

## 気象観測への目下の課題\* (特にメソ現象について)

木 村 耕 三\*\*

### 1. はしがき

現在、日本の気象学ないし気象業務に対して、世間から与えられている課題、いわば境界値条件のようなものは何かを、まず考えてみることにする。

このところ、毎年必ず雨による災害が多発している。雨による災害の形態が変わってきたからである。

かつての雨による災害といえば、山間部に降った大雨が川に流れ込んで水位をあげ、堤防が切れて洪水となる形のものが大部分だった。

しかし、現代では、土木技術の進歩により、山間部にはダムがつくられ、河川には立派な堤防ができた。洪水災害はなくなりつつあるかのようである。

ところが、そのダムコントロールの失敗が原因でかえって河川水位を急昇させ、洪水をひきおこしたという例が珍らしくなくなってしまった。

エネルギー危機が叫ばれた折柄、ますます貴重になってゆく水資源を有効に蓄えながら、その能力以上となると予想された時には放水するというコントロールのためには、シノプチック・スケールから見れば狭小なダム集水域に対する面積雨量を、なるべく早く予想しなければならない。

一方、堤防やダムをつくる土木技術の進歩は、自然地形を容易に変えられるようにした。自然が長い年月をかけてもともと抵抗の少ない形にしようとしているものを、人間の便利さへの追求によって、抵抗の大きな地形に変えるのである。当然のように災害がおこる。

その場所は、人間が利用するために変形したところだから、現象と災害とは直接に関連し、洪水災害と比べれば、現象がおこってから災害が発生するまでの時間は短い。しかも、災害がおこるべき地域は、ダムの集水域よりさらに狭いのである。

現象の波長の長さ、それが発生してから消滅するまでの持続時間(寿命)とは比例する。このことは、乱流論の示すところであり、かつ、経験によっても確からしい。

シノプチック・スケール、つまり数十 km 以上もの間隔の観測網によって把握できるような波長の現象は、寿命が1日以上もあるので、明日の状態まで何等かの方法で外挿できる。しかし、具体的な天候状態については、その波長の代表するポテンシャルしか予想できない。つまり、晴れたりくもったり、ところによりわか雨という不安定な状態とは客観的に予想できても、どこにわか雨が降るかまでは予想し得ないのである。

したがって、シノプチック・スケールについての予想で災害発生危険が見込まれても、危険と予想される地域は広く、その地域に対して避難命令を出し交通規制をしたりすれば、経済活動その他において、予報災害ともいべき潜在的な被害を引き起してしまう。社会構造が有機化するほど、そうした被害は増大するので、現在の日本のようなところでは、どうしてもさらにスケールをしばった予想をする必要がある。

しかし、より短かい波長の現象を対象とするためには、より狭い間隔で数多くの観測をくりかえさなければならない。しかも、その寿命は短かいので、予想できる時間間隔は短くならざるを得ない。

孤立した積雲のように波長が数 km の現象は、その寿命が1時間もない。現象があらわれてから観測し予想しても、大衆にそれが伝わるまでに、現象は消滅してしまう。

したがって、10km 以下の波長の現象は、たとえば地域特性を統計的に把握するというような、資料処理に時間的な制約を受けない時限的な調査のためにしか、観測する価値はなく、上に述べた課題に答えるためのものにはなり得ないことになる。

以上の理由から、防災のための情報源としての気象庁としては、研究者の協力を得て、メソスケールと呼ばれる波長数十 km、寿命半日内外の現象(以下メソ現象と略称)を対象に、その性格を把握し、推移に関する物理性についての知識の進歩に、その目標を指向しなければならないことになった。

学問が進歩する順序からいっても、一般の科学の例に従えば、シノプチックの発展のためにも、もう一段小さいスケールの現象についての知識の蓄積が必要である。

\* Current Problems with Meteorological Observation (in Particular of Meso-Scale Phenomena)

\*\* K. Kimura 気象庁観測部

とはいっても、この方面の解析的な事実の収集は、昭和30年代になって始まったといつてよく、Л. Н. ГИТМАН (1969) の論文を紹介した浅井富雄 (1971) が、そのはしがきで述べているように、暗中摸索ともいえる現状にある。

幸い日本には、気象庁の農業気象観測網その他により、地上現象についてはかなりのこの方面の資料が蓄積されている。また気象用レーダのエコースケッチも蓄積されている。しかし、それらはそれぞれの担当官署の資料庫に分散して保管されているので、よほどの熱意がなければ利用できない状態にある。

