

# 集中豪雨\*

—秋季大会シンポジウム討論\*\*—

日時：昭和42年11月9日（木）15時40分～17時55分

会場：気象大学校講堂

コンビナー：大谷和夫（気象庁）

座長：松本誠一（気象研究所）

1. 中規模現象としての豪雨
2. レーダから見た集中豪雨
3. 気候学的にみた豪雨と地形
4. 集中豪雨の雲物理的考察

二宮 洸 三  
門脇 俊 一 郎  
河 村 武  
駒 林 誠

集中豪雨の問題は、日本の気象学研究および気象業務にたずさわるすべての人が、共通に深い関心を持ち、また積極的にとりくむ責任を持っている大きな問題の一つである。会場はその空気を反映して溢れるばかりの人を集めた。

中規模現象の力学、雲物理、レーダー、地形という集中豪雨の解明に重要な四つの話題を、どのようにかみ合わせ、横につないでいくかということが、難しい問題でもあり、このシンポジウムのねらいでもあった。そのために、話題提供者の皆さんは、座長の松本さんを中心に予備討論をやってそれぞれの予稿（天気掲載）を作成され、それをテキストにもう一度会合して討論を重ねシンポジウムにそなえておられた。

それにも拘らず、前に行われた総会が予定時間を2時間以上も超過したため、極端に時間が不足し、予備討論で検討された大きな問題——例えば観測の手段、要素など——が、いくつか表面に出ないで終わった講演、討論とも、意をつくせないで終わったことは残念であった。

このシンポジウムを楽しみにできてきたのにと地方在住の会員の方いくたりかに共通のお叱言をいただいたが、あらためてコンビナーとしての無力をお詫びするとともに、今後のシンポジウムのために、総会の円滑な進行がなされるよう、集会の理事、会員の皆さんの御協力をお願いしたい。

さいわい、気象大学校の殿村、力武両氏の御労力で討論の記録がまとめられた。足りない時間を有効に使うために準備した予稿を捨ててその場で他の三つの話題に雲物理からの結びつきを話された駒林氏にはあらためて講演内容を書いていただいた。

松本座長始め、関係の皆さんにお礼を申しあげ、適当な機会に再び集中豪雨シンポジウムが今後の発展を含めて持たれることを期待したい。（大谷和夫）

## 二宮洸三（気研）：中規模現象としての豪雨

（講演要旨予稿参照）

高橋（高層気象台）：集中豪雨のきっかけの状態、前兆、終息するときの状態、終息した直後の状態などは具体的にどうなっているか

二宮（気研）：シノプティックにはかなり調べられていると思う。集中豪雨のきっかけとしては、今の話で最後にお見せした湿舌の例であるが、wet core が形成される2日位前からそのきっかけは見えていて、たとえば弱い rain shower が継続的あるいは断続的に起ってきて、それとともにだんだんと上層の wet core が形成されている。前兆現象としては、事後になってみればどのような場合でもありそうである。終息の状態がどうかというと、これは自分自身では十分に解析した例がないので何とも云えない。

高橋（高層気象台）：豪雨中の細かい解析および豪雨が起りそうで起らなかった場合の解析が必要と思うがどうか。

二宮（気研）：当然必要と思う。今まではシノプティックの立場でなされていたが、今後はメソ的な立場から解析しなおす必要がある。

中島（京大）：北陸豪雪の場合には、cold dome とメソシステムとを関連づけているが、豪雨の場合には大スケールのものとの対応はどうか。

二宮（気研）：メソスケールと大スケールとの対応は北陸豪雪の場合には上層の寒気であって、たしかに安定度の悪いときでないとメソスケールの現象が発達しない。その意味から割合に簡単に現象としての相互関係がみつけれられたが、集中豪雨の場合では、どのような関係があるかは、よくわかっていない。しかしながら、もし鉛直安定度ということになると、当然下層での高湿の空気が必要になってくるし、それを加速するという意味では、上層に寒気が入ってくることも必要かと思う。事実

\* Symposium on Severe Rain Storm

\*\* 話題提供者の予稿 本誌14巻9号 321～338

これは中島さんのいくつかの解析結果でもそうだったと思うが、300~400mb程度のレベルでも cold vortex が入ってくることが豪雨の有力な原因となっているようである。しかしいろいろの豪雨の場合を見ると、上層の寒気がそれほど顕著でなくても起る場合もあるようだ。さきほどのことはたしかに一つの factor にはなるようだ。

高橋（高層気象台）：豪雨と豪雪を比較したわけであるが、降水量から云って北陸豪雪の降水強度は集中豪雨の降水強度と同じ位か、

二宮（気研）：それはさきほどの話で、水蒸気収支の立場から述べたが、 $10^{-4} \text{ sec}^{-1}$  の収束に伴う対流輸送がどの程度かによって比較すればよい。北陸豪雪の場合だと  $10^{-4}$  に対し 10mm/day 位であった。集中豪雨の場合は  $q$  の傾度や  $q$  の絶対値が多いからであるが、この場合  $\hat{p}-q_f$  が  $10\sim 20\text{gr/kg}$  に達する。convergence layer の厚さは冬期だとたかだか  $1\sim 2\text{ km}$  であるが、豪雨の場合これが  $3\sim 4\text{ km}$  におよぶことも当然考えられるので、以上の factor をかけ合わすと、たとえば  $20\times 10^{-4}$  程度の収束量に対して、豪雪の場合にはたかだか  $20\sim 30\text{ mm/day}$  になり、豪雨の場合には数百 mm/day のものが期待できる。その意味では今云ったような量は comparable である。

