )、いつ( $t$ )、どこで( $x, y, z$ )、どのように( $f$ )、おこるか。あるいは

は、どこで( $x, y, z$ )、何々が( $P$ )、どのように( $f$ )、なるのは、いつか( $t$ )。その他常にでてくる気象予報問題は、皆この方程式の形をとる。

このような方程式を見つけ、これを解けば問題は解決される。こういう方程式は一般には求められないし、もっと厳密に言えばあるかないかも分らない。さらにまた、在るものを見つけてもこれを解くことは容易でない。

そこで気象学では、一般にこの式において、時間を固定する場合、空間を固定する場合、こういう式が一般的に見つからない場合というふうに分けてやってゆく。第一の方法は地理学の方法であり、第二の方法は力学の方法であり、第三の方法は統計学の方法である。

以上三つは、実際には実は分けられない。したがって気象学では、この三つを何とかして統一しよう、統一しようとして歩いてきたし、今後もそうであろう。Synoptical dynamics とか、Dynamical synoptics とか、Statistical 何々とかいふ言葉がしょつ中使われるのはその為であり、どれか一つを強調する場合でも常に他の二つの方法にもとづく処理が含まれている。これは気象学とは限らず地理物理学は一般に皆そうである。

さてこういう方法を適用する場合、時間空間的観測網の網の目や測器の精度は精密であればあるほど、解もまた精密となる。

そうして人類は、その精密さへの要求を無限にもつ。現在もっていない精度も将来は必要となる。要求される気象判断の歴史的経過および他の科学技術の分野(特に医学、経済学、心理学など)における発達過程などを見る時、これは明らかである。

こういう種類の判断を意識して必要とするのは人類だけである。人類は常にその可能性の拡張を自ら要求し、その拡張をもって進歩とし、その拡張を停止したものは落伍者となって滅びた。人類はその可能性を拡張する為に、未来に起り得べき事象をあらかじめ知ろうとし、あるいは未見の空間における事象を居ながらにして知ろうとする。つまり時間空間の世界において自己の座標を判定し、同時に自己以外の座標における事象の分布を把握しようとする。そうしてその判定把握にもとづいて、自己を有利に行動せしめ、さらに進んでは、その事象の分布を自己に有利なように改変しようとする。

人類のこの要求には限界はない。人類がその可能性拡張の道を失った時は、すなわち人類がほろびる時である。人類は滅亡を好まない。何としても生きのびようとする。したがってこのような判断の要求する精密さにも

\* 気象予報課

限界がない。気象判断における時間空間の精度もまたその一端であって、常にこれで十分ということはない。多々ますます弁ずの一語につきる。

## 2. 実際論

気象予報警報に要求される判断の精度は、時間にして10分、距離にして1kmである。これをすこし緩めると、時間にして30分、距離にして10kmである。主要なる気象事故の大部分はこのオーダーの中で起る。

もしこのオーダーで、常に要求を充すことができれば、現状において予報警報は精確ということばを使って差支えない。

われわれの観測網、われわれの観測測器、われわれの気象学はこれを解決することが実際面における当面の目標と言ってよい。たとえば、3時間±30分後に瞬間最大20m/sの突風をとまなう寒冷前線の通過を判定し、2時間以内に泊地を変更せしめ、港内作業員全部を収容する。あるいは同じく3時間±30分後に霧、強驟雨などの来襲を判定し、2時間以内に全航空機に対する処置を終る。あるいは2時間後に発動して、10km以内の霧を30分間完全に消す。あるいはまた、3時間±30分後に、風速20m/sを超えるであろうことを判定し、2時間後に架空線を有する全鉄道の運転を停止する。あるいはまた6時間±30分後に北緯何度東経何度の海面においては、波高5mに成長することを判定し、2時間後に発動して延縄を縮め、あるいは引揚げる。6時間±30分後に洪水波第一波の生成を判定し、2時間後に発動して3時間以内に全住民の避退を終る。あるいは人工的に降水域を海上に移動させて洪水を防ぐ。その他当直予報者が常時神経をすりへらす問題の大部分は30分10kmである。

