

——“地方の調査研究のためのシンポジウム”報告——

(1) 最近における九州地方の集中豪雨の予報法の 研究とその問題点*

—九州の気象官署を主として—

尾 崎 康 一**

九州地方においては、1957年の諫早豪雨頃から急速に高まった社会の集中豪雨についての関心とその予知に対応するため、その適格な予報法を見い出さんと研究活動がつづけられてきた。

諫早豪雨以前にすでに1953年の九州の大水害に関連して整備されたロボット雨量計による観測網や、1955年に設置されたレーダー（背振山）があったが、集中豪雨研究の大きな活動としては、気象研究所を主軸とする地方共同研究や GARP に関連した集中豪雨研究があり、それ以前には水理・水文気象研究会があげられるであろう。これらは主として1965年から1973年頃にかけて行われている。

これらの研究の成果は、福岡管区気象台要報・福岡管区気象台技術通信・福岡管区気象台技術解説資料その他に掲載されているが、その概要を紹介してみたい。なおこれらのまとめは筆者の主観的な見解が多いことをあらかじめ了解していただきたい。また気象官署以外のものは含まれていない。

九州における大雨の研究は戦後3つの大きな流れに沿って行われたといえる。1つは総観解析的研究、1つは中規模・中間規模じょう乱の研究、1つはレーダー気象学的研究である。総観解析的研究は雨量の量的予報（山田三朗、1955）や垂直流・発散と大雨（今門宗夫、1958）をはじめとして、下層ジェット（鍋島・牛島・矢花）寒冷うず（宮沢清治）上層ジェット・湿舌・安定度など数多い論文が発表されている。とくに1971年から1974年にかけての福岡管区気象台管内予報技術検討会においては、集中豪雨の可能性の検討が行われた。しかし

これら総観気象の研究より一層九州の特色をもった研究は中規模・中間規模じょう乱の解析である。

藤田哲也教授によって紹介されたメソ気象解析の手法は、1957年の諫早豪雨について大沢綱一郎・尾崎康一（1957）が用いて研究したが、その後山田三朗・木下正時・牛島敏光・山中陸男などによって解析が行われた。しかし中規模・中間規模じょう乱について発展的解析法を導入したのは松本誠一博士が九州に着任された頃からで、笠村・長浜・山中などによって新しい方法で豪雨が解析された。また矢花、宮沢などによってもすぐれた解析が行われた。

これと平行して忘れられないのはレーダー解析による集中豪雨の予想法で、藤原・岡部・西原（1958）にはじまり、牛島敏光（1964）はエコーパターンの分類、土井・野角・今門・山中・石硯などによる先駆的エコー解析の研究は、その後全国のレーダー研究に常に話題を提供してきた。たとえば今門・野角によるエコーの合流・加重・混入型による集中豪雨の予想法、野角から杉山に至る低気圧に付随せる独特な帯状エコーの存在、最近における柳川豪雨や太宰府豪雨におけるエコーの解析にみられる浦照・長浜宗政（1973）の成果は注目される。

以上は非常に大雑把なここ20年間の九州における集中豪雨研究の概観であるが、1970年頃から新しく統計的・客観的な予想法と取組まれてきた。すなわち松本誠一・笠村幸男などによるワーキンググループは、集中豪雨の客観的予想法の1つとして、下層ジェットと豪雨との関係を、客観化した量的予想の形で捕えるため、相関法を主とした方法を得た。これは高層風を使用した第1段階においてかなり良い成果をあげた。これらの計算は電算機を用いて行われたが、さきに述べた3つの方法とは異なる新しい分野における技術開発といえる。現在渡辺勉（1973）によって、高層風以外の気象要素として、湿

* Recent Studies and Problems on the Technic of Forecasting of Severe Rain Storm in Kyushu District.