こうした観測網が計画された時点には、現象のスケールについての概念が明確ではなく、これらの資料を解析して、メソ現象を把握したり、動気候学的な調査をしたりすることを、組織的に行なおうとする意図は持たれていなかったからである。

このように、新しく生れたといえるほどの重要かつ切実な課題に応じるためには、調査研究により、その物理性の認識を深める一方で、現在の知識でも対処できる限りの方策をも構じるという、二つの顔をもったものを考えなければならない。

そのためには、利用しにくい過去資料の活用をはかることもさることながら、メソ現象という対象を踏えての適正な観測手段と、その観測値の処理方法を検討し、開発していかなければならないのである。

本稿は、大半をこのメソ現象の問題に焦点を当てて述べてゆくことにする。

## 2. 観測網のための条件

気象現象は(と限定するより、広く自然現象はといった方がよかるう)、いろいろな要素のごく微小なものから無限大までの波長のものがからみあったものであるといつてよいと思う。

われわれがそれらを観測し、何等かの物理性をその中から見出そうとする場合、対象とする現象より波長の短かいものはノイズである。

ノイズが介在しても、現象をアナログのままに解析する場合には、人間の経験にもとづく判定で、主観的にはあるが、ノイズは除去されて、必要な情報を抽出することができる。したがって、できれば、現象はアナログのままに記録しなくてはならない。

しかし、アナログでは、処理能率や普遍的記述において、デジタル量で記録されたものにはるかに劣る。その上、時空間に連続的な広がりを持つ現象をアナログで記

録することは、現実的には越えがたい無理があるように思う。

したがって、連続的な現象を適当な方法でサンプリングして、デジタル量で処理することになる。とすると、つぎの問題が生じてくる。

計測学のサンプリング理論に従えば、ある波長以上の現象をデジタル量であらわすには、その最小波長の1/2より短かい間隔でサンプリングしなければならない。

このため、振動現象等の各種波長の入り混ったアナログ量をデジタル化する場合には、まずどのような波長以上のものを対象とするかを定め、それより短かい波長のものはフィルターによって除去する方法がとられる。そうしないと、ノイズが大きいくほど、振幅も位相も対象とするものからずれたものが得られることになってしまうからである。

以上のことを気象観測にあてはめると、つぎのような条件の下でなければ、質的なことはともかく、量的には現象を把握できないことになる。

a) 少なくとも対象とする現象の波長の1/2より短かい間隔で観測網を展開し、

b) その現象の寿命の1/2より短かい時間間隔で観測し、

c) その場所的な波長および時間的な周期より短かいものは、何等かの方法で排除できるようにする。

いままでの気象学は、シノプチックあるいはそれより波長の長い現象を主題に進められてきた。その主役は気圧系の変動である。この場合には、コリオリの力が存在するお蔭で、気圧の変動量が数百以上の波長において卓越し、かつ、天気図を人間の判断力を加えて描画して、主観的手段でノイズを除去したので、上記の条件は問題にならなかった。

また、気候学では細域の状態まで問題にしたが、平均値を用いることによって、少なくとも見掛け上はノイズを消去したことになるので、地形的なもの他は、この条件は問題にならなかった。

しかし、そのために、他の物理計測ではまず最初に問題になる誤差論その他が、気象観測では無視され勝ちな傾向が生れてしまった。

そのことが、ノイズ量と対象とする量とが同じけた現象、たとえばメソ現象についても、ノイズに対するわれわれの注意を失わせてしまったように思われる。そこで、これを代表性の問題と称して、つぎに取り上げることとする。

### 3. 代表性の問題

前項で述べたように、着目する現象の波長や周期より短いものを、ノイズとして除去することが、それを量的に把握するために必要である。

そのノイズが統計的にランダムなもので、場所的にも時間的にも、一定の間隔でサンプリングが可能で、かつ十分にその資料が得られた場合には、計算または機械的手段で除去することは可能である。

しかし、気象現象の場合は、一般にはそうした条件は満し得ない。そこで、何らかの便法を考えなければならないことになる。

できるだけ地形的なノイズの少ない所で観測すること。これは昔から観測点の選定条件として充分注意を払われてきた。

しかし、こんなことではノイズは消しきれない。このことについては、時間的に風や雨量が大きく変動することでよく知られており、特に風については、たとえば10分間平均風速と瞬間最大風速との関係など、古くから問題にされてきたし、10分平均風速というのも、変動する風速のノイズを消した代表値を求めようとする手段だといえる。