この目的のためにわれわれは、全球面にわたって、余すところなくすべての現象を把握し、全時間全空間監視を行わなければならない。

## 3. 観測網の現在

国際地点番号表に登録されている測候所の数を概算すると次の通りである。

北半球		南半球	
アジア	2,560	オーストラリア	400
ヨーロッパ	3,200	アフリカ	540
アフリカ	810	アメリカ	720
アメリカ	1,655	諸島	150
諸島	70		
計	8,295	計	1,810

全部で1万余りになる。現在 WMO は、100km に1

点の分布を第一原則としているが、これは雲底およそ1km以上の空模様をあますところなく肉眼で把握し得ることに相当する。地球上に100kmおきに測候所をおくと、およそ10万ほど必要であるが、現在数はその1割でしか、極端に陸上に片寄っている。この片寄りは一応差支えないので、陸上は地形障害が多いから、100kmおきではとうてい役に立たないし、また30分10kmの精度の為にも陸上は数を特に増やさなければならない。しかしそれにしても片寄りがひどすぎて、たとえば地球上の輻射のような大気大循環解析の基礎資料の観測にもこれでは困る。特に南半球は数が少なすぎる。

## 4. 特にレーダーについて

降水域の把握については、レーダーの出現は予報者を欣喜せしめるものであった。たとえば暁頭頂上をおおうものが層雲なのか乱層雲なのか何とも判定し難いような場合、予報者はただ一人屋上やアンテナ塔に上って、降るのか降らないのか考え苦しむ。早暁第一発の予報は農家向けで、降水の判定がもっとも重要である。こういう時レーダーの高角を静に変えてゆけば一ぺんに解決する。また関東一帯北西の季節風で快晴の時、房総沖僅か数哩にして、点々として驟雨が散在するのを居ながらにして判定できる。第一湾内を航泊する船舶の密度がありありと見えるから予警報時に助かる。

ただし現在のレーダー観測の運営方法は、はなはだ不備で予報者を満足せしめていないが、これは技術運営に関する気象庁内部の問題で学会の問題ではないからこの席上では述べない。

## 5. 特に風について

突風の予報には予報者皆頭をかかえている。過去のダインスの自記紙を参照して、突風の判定資料としているが、風の構造をもっと一般的に明らかにできないものか。乱流スペクトルの実用的表現方法はないものであるか。台風の場合など、10分風程の2倍をこえるものが1回か2回ボツンとでる。こういうものは実際には別に実害を起すとは思えないが、瞬間最大風速としてはこれが記録される。これが瞬間最大として記録されるのは当然で、それ自身は問題ないが、何か実害を現わすための乱流度が必要である。各国とも困っていると見えて、毎回 WMO の議題に上り、毎回結論を得られないままになっている。

## 6. 特に波について

これもすべての海上予報者が頭をかかえている。予報部、海洋気象部、各漁業基地気象台測候所皆熱意をもつ

て何とか曲りなりにもやろうとし、また一部は何とかやっている。今のところ実況収集の一語につける。実況が少なくて話にならない。少なくとも風と同じだけ観測し、風と合せて調べなければ、予報はできない。横浜気象台の久保時夫、磯崎一郎両氏が翻訳された“大洋の波の予報”は、予報者を裨益するところ多大であった。予報者のすべてが外国語自由というわけではないから、良い翻訳は大助かりである。