** K. Ozaki (福岡管区気象台)

数や安定度も導入する方法の開発が行われつつある。

これらの成果は福岡管区気象研究会・管内予報技術検討会で討論され、またパンフレットとして九州各地に配布されているため、予報官・予報当番はこれを現場で参考として利用し、検証し、これを予報則として使用しているものが多い。とくに有効なものはいく通り採り上げて討論し広くこれを利用している。すなわち予報検討会でたびたび集中豪雨予報のためのワークシート・チェックシートが提示され採用されているが、これに盛り込まれているものの多くは、すでに実証を得た信頼されるものである。これらもはじめは純粹に新しい現象発見の態度で得られた成果であり、これが実証され累積されて予報則となっているものが多い。

それではこのように成果の大きい研究を地方においてより発展させるためにはいかにすればよいかについて考えてみたい。

集中豪雨の予報という困難な問題に取組むとき、これは個人の力では及ばない点が多い。非常に広範囲の資料を収集し、これを解析し、計算するためには多くの人の労力と費用を要する。これを研究する場所が地方であり、現業を実施しながら行うため、これをより困難にする。ここで気象研究所との共同研究として強い支持と経費の供給を必要とする。九州地方の集中豪雨の研究は1966年から1973年までの気象研究所との共同研究を母体

として発展したことは、地方研究の発展の在り方の一つの例として、九州においては貴重な体験といえる。

しかし、九州の地理的条件から、ともすれば研究の成果を独断的に評価し、あるいはこれを温存するのみで論文として発表する機会を逸している数多くの業績があることは残念である。中央との交流に必要な通信費・旅費の不足が地方の研究の障害となっていることは九州だけではなくであろう。とくに旅費が不足しているため学会の出席・中央との交流ができないことは痛手である。

最後に九州地方における集中豪雨の予報のため解決を要する命題を2～3あげてみたい。中間規模じょう乱・中規模現象・積雲対流などの原因による集中豪雨予知のための力学的研究・総観的研究のめざましい発展にもかかわらず、現在の予報の現場で適確に「いつ」「どこで」集中豪雨が起るかを予報できる可能性は、なお困難な問題を持っているので、すぐには得られないであろうと考えられる。それらが得られるまで、必然的に雨量観測網、レーダー解析、高層解析などの実況に頼らざるを得ないが、この場合もっとも解決が急がれるものとして、レーダーエコーの発達・衰弱、レーダーエコーの移動についての確度の高い予報則である。また人工衛星の利用についての集中豪雨解析の面における発展が望まれる。

(2) 北東気流と東北地方太平洋沿岸の大雨*

山 下 洋**

1. 調査の目的・成果の概要については「天気」20巻12号を参照されたい。

2. 業務への適用など取扱いについて

大雨という現象を陸上の雨量観測網により把握しているが、大雨の発現と密接な関係にある寒冷気塊の変質過程としての積雲対流活動の動静を注目するためには、旧北方定点観測船のように海洋上の気塊の特性を観測する必要があるし、また、レーダーエコー分布図と対照できる程度の海面水温分布図が必要である。

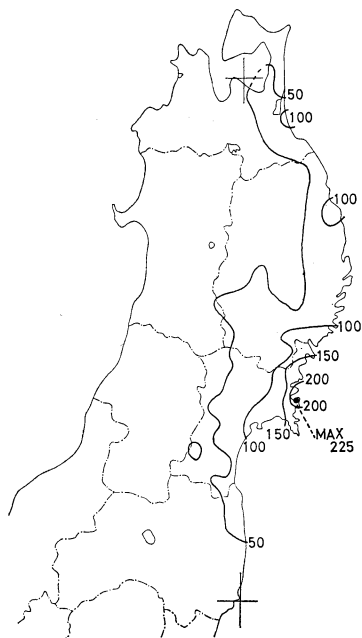
陸上の観測は地域観測網の展開によりさらに高い情報が得られるが、海岸から一步海上に出るとレーダーエコーまたは雲写真を除き陸上の観測と同等の準即時的に得られる資料はないという現状である。将来は気象衛星の観測に依存するとしても、当面これを補うためには沿岸海上ほど密に観測する航空機搭載の放射温度計による海面水温の観測や850mb・700mb等の対流圏の比較的低いレベルの観測(商業機は益々高々度を飛行している)をする気象資料収集のための多目的な航空機による移動観測をする必要がある。