風や雨ばかりでなく、気温や湿度も、それは日変化という卓越した変化にまぎれて見分けにくい、メソ現象の解析という点からは問題になるくらいのノイズが介入している。

このように、時間的に現象は変動する。それならば、波長と寿命とは関係があるというのだから、地形的な影響以外に、場所的にも時間的な変化に関連を持つ大きなバラツキがあってよいはずである。

とすると、露場におかれた測器の示す値は、どの程度の場所的な代表性を持っているのだろう。

このことについて、われわれは特別な関心を払っていなかったといえると思う。

たとえば雨量観測について、濃密な観測網を展開した結果の調査報告は数多く提出されているが、その時の各観測点間のバラツキを、降雨機構や地形的な原因、あるいは測器その他の観測方法の問題として、見逃されてしまっていないか。

また、時間的な変化についても、たとえば夜間の降温について、場所的な乱れによる気温の変化を見逃して、ただ単純に降下してゆくと仮定してはいなかったか。

このような批判をするのは、筆者の不勉強のためかもしれない。しかし、現在もなお、こうした観測値の代表

性については何の考慮も払われず、観測値の最小位まで、対象とする現象についての物理的な意義を持つかのような前提に立っての議論が、少なくとも気象庁内部で横行していることは事実である。

そして、このような代表性についての調査報告は、特に電力気象連絡会機関誌「電力と気象」に毎号のように紹介されているが、地形的な乱れではない原因による代表性に着目したものは、仙台管区気象台の行なった降雨特別観測だけのように思う。

この報告のうち、昭和46年6月23日から同10月29日の間に、秋田県八郎潟干拓地で行なわれたものの一部を紹介する。

八郎潟干拓地は219km<sup>2</sup>の湖の大半を干拓した平らな地区である。その周辺も開けて、dで述べる観測点間の雨量相関係数について、D.M. Hershfield (1965)によるオハイオ州およびテネシー州での同様な相関値よりも、距離的に一けた大きいところから見ても、地形的なノイズの介入はきわめて小さいと見なせる。

この地区に、1辺1km格子で16点、およびこの周辺と中心部に平均密度18km<sup>2</sup>に1点の割で6点の観測点を設け、口径10cmの長期自記雨量計を設置し、後者のグループには、1点ごとに2ヶの雨量計をおいて、器械的な誤差を避けるように配慮された。

この報告には、残念ながら一雨ごとの時間的な乱れと場所的な乱れとの相関については触れていないが、場所的な乱れについては、大要つぎのように述べられている。ただし、掲載された資料等によって、筆者が加算したところがある。

a) 期間中20例の一雨量を10例ごとの10グループに分け、各点の一雨ごとの雨量をグループごとに積算して、平均積算雨量と、それと各点のものとの差のバラツキ(標準偏差で示す)との比を求めた。

その結果は、70mm程度までは積算雨量に比例してその比は急減したが、それ以上は目立つほどの減少は示さず、500mmでも5%程度だった。

とすると、日本各地の月降水量では、八郎潟のような恵まれた地域でも、200km<sup>2</sup>に1点の雨量計では90%程度の代表性しか望めないことになる。

b) 一雨ごとのバラツキは、観測点間の距離に比例するとはいえず、また、バラツキ具合(尖度、歪度)は雑多で、降雨機構による分類はできなかった。

c) バラツキの割合を標準偏差で示すと、それは平均雨量に比例し、1km格子の場合でもその10%に近く、

平均密度 $18\text{km}^2$ のグループでは20%を越えた。前者について、標準偏差はその時の最大値と最小値との差の30%程度、後者では、208mm 対し 112mm など、最大値が最小値の2倍程度の例も珍らしくはなかった(21例中11例。そのうちもっとも距離のある南北20km間のものは4例)。

d) しかし、観測期間を通じての各一雨ごとの観測点間のバラツキを統計してみると、観測点間の距離に比例してバラツキが系統的に大きくなり、その傾度の最大方向で11km離れた地点間では、相関係数が0.86だった。

さらに、くどいようだが、同じ年の夏4カ月間、仙台管区気象台に隣接する平らな空地で、正三角形の格子点に長期自記雨量計15台を3m間隔に設置して、バラツキを調査した結果をつけ加えよう。

一雨ごとの雨量計間の平均雨量に対するバラツキ具合を標準偏差で示すと、観測値そのままでは5%、各雨量計の示した系統的な片寄りを器械的な誤差として消去する補正を構っても、なお3%に達した(後者の場合、平均雨量の対数値に比例するようにみえる)。

以上でわかるように、一つの雨量計による代表性は予想外に小さいものである。とすると、地形的な乱れが充分に考えられる地域に、10km以上もの間隔で雨量計を展開し、各点の雨量から等雨量線をたんに描いているが、あれは一体何を意味するものだろうか、ということになってしまうのである。