波の観測は難しいから、専門の観測と、漁船の観測と分けるようにしたらどうだろうか。

### 7. 測器について

- イ. 風や波の無線ロボットを必要などころにはできるだけたくさんつけること。なきすぎる。雨量ロボッ

トの方は着々推進しはじめたが、風や波はまだまだである。

- ロ. 各地方中核用として管内各観測所を一目で監視できる速隔指示装置を作ること。

- ハ. もうそろそろロケット監視をはじめたらどうだろうか。人工衛星によるテレビジョン監視は、まだ今のところ日本では手がつかないが、毎日何回か高空から写真をとることならできであろう。今時々新聞社の飛行機に赤外撮影をしてもらっているのは、新聞社側の都合とは言え実に助かる。富士山頂からの目視報告も随分役に立つから、ロケットはなお一層のはずである。

- ニ. 台風偵察飛行 省略

(口絵写真説明)

551.574.2:551.509.66

## 沃化鉛地上発煙による積雲の変形

磯野 謙 治\*

1957年8月に群馬県鹿沢の田代湖において人工降雨用沃化鉛発煙炉の試験を行い、同時に積雲の写真撮影及びセオドライトによる二点観測を行った。この際沃化鉛煙が流れて行ったと考えられる方向(上層風は南西)にあった積雲に氷晶化が起り、著しい変形をしたので、これについて報告する。写真に見られる積雲は8月27日、田代湖の北東約16kmの草津白根山附近上空に発生したものである。この日は、午前中から積雲が発達し、雄大積雲が多く見られたが、いずれも5乃至6kmの高度まで発達した後消失した。当日館野のゾンデ観測の結果を第1図に示してある。高度4.5km及び7kmの附近に安定な層がある。田代湖の気温を同図中に記入し、当日の日中の推定状態曲線を点線で記入した。

8月27日14時30分頃から発煙を開始したが、写真に示した白根山上空の積雲は最初是一个の団塊の雲であったが、15時21分30秒には上部が二つの塔に分れて発達している。(写真(a)参照)その上端は地上(田代湖上1km)、約6km、海面上7kmで、下方の積雲の頂は地上約4.5kmである。両者の頂はゾンデ観測の安定層の高さと一致する。その後、時間の経過と共に、上方の頂が二つに分れた積雲に繊維組織が発達し(6分後b図)その下底から斜め左下方に向かって降水縞の落下しているのがみられる様になり、これに従って、上方の積雲が次

第に消失すると共に、下方の積雲も次第に薄くなり、ついに消失した。(写真c~e参照)

館野のラジオゾンデ観測によれば、上方の積雲の雲頂温度は約 $-10^{\circ}\text{C}$ 、下方の積雲の雲頂温度は約 $+5^{\circ}\text{C}$ と推定される。雲頂温度 $-10^{\circ}\text{C}$ は自然に氷晶化する温度(最高 $-12^{\circ}\text{C}$ 、普通 $-15^{\circ}\text{C}$ ~ $-25^{\circ}\text{C}$ )に比し高かった。また他の方向に見られた発達したどの積雲にもこの様な氷晶化が行われなかった。他の雲に氷晶化が起らず、発煙点の風下のこの写真に示した雲のみ氷晶化が起ったのは沃化鉛の煙が入ったことによるものと考えられる。なお、沃化鉛は $-2^{\circ}\text{C}$ 以下で氷晶核として作用するが、特に $-7^{\circ}\text{C}$ ~ $-8^{\circ}\text{C}$ 以下で作用が著しい。上部の積雲で成長した氷晶が落下する様子は写真b, c, d, eに見られる。この様にして上方の積雲で成長した氷晶が下方の積雲に落下したため、下方の積雲は上方から、氷晶、あるいはこれが溶けた雨滴をseedされたことになって、降水を起し、急速に消滅して行ったものと考えられる。なお写真は30秒間隔で撮影したもので、ここに揚げたものは、その一部である。地上発煙による雲の変形を示した写真は外国にも余り見当たらない様であるので、或いは興味を持たれる方があるかと思って報告したものである。

なお高橋喜彦博士が乗鞍岳で沃化銀の発煙をされた時、浅間山方面の積雲に生じた変化を撮影されたものがあ

\* 東大大学院地球物理学教室—昭和33年6月6日受理—