3. より以上に発展させるための方策や障害の除去の方策

本論では地形性降雨論で述べる地形の効果を否定する

* The Relations between Heavy Rainfalls in the Region of Pacific Ocean of Tohoku District and NE-ly Winds

** H. Yamashita (仙台管区気象台)



第1図 東北地方日降水量分布図 (単位: mm)
昭和47年1月15日9時~16日9時

かたちとなった。また、得られた結果はさらに詳細な雨量予報が可能になるというのではなく、いわゆるポテンシャル予報の域を出るものではない。

第1図は本論で述べる機構によって生じたと思われる

日降水量分布図である。同じ海岸でありながら、ごく僅かしか離れていない地点でなぜこのように日降水量が半減するかの説明はできない。

この種の海岸性豪雨はレーダーエコーが消滅する領域であるとするならば大気中の水を地上にどのように分配するかの法則があるはずである。津波の波高予報では湾型(V字型, U字型, Ω字型等)や海底地形等によって、はるか沖合での波高が海岸ではどのように変化するかを理解されている。雨量の分配法則は津波の波高の変化におよぼす地形の効果よりも複雑にちがいない。

地域平均日雨量が30mmのときに地点最大日雨量が60mmであるならば気象注意報でもよいが、120mmとなれば気象警報となろう。また、どこの地点で最大日雨量が発現するかの予測も全く同等に必要な情報である。しかしながら、現状は地域平均日雨量と地点最大日雨量を散布図型式に示して利用しているが、そこからの進歩がない。

この閉鎖された状態から踏み出すためには、地形が気流におよぼす三次元の効果(現在までの地形性降雨論は微細な地形を消去して大規模地形斜面を気塊が滑昇しており、風系に対して凸の地形や凹の地形に対して気流の収束・発散が示されていない)をいろいろの大気成層状態に対して数値実験・風洞実験・細域特別観測などを実施し、その成果を予報作業現場に利用しやすい形にするべきであろう。

(3) 週間予報に利用されている8日平均500mb

予想図について*

中 根 清 之**

大阪管区気象台では、図計算で8日平均500mb予想図を作成し、場の予報法に導入されてから既に10余年を経過する。現在、週間予報の実務を担当している者として、その現況について報告する。

予想図を作る過程ではなるべく客観的に取扱うよう留意しているが、そこには主観と経験が入ってくる。2

* On the Prognostic Charts of 8-day Mean 500 mb Height and Their Application to the Week Forecast.

** K. Nakane (大阪管区気象台)

日・4日・8日平均500mbの高度変化図($\Delta Z_2, \Delta Z_4, \Delta Z_8$)の対応関係やそれを予想(Prog ΔZ_8)にどのように反映させているかなど、若干の統計資料を加えてのべる。

何故、8日平均図が採用されたかという点であるが、ある1点の500mb高度の日々の変化をみると、あるベースに3日ないし10日くらいの周期の変動が重なっており、この変動を消去した高度場が日々の変化に対するベースとして適している。10日平均くらいが適当であるが、図計算の便宜上8日平均図が採用されている。ちな

みに、昭和48年9月～12月の烏山(47122)の500mbの毎日の高度と2日・4日・8日平均高度の変化をみると、4日平均高度ではまだ毎日の変動の影響が残っている期間が認められるが、8日平均高度では短波性の波動の影響は一応消去されている。

予想の手順としては、(1)相次ぐ8日平均高度図(\bar{Z}_8)から高度変化($\Delta\bar{Z}_8$)を求め追跡図を作成。(2)最新の $\Delta\bar{Z}_8$ を基本場(現業的には16日平均図)によって8日先まで流し、Prog $\Delta\bar{Z}_8$ を作る。(3)Prog $\Delta\bar{Z}_8$ を初期値の \bar{Z}_8 に加算し、予想8日平均500mb高度図(Prog \bar{Z}_8)を得る。しかし、これではProg $\Delta\bar{Z}_8$ の発達、衰弱の傾向が掴めないで、 $\Delta\bar{Z}_2$ 、 $\Delta\bar{Z}_4$ 、 $\Delta\bar{Z}_8$ を2日おきに求めて追跡する。