それは巨視的に見た雨量の強弱を模図式に示したものだといえるかもしれない。しかし、たとえば10分間10mm以上の降雨域を観測値から描いて、その区域を追跡してメソ現象の解析に使っても、支障はないものだろうか。

筆者等(1962)が降雨開始時刻等の雨量自記紙上の特異点も使って、その解析を試みたのも、この欠陥から逃げる方策としてだったが、それが妥当かどうかは確かめたわけではなかった。

一般の人達への説明資料としてならともかく、メソ現象を解析しようとする目的ならば、八郎瀧のような調査観測を、各項目にわたって組織的に行ない、メソ現象に対するバックグラウンド・ノイズのレベルを知り、それをできるだけ排除する方法を考え出さなくてはならない。

垂直方向の流れの変動ばかりでなく、凝結蒸発という熱的な変動を伴う高層気象の解析には、温位や相当温位という換算量が使われる。これは一種のノイズ排除の方

法である。

このように、地上観測についても、生の観測値から、物理的にあるいは統計的に、さらに代表性の大きいものに換算する手段はないだろうか。

また、常温では $\text{H}_2\text{O}$ の単分子から多分子の混合体であるものを水蒸気と呼ぶように、ノイズを含み込んだ集合体としての表現はできないだろうか。

#### 4. 平均化によるノイズ除去

時空間における点の観測値の意外なほどの小さい代表性を認める手段としては、適当な区間ごとに区切って、平均もしくは積算した値を用いる方法が考えられる。これによれば、たとえ誤ってノイズの卓越波長の半分をその区間に選んだとしても、乱れの大きさは生の値より小くなるはずである。

1点の観測値については、昔からそういう方法で乱れによる量を減らしてきた。単に統計処理によるばかりではない。時定数の大きさ、つまり鈍感な感部を使って、移動平均のような方法で乱れを消した。また、高層観測値での乱れは、気球上昇速度に応じた適当な時定数の感部を用いることで、除去しようとされてきた。(ノイズ排除という目的からは、単純な平均処理でよいかどうか、たとえば度数分布のモード値の方が適当ではないかという問題がある)。

要するに、このことをカメラにたとえると、解像力のよいレンズはこの場合不適當で、ピンボケの方がよい。時空間を広がりの平均としてとらえた方がよいのである。このことは、測器を開発し、資料を扱う上で、とかくシャープなものほどよいものだという考え方に陥りやすいものなので、特に強調しておきたい。

気象衛星により、地球上の気温や雲の分布のほか、特定の雲の動きに着目して上層風を推算するばかりか、嘉納宗端(1972)の紹介によれば、長波放射計を使って気温等の垂直分布までが推算できそうになった。しかし、カメラの解像力には限度があるので、地上観測に比べればピンボケ的な情報とならざるを得ないようである。そのためにかえって長い波長についての代表性は大きいともいえる。

という、いいことづくめのようだが、特に気温等の垂直分布については、物理的には筋が通っていても、処理中枢での計算能力の点で、一般的に活用できるようにするのは、まだかなり先のこととなるだろう。

とりあえずのところは、温度については、視野内にある雲の底面や側面を長波放射計で観測し、湿度100%と

して湿球温度の分布を求める。これはピンボケでもよいのだから、現在の技術をもっていても実用化はできそうである。気象衛星によって雲頂の温度が測られ、多少の誤差はあっても、気象用レーダ（以下レーダと略称）によって、その雲の厚さは測られるので、特に雲底の温度は価値がある。

また、メソ現象の解析には特に重要と考えられている下層の風については、レーダによるエコーの移動によって、その大勢を推定できないだろうか。

レーダによるエコーの移動から上層風を推定することについては否定的な報告も多い。しかし、寿命が20分以下のような小さなエコーセルの場合は、その高度の風に流されていたという報告もある。この報告は、秋田地方気象台の加藤一清等レーダ担当者（1972）によって、前項の八郎瀧における雨量観測とレーダエコー強度との対応を調査された時のものである。

レーダエコー強度と雨量または降雨強度との相関についての報告は数多く出されている。しかし、それらがいま一つスッキリしない結果に終わっている原因は、齊藤実（1973）も指摘しているように、エコー強度と雨量観測のサンプリング空間の位置と大きさが違う点にあると思われる。