各高度変化の負域の相対関係をみると、 $\Delta\bar{Z}_8$ と $\Delta\bar{Z}_4$ については $\Delta\bar{Z}_4$ が $\Delta\bar{Z}_8$ に接近してある種の振舞いをしながら遠ざかると、別の $\Delta\bar{Z}_4$ が接近して新たな対応関係が生じた離れていくといった経過をたどる場合が比較的多い。また、 $\Delta\bar{Z}_8$ はほぼ等速に移動しているが、 $\Delta\bar{Z}_4$ との対応関係が崩れると $\Delta\bar{Z}_8$ の変化域の一部が急速に移動し $\Delta\bar{Z}_4$ との対応関係を維持するような動きを示す場合(1波長ずれる位置まで急速に移動する)もある。そこで、昭和48年10月～12月中の $\Delta\bar{Z}_8$ と $\Delta\bar{Z}_4$ 、 $\Delta\bar{Z}_4$ と $\Delta\bar{Z}_2$ の負域について対応関係の認められる期間の変化量の相関係数を求めてみると、(1) $\Delta\bar{Z}_8$ と $\Delta\bar{Z}_4$ については同じ日付(平均図の平均期間の最後の日をもってその日付とする)が0.39、 $\Delta\bar{Z}_4$ が2日前の変化量では0.61、4日前が0.71と平均期間の取り方の関係から当然のことながら相関係数が良くなる。(2) $\Delta\bar{Z}_4$ と $\Delta\bar{Z}_2$ の変化量については同じ日付のものが0.22、 $\Delta\bar{Z}_2$ が2日前が0.60であった。

週間予報の発表日の前日の作業では、初期値となる平均図をなるべく先にもってゆくため、電計による北半球500mb 48時間予想図をP(プログノが入っている)2日平均図とみなし、これを用いて4日・8日平均図($P\bar{Z}_4$ 、 $P\bar{Z}_8$)を作ることによって実況による平均図より2日先に初期値をもっていくことができるし、高度変化も2日先の図($P\Delta\bar{Z}_2$ 、 $P\Delta\bar{Z}_4$ 、 $P\Delta\bar{Z}_8$)が求まる。また、相関係数の関係から最新の $\Delta\bar{Z}_4$ の現況から4日先の $\Delta\bar{Z}_8$ の消長をある程度推測することができるし、更に

$\Delta\bar{Z}_2$ の現況を加味すると $\Delta\bar{Z}_8$ の6日先の消長をある程度推測することが可能ということになる。

次に、 $\Delta\bar{Z}_8$ と $\Delta\bar{Z}_4$ 、 $\Delta\bar{Z}_4$ と $\Delta\bar{Z}_2$ の負域の対応距離をみるとかなりの幅があるが、900kmから2,000kmくらいの場合が多い。対応距離が3,000kmくらいになると、両者の対応関係が崩れる場合が多くなるので、新たに対応関係が生ずるか、あるいは変化域の1部が急速に移動して対応関係が維持されるか、 $\Delta\bar{Z}_8$ を流してProg $\Delta\bar{Z}_8$ を作るときに留意する。

この方法でベースの転換を予想することは困難ではあるが、電計の北半球500mb 48時間予想図にその兆候が現われている場合は予想の可能性がある。48時間予想図を2日平均図とみなすのは $P\Delta\bar{Z}_2$ でその特徴を掴み、Prog $\Delta\bar{Z}_8$ に反映させるためである。 $P\Delta\bar{Z}_2$ 、 $P\Delta\bar{Z}_4$ 、 $P\Delta\bar{Z}_8$ の対応関係からProg $\Delta\bar{Z}_8$ に新たな変化域の発生や合流、分離なども予想することができる。