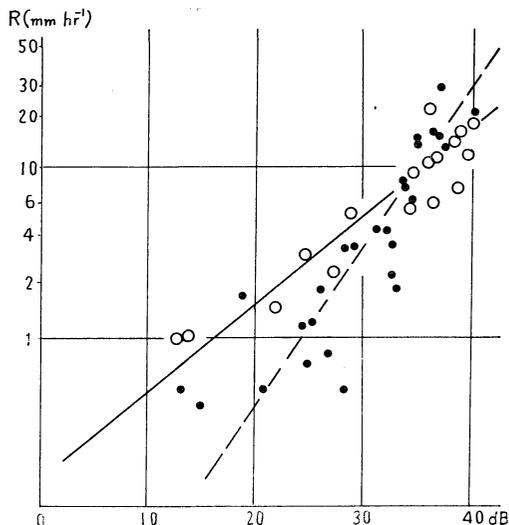
加藤等の場合は、新しいエコー強度測定装置を用い、そのゲート（±3°、距離10kmの扇形）を八郎瀧干拓地中央部に設定して、ゲート付近の11個の雨量計の平均雨量との対応を見ているので、上に述べた欠陥は一応不十分ながら排除されているとみなしうらと思う。

観測は6月3日と同18日のじょう乱のはげしい雨について行われた。特に後者では雷が周辺各地で観測されている。加藤等はこの変動のはげしい例について、10分間雨量（1時間量に換算）を降雨強度の尺度とし、エコーのその10分間の平均強度との比較を行なった。その結果が図に示したものである。

しかし、ここでは加藤等の意図と異なった目で、この図を眺めることにする。

レーダによるエコーは、昇降気流によって支えられた上空の水量についての情報で、それがどのような効率で雨となって降っているかの情報を与えるものではない。雨量と対比するためには、エコー強度の変化量も一つの関数となりそうだし、時間的場所的に対応にもズレがありそうに思われる。

こうしたことを考え、かつ、前項の雨量のパラツキの大きさを考えるとき、この図は、エコー強度と雨量観測



秋田気象レーダによるエコー強度と、八郎瀧干拓地の雨量観測網による降雨強度との比較（加藤一清・他、1972）

白丸：昭和46年6月3日，黒丸：昭和46年6月18日，降雨強度は10分間雨量を一時間量に換算して示す。

ただし、二葉からなる原図の中から必要部分を抽出して、筆者が一葉に書き改めた。

値とを併合して処理するシステムを開発すれば、それは量的にシャープなものが得られないにしても、利用価値の大きい面積雨量を、雨量観測網だけで行なうよりは合理的に推定できることを示すものと考えられる。

東京電力の美ヶ原レーダにより、集水域上のエコー強度と流量との関係等を、昭和44年から調査している奥野宗計（1971）も、同じような結論を出している。

しかし、さらに組織的に調べてみる必要がある。たとえば筑波学園都市に濃厚な雨量観測網を展開し、東京レーダを使って観測を続けてみてはどうだろうか。

また、レーダ装置も各種の改良開発が必要である。現行の観測者による階級に分けたエコー強度のスケッチも、上の関係が成り立つならば、質的には雨域の中心域の推定に使える。それを量的なものとするためには、たとえばブラウン管上の全エコーの強度の時間的な積算値が得られるようにしなければならない等の問題がある。

気象衛星が資料を送信してくるようになると、これまでレーダの役割であった、シノプチック観測の空白を埋めるための雲の分布に関する観測は、衛星にとってかわられることになる。

しかし、雲の厚さやエコー強度等のメソ現象に関する情報は、当分の間現業的には衛星によって与えられそうにない。レーダはメソ現象観測のために今後も必要であり、さらにその利用効果を高めるためには、上記のような計測システムの開発とその効果の検討をいそがなくてはならない。

### 5. 地域気象観測システム計画

前項で述べたように、レーダ観測システムの開発により、面積雨量を合理的に推定できる期待が持てるようになったが、その開発を待っているわけにはいかない社会情勢にあることは、はしがきて述べた。

また、これは現在の降雨状況を把握する手段であり、今後どう推移するか情報を与えるものではない。

降雨状況の把握のための次善の策として、かつ、推移の判断をするためのメソ現象の解析のための策として、目下気象庁が計画を進めている地域気象観測システム(AMeDAS)を紹介しよう。

方針) 現在、気象庁は全国に各種の目的別の観測網を展開している。そのうち、シノプチックスケールの現象を対象として展開されている気象官署以外のものは、その大部分が民間の人達に観測を委託する形式のものである。そのうち、雨量観測を目的とするものには、規定量以上の雨が正時までにあった場合、電報か電話で担当の地方気象台等へ通報してもらえよう頼んである。

しかし、この方式では、規定量を越えても通報されないこともあり、通報の意志があっても、本務が多忙でそれができなかつたりして、通報の確実性に欠ける。また、地方気象台への入電に時間がかかり、そのためタイミングを失したという例も多い。

その通報は担当の地方気象台等へしかなされない。このため、他府県から流入する川の水源地帯や近県の状況など、担当区域の今後の状況を判断するのに必要な情報は、何等かの方法で他から転送されてこない限り、その官署ではわからない。このため後手を踏んだという例も多い。

以上の欠陥を除くためには、観測点での雨量を、人手を介さずにオンラインで自動的に、必要とする気象官署(複数)等で入手できるようにすればよい。

そして、その一方で、その地域が傘の下にあるレーダのエコースケッチをファックスで入手できるようにしておけば、エコーの消長や移動状況やその強度分布から、たとえばエコーの発達が最盛期とは時間的にズレがある等によって、今後の雨の降り方やその分布が判断できる

はずである。

このようにすれば、災害発生のおそれのある雨量に達する以前に、その危険地区を具体的に示して警告できるはずということになるのだが、しかし、これでは雨量監視のための観測システムというべきで、すでに雨雲が発達し、ある程度以上の降雨があってからの方策である。災害発生までの時間的余裕は少なからう。

その余裕をできるだけ多くするためには、メソ現象の解析技術を発展させて、雨の降りをはじめるところには、すでにそのような異常現象の生ずる地区が具体的に予知できるようにしなければならない。

そのためには、理想をいえば、せめて700mbまでも、立体的な気象状態を観測できるようにしなければならないが、とりあえずは、すでに展開してある農業気象観測所の測器のように、風その他のものを雨量観測点に付加して、それらの機械による観測値を雨の通報と同時に行なえるようにすればよい。

このような観測点を展開しておくに、雨に関することばかりでなく、前線に伴う強風や、風が弱いことを条件とする降霜等々のような災害に対しても、有効な情報を提供できるはずである。シノプチック予報発表直前の対象区域の天候のチェックや、その適中率の客観的な評価の役にもたつはずである。

(計画概要) 観測点数は、雨については全国で1,317地点、このうち他の要素を付加したものは840地点とする。密度にすると、全国平均で前者は約17km<sup>2</sup>に1点、後者は21km<sup>2</sup>に1点という計算になる。

ただし、他の要素も付加した地点は、地形的な乱れの大きいところでは代表性が小さいので、山岳地帯等は避ける方針をとる。したがって、全国平均密度という数字は、質的には意味がない。

観測する要素は、前に述べた既設の農業気象観測所(メソ現象解析の用に供しうる自記記録を持つもの)と比べると、精度維持に困難な湿度を欠くが、代りに雪を融かして降水量をはかり、雨雪の判別をする装置をつける。

雨量観測点の数が少ないという意見が多く出ている。

たしかに、この密度では豪雨の中心域の雨量を質的にも観測できないことがあるかと思われる。たとえば昭和46年7月18日の兵庫県相生市付近の集中豪雨では、14時から17時までに相生市役所で165mmを観測したのに、北東11kmの竜野市では6mm、北西の14kmの上郡町では12mmという例がある。

だからといって、経費や保守労働をかえりみず、観測点数を3,000点にもして、間隔を10kmに縮めてみても、八郎潟の例でもわかるように、五十歩百歩ということになるのではなかろうか。

気象庁としてのこの計画は、現在の雨量実況を把握するためというよりは、今後どのように事態が推移するか判断資料を得ることに重点をおいてくる。

そうしたら、気象庁としては、上記のような濃い密度にするための労力と経費を自らが背負うより、レーダをよりよく活用することに力を入れた方が、より合理的であると考えられる。

そして、どうしても気象庁の観測網では不足であるならば、測器等について気象庁の規格に合う他機関の雨量観測点も、このシステムに加えるようにする。つまり他人のフンドシで、この問題の解決をはかることにすればよい。

これらの観測点における観測値は、つぎのような方法で、オンライン、オフラインの2種に処理される。

オンライン。全国に1カ所の電々公社の開設する集配信センターで制御されて、これから定常的に1時間ごとに同時に観測点を呼び出し、観測値を集信する。集信されたデータは、たとえば雨量積算値から1時間雨量等を計算し、ある程度のエラーチェックを行なった後、あらかじめ定められた、それを必要とする機関(複数)へ配信する。もちろん、すべての操作は自動的に行なわれる。

ただし、ここにいう機関には、気象庁関係以外のものを含めたいと考えている。広義の防災活動を敏速化したためである。

オフライン。オンライン系で集められた毎時の資料は、センターの磁気テープに記憶されている。このテープにより、日表その他の定形的な統計表を作製し、その結果を必要とする機関へ配信または郵送する。