天気ベースの予想については、予想8日平均高度図から平年図(\bar{Z}_N)を引算して、予想平年偏差図(Prog \bar{Z}_8')を求め、“偏差型の分類と天気ベース”(成川、1965)の関係などから天気ベース、気温の高低、雨量の多少の予想を行うが、分類された1つの偏差型が必ずしも1つの天気型と対応しなく、統計的にかかなりの例外があり予報精度に影響する。先ず偏差型がどのモデルに近いかを求め、次いで日本付近の分布を中心に類似を求め、予報時点までの気象経過との結びつきを検討してベースを決定する。そして毎日の天気と翻訳するが、平均図であるが故に取扱いにくい面がある。たとえば、曇雨天型から冬型へ変る予想のとき、何日から変るかの予想は補助図(東西指数、気圧の谷の追跡図等)から判断せざるをえない。

おわりに、平均図による予報方式では、予想図の精度や日々の天気への翻訳において、今日の時点でかなり限界に近いところに達しているように思われる。こうした意味で、これからは数値予報の期間延長に期待するところが大きい。

文 献

- 成川二郎、1965：雨量の週間予報、気象研究ノート 第16巻第1号第5章

(4) 道央地方の降雪の特徴とその予報*

〔対流セル群からの降雪について〕改題)

七 沢 謙**

1. 調査の目的, 成果の概要

(1) 調査目的

毎日9時の気象観測資料を用いて, その後翌日の9時迄の24時間降雪量分布を予報する方法の開発をはかる。

(2) 調査方法

昭和45年12月から48年3月の3冬季間について札幌の毎日9時のレーダーエコースケッチから降雪エコーを次の4型に分類する。

ア. 面エコー

広範囲に広がった層状のエコーで, 低気圧前面で発現する。

イ. 孤状エコー

対流セル群が孤状配列しているエコーで, 低気圧後面に発現する。

ウ. 線エコー

対流セル群がほぼ直線状に配列しているエコーで, 線が太い1本の場合もあれば, 100kmの間に5本も配列している場合もある。冬の季節風卓越時に多い。

エ. うずエコー

対流セル群が孤状に配列し, その進行先端部は低気圧性に折れ曲ってうず形となっているエコー, 冬の季節風末期に多い。線エコーや孤状エコーの中には, 直径10km程度の小うずが数個並んで観測されることもあるが, これらはここで分類したうずエコーに含めない。

上記4型について, 発現時の地上気圧配置, 上層風との関連, 降雪分布の特徴などを調査し, 予報の可能性について検討を加える。

(3) 成果の概要

得られた結果は次のとおり。

ア. 各型は大体この順序で発現するが, 低気圧の経路あるいは進行方向によっては孤状エコーが観測されないこともある。また季節風卓越時に西方から低気圧が接近してくるような場合, うずエコーが現れないで, 線エコー

から面エコーに変ることもある。

イ. エコー分布域と降雪分布域とは良く合致する。また, 9時のエコー分布と, その後24時間の降水量分布とがわりあい良く対応している。これは北陸などでの調査結果とは異なっている。

ウ. 面エコー

低気圧が襟裳岬沖や檜山沖にあり, 稚内の気圧が函館より3mb以上, また帯広の気圧が札幌より3mb以上高い場合に現れる。雪は石狩平野全域に降るが, 南ほど多く, 多いところでは日降水量で100mm以上になることもあるが, 平均すると多い所で37mmである。

エ. 孤状エコー

低気圧が北海道東方海上にあり, 稚内一函館, 帯広一札幌の気圧差が5mb以下の場合に現われる。この時の850mbの風向をみると, 札幌が北西の時は稚内が北北西, 札幌が北の時稚内が北北東といったように約20°ほどのずれがみられる。雪はエコーが浸入する地域で降るが, 石狩地方北部から空知地方南部にかけて降る場合が特に多い。日降水量は時に50mm以上のこともあるが, ここ3年間では60mm以上になったことはなく, 平均すると多いところで28mmである。