また、観測点ごとに、カセット磁気テープによる記録器を付加し、毎10分ごとに自動的にデジタルで記録できるようにする。

10分ごとにデジタルというのは、前にアナログ記録の価値を高く評価したことと矛盾するが、センターで観測値を収集する際、同時刻の観測値とするためには10分程度の余裕時間が必要で、その間観測値を記憶させておかねばならないことが、その主な理由である。

このカセット記録は、いわゆる1万ドルコンピュータを設置する管区気象台等に送られ、ここでオープンリールに入れかえた後、たとえば地域の気象特性やメソ現象

の解析等の不定形な気象調査のほか、部外一般の業務のために必要な気象調査のためにも利用できるようにする。

特色) このシステムは、一見従来の気象庁が展開している観測網の性格を、急に変更するもののように思われるかもしれない。しかし、たとえば電々公社が一般公衆電話回線をデータ通信用に開放するなど、技術行政的な変革により、気象庁の予算規模でもそれが可能となったのであって、構想自体は10年以上も前から検討されていたことなのである。

むしろ特色としては、観測値は蓄積されることに価値はなく、有効に利用されることによって価値がある、というごくあたり前の理念を正面に押し出したことにある。

すなわち、従来の気象庁の観測値は、それを気象庁流に処理したものを部内外に提供するというのが一般の方針だったが、これを改めて、観測値を生そのまま提供することにした。

つまり、気象庁は、信頼できる観測値を提供できるように測器を保守管理し、要求に応じて容易に観測値を提供できるように整理する業務に関して責任を持つ。しかし、それを利用するという立場で見ると、その目的は違っても、一般の利用者と同じ時点で同じ土俵に立つことになる。

こうすることによって、異常気象時の防災活動のためばかりではなく、オフライン系の資料により、気象現象に関連する事柄を調査研究する人達は、資料の収集整理に要する労力と時間から解放されて、能率的にそれが進められるようになるはずであり、その成果がフィードバックされて、気象庁の仕事の価値を高めるはずである。

そのためには、まず観測所における装置はできるだけ確実に動作するものでなければならない。湿度その他安定性に問題のあるものを、現段階では割愛したのも、そのためである。

また、器械である以上、必ず故障すると覚悟を決めて対策を立てておかななくてはならない。機構はできるだけ単純明解なものとし、修理が簡単にできるようにすると共に、計測上の異常を早期に発見するため、巡回保守を数多く行なわなければならない。その他、この計画遂行のためには、表面にあらわれないいろいろな配慮が必要であることを訴えておきたい。

## 6. 気候変動観測のための問題点

たとえば、東京の最低気温という、それは東京都千

代田区大手町1丁目の気象庁北側の、アスファルト道路から一段高く囲まれた露場の、1.5mの高さで測られたものことである。代表性の点からはきわめておかしが、定義だから仕方がない。

これは極端な例である。しかし、大なり小なりこうした都市化の波に巻き込まれて、もがき苦しんでいるような露場の例が増しつつある。

その観測値が毎日のシノブチック観測としての代表性にどの程度の影響を与えるものか。昔から、その所在地に対する地形的影響が大きく、あきらかに代表性の小さい地点のものでも、その解析に利用してきているので、いまさらそれを問題にすべきではないかもしれない。

しかし、最近の世界的な異常気象の続発と、それによる食糧危機が世人の注目を浴び、気候変動の問題がようやく重視されるようになった現在、特に気象官署に蓄積された永年の気候観測値については、問題にされなければならなくなってきた。

現在、気象庁では全国に12カ所の永年気候観測所を指定している。ここでは、他の気象観測には白金抵抗温度計等を使っているが、この観測のためには、百葉箱内の乾湿計を使用するなど、統計値の接続に気を使っている。

ところが、それらの多くが、すでに都市化された地区内にあり、局所的な人工気候の影響が介入して、いわゆるバックグラウンドの気候観測には不適地となってきた。

ここで難問が生じてしまった。そこが不適地となったからといって、他に、観測点を移すわけにはいなくなっているのである。端的にその理由を告白すれば、一般の気象官署でそうした永年気候観測をするための配慮が欠けていたのである。

たとえば、気温観測に白金抵抗温度計を用い、1.5mの高さの空気を直接吸引して測る方式を一般の気象官署では採用することにしている。この方式では、雪が積れば容易に高さは変えられるし、物理的には従来のものより合理的である。

しかし、合理的であるが故に、従来の不合理なものによる気候観測値とは、統計に不接続が生じているはずである。

こうした物理的な合理性が目的で、実施に移されたわけではない。観測値をより効率よく使えるようにすることが主目的である。そのために、従来の乾湿計によるも

のに比べると、いろいろな欠陥のあることを知りながら、塩化リチウム溶液を使った露点計から湿度等を求めている。

しかも、その機械化は、シノブチック観測点として重要な、したがって気候観測点としても重要な地点から実施に移されている。機械化観測期間は資料欠として処理して、旧方式にもどるとしても、都市化の波がいつおしよせるかわからない地点が多い。

もはや一時逃れの方策は将来のために適当でないように思う。この際思い切って、これから新しく永年気候観測をはじめの地点を設定すべきではなからうか。

ところが、将来も都市化の心配がないところというのは、都市との生活上の格差が広がる一方の僻地である。ここで現在と同じ方式の永年気候観測を行なうためには、現行制度でも、1点当り最小9名の観測者を必要とする。これは運営上大変困難を伴う条件である。とても長続きしそうにない。

すべての観測項目を機械化して自動的に記録するようにし、止むを得ない場合でも、現地には測器保守の要員だけを配置する程度のものでせざるを得ないのである。

新しく観測を開始するのだから、従来方式と比べて絶対値がかなり違っていても、より物理的に合理的な方式ならば、構わないのではなからうか。

もし、それでよいのなら、信頼できる自動観測装置の開発のほか、従来方式にはこだわらない観測方式、たとえば自立鉄塔上の風の測器の設置点に温湿測器をおくとか、雲量観測の代わりに長波放射量を観測する等を検討してみてもはどうだろうか。

## 7. むすび

気象観測がはじめられてから、すでに4世紀を経過した。その間、気象学は、優れた観察力を持った人達による質的な記述から、観測値を使った量的な記述とその物理性の解明へと進歩してきたといえると思う。

しかし、その大部分の期間は、1カ所の気象観測にもいちいち人手が必要であったため、あらい目の観測網による巨視的な見地からしか、その実態を把握できなかった。

戦後、計測手段の爆発的な進歩により、気象衛星やレーダによる面の観測技術ばかりでなく、点の観測についても、必ずしも人手をいちいち配する必要がなくなった。従来より現象を細かく量的に観測することができるようになったのである。

これは気象学史上特記すべきエポックである。

われわれは、この新しい時代に対し、新しい目で望まなければならない。しかし、それに伴って、本稿で述べた以外にも多くの新たな問題が生じてきた。

たとえば、測器について、すでにいくつかの開発の必要を述べてきたが、その開発過程において、従来以上に電子機器に関する技術者の協力を必要としてゆくことだろう。そのためには、彼等にわれわれの目的と対象とする現象の性格とを適確に説明できなければならない。また、開発された測器が適正な性能を持つものかどうかを、利用者としての立場から批判しなければならない。

その説明や批判ができるためには、われわれは、現象を頭の中で創造するのではなく、事実についてよりよく知る必要がある。それは泥くさい仕事ではあるが、避けて通るわけにはいかない進歩への道だと思う。山内恭彦(1970)によれば、科学とは自然現象をモデル化して記述することである。現物を知らなければ、モデル化はできない。

文 献

- 1) 浅井富雄, (1971): J. H. ГУТМАНによるメゾ気象学的過程の非線型理論序説, 気象研究ノート, 108, 333-334.
- 2) Hershfield, D.M., (1965) 杉浦茂訳: 雨量計の間隔について, 電力と気象(チベックシンポジウム論文特集号), 18, 18-23.
- 3) 木村耕三, 山本 晃, 上田豊治 (1962): 上川地方における降雨域のメソスケール解析, 天気, 9, 187-193.
- 4) 嘉納宗端 (1972): 放射測定およびそれによる気象要素の推定, 気象研究ノート, 111, 53-80.
- 5) 加藤一清, 佐々木芳晴, 阿部能明 (1972): エコー強度測定装置による降雨強度と雨量計による降雨強度の比較, 昭和47年度東北地方調査研究会資料, 43-46.
- 6) 奥野宗計 (1971): 美ヶ原気象用レーダについて, 電力と気象, 19, 89-106.
- 7) 斎藤 実 (1973): 降水の量的測定, 地方レーダ気象文献のまとめ, 気象庁観測部, 105-108.
- 8) 仙台管区気象台 (1971): 昭和46年度降雨特別調査報告, 13-64.
- 9) 山内恭彦 (1970): 現代科学論, 筑摩書房.