オ. 線エコー

低気圧が北千島やその南の海上およびオホーツク海にあるときで, 函館が稚内より5mb以上, 札幌が帯広より5mb以上気圧が高い時に現れ易い。850mbの札幌と稚内の風向をみると, 南西から北西にかけての風向の場合が多く, 両地点の風向差は殆んどない。線の走向は札幌の850mbの風向に指向され, 線の数は札幌の850mbの風速が18m/sで1~2本, 27m/sで4~5本で, 風が強くなるほど線の数が多く, 線間の間隔や線の幅が小さくなる傾向がある。雪が降る地域は線の走向によってきまり, 降り易いところとそうでないところがある。日降水量は多くて30~40mmで, 平均すると多い所で26mm程度である。

カ. うずエコー

低気圧がカムチャッカ近海に進み気圧傾度がゆるんで

* On the Characteristic Features and the Forecast of Snowfall in Middle Hokkaido.

** K. Nanasawa (札幌管区気象台)

日本海が袋型の低圧部になる時に多く観測される。また時には石狩湾に小低気圧が解析されることもある。この型のエコーは北海道に内陸高気圧がある場合に発現し、内陸高気圧がない時は孤状エコーとして観測される。雪の降る地域や日降水量は孤状エコーの場合と殆んど同一に考えてよい。

2. 業務への適用

降雪エコーパターンの現れ方については、低気圧位置その他を時々刻々予想することである程度の予測が可能となった。今後降水量予想を適確に行う方法がつかめれば予報作業上極めて有用となろう。

3. より以上発展させるための方策と障害

細分化された地域の降水量予報を行うためには、メソ

気象や雲物理の知識も必要であるが、少なくとも現在より時間的空間的に密度の濃い高層観測や海上気象観測が必要である。今回の調査では啓風丸の観測資料が得られたが通年の海上高層観測を期待したい。次に地上風の地域代表性や降雪量測定精度などに問題がある。さらに地方機関勤務の者にとっては、衛星資料の入手難、十分な文献に恵まれないこと、忙しい現業の片手間としての調査であることなど問題が山積している。解決策として、同方向を志向するグループを全国的に結集して討議するとか、研究所等の機関に1~2ヶ月集めて共同研究の場を与えるとかの方策を真剣に考えて良いのではなからうか。

第17期第19回常任理事会議事録

日時 昭和49年6月10日(月) 14.00~17.20

場所 気象庁観測部会議室

出席者 磯野, 小平, 竹内, 二宮, 丸山, 大井, 駒林,
川村, 伊藤, 北川, 中山, 河村各常任理事

報告

〔庶務〕

1. 福岡管区気象台長から、本年度秋季大会と福岡管区気象台研究会とを同時開催とし、同管内職員を参加させたいと申し出があった。

〔南極〕

Polex-North と South についてのインフォーマル・ミーティングを行い、極気象についての記事を“天気”に掲載すること、秋季大会に極気象のセッションを設けることを確認した。

〔講演企画〕

MONEX の第2回勉強会を8月30日に開催する。

議題

1. 定款および細則の一部改正に伴う措置について
定款改正について早急に文部大臣に認可申請の手続きを進める。

総会出席者に、定款改正を定款の規定に違反して行ったような印象を与えたおそれがあるので、定款の定めには何等違反していない。ただ文部省の行政指導にそっていないだけであるから、民法の関係条文を“天気”に掲載し会員に周知する。

2. 学会奨励金受領候補者選定委員について

小野 晃 気象研究所

門脇 俊一郎 気象庁予報部

百足 虎治 //

竹内 清秀 気象研究所

新担当理事

全理事に書面審査を依頼する。

3. 秋季大会のシンポジウムの題名について

“東支那海低気圧に関するシンポジウム”とする。

4. 秋季大会の参加費について

会員500円、学生会員400円、非会員600円とする

5. 次期役員への引継事項

(1) 外国関係事務と人事関係を庶務理事の所掌とし、庶務体制を強化すること。

(2) 学会財政の健全化を検討することを任務とする
会計委員会を設けること。

6. 環境放射能監視機関設置にあたっての要望書について

原案のとおり内閣総理大臣、科学技術庁長官、環境庁長官に提出することについて全理事に書面審査を依頼する。

7. 予稿集を簡単にすることについて

いろいろな意見が出たが引き続き常任理事会で検討する。