武田（九大）：さきほどの藤田氏の対流性降雨の場合には、その前面に電が降っていて、梅雨末期の集中豪雨のときは電が降ったということは聞いてない。それで藤田氏の解析の場合とは、機構が異っているのではないか。

二宮（気研）：それはその通りであって、レーダー関係の人々の話をきくと、電を伴う  $C_b$  の高さは、15,000 m 程度におよぶこともあるが、集中豪雨のときのレーダーエコーは意外に背が低く、10,000 m 程度ということである。雷の起き方も雷雨の場合と集中豪雨の場合とで、起き方が異なると思う。さきほどの藤田、Byers の解析の場合は、メカニズムではなくて、ただ積雲対流のさかんなところで、メソスケールの昇温が起きている例を出したものである。

座長：

今の御討論が一番最後でもう一度とりあげられると思う。なお時間が経過したので、最後の総合討論に期待して、次の講演に移りたい。

門脇俊一郎（東管）：レーダーから見た集中豪雨  
（講演要旨予稿参照）

樋口（名大）：エコーの発生源に関して、同じ日の新潟レーダー名古屋レーダーについての意見もききたい。

門脇（東管）：富士山レーダーとは一致している。しかし、有効探知範囲以遠の海上の状態は判らない。

樋口（名大）：福井だと海面近くまで見えるのではないか。

門脇（東管）：富士山と福井では能力差があるのでそうは言えない。福井の資料も検討した。

今述べたことは、九州などで云われていることと、多少ちがうかも知れない。

九州の集中豪雨では、対流性の強く背の高いエコーがバンド状に現われる。羽越豪雨や七月豪雨（神戸ふきん）の場合、エコーの走向と風の関係とか、あるいはセルの運動と風の関係で九州での観測結果と同様な傾向を示すものもあれば、層状エコーの存在などかなり異った面もあるので一口に集中豪雨と云っても種々な成因の現象が含まれている。集中豪雨自体にとられるよりは、レーダー観測者の立場からは、バンド状エコーの配列がある時間継続するとき、どういふメカニズムでそういう状態が起っているかを調べるのが、一番重要と思う。

集中豪雨という言葉にとらわれて、かえって現象を見誤る傾向があるのではないかと思う。

座長：あと一つだけ質問して下さい。

孫野（北大）：海上の雲については、時刻がずれていても、気象衛星の資料が使えるのではないか。

門脇（東管）：羽越豪雨では佐渡島の西北西200kmおよびその南方に対流エコーの発生域があった。しかし、28日9時の人工衛星の資料では朝鮮北部から東南東にのび東北地方中南部に達する雲帯が見られるので、この発生域は見かけ上のものかも知れないという疑問が残っている。レーダー資料だけからは見かけ上のものではないように思うが断定できない。

河村武（東管）：気候学的に見た豪雨と地形

（講演要旨予稿参照）

わが国は世界的にみて、半日ないし1日の降水強度が非常に強いのが特徴である。1~3時間程度の中規模擾乱に対応する大雨は世界記録からみると弱い、かなり強いことは事実である。

駒林誠（名大）：集中豪雨の雲物理的考察

時間がありませんので、予稿集で述べたことは省略し先に講演された二宮さん、門脇さん、河村さんの意見に対するコメントをのべます。

二宮さんは早まわしの自己雨量計から、雨量強度の $\rho^2$

ークのうち短い方を個々の積雲ないし積乱雲にあたるものとのべられました。私どもが岐阜県的美濃関市で豪雨を測定したときには、このほかに3分位の振巾の大きいピークがありました。これはザーッと特にはげしく落ちてくる雨滴の集団にあたっております。このピークがあらわれると雨水の塩分は極端に少なくなって蒸溜水とあまりちがわないようになります。雨水がきれいなことは上層で、しかも昇華によって成長した水分であることを示唆しますから、何らかの原因で雲の上部から3分位の時間周期で水分をまとめて落下させる現象があると考えられます。この波動的な原因が力学的なものであるか、水蒸気の補給と雪片の成長及び落下のかねあいから生ずる熱力学的なものであるかはわかりませんが、対流セルの発達とは別の性格をもったものであると思います。その証拠には20分位のタイムスケールで平滑化したときあらわれる降水強度のピークでは雨水の塩分が濃くなっているので、こちらの方は二宮さんの言われるように対流セルの発達に対応しており、塩類粒子を多く含む下層の空気が昇華でなく凝結によって雲をつくっていることを物語るものと思われま

次に湿舌が積雲対流の結果として生ずる副次的なものであるとする二宮さんの意見について考えると、私は湿舌が積雲対流の結果として生ずる可能性のあることには反対がありません。しかし平板樹枝形の雪の結晶が層状雲の形で成熟するためには、 $-15^{\circ}\text{C}$ の高さの層が氷飽和以上の湿度を有することが必要であると考えますので、沢山の対流セルの中で発生した液体ないし固体の水分をまとめて1か所に降らすためには、水平的に数10kmの広がりをもつ湿った層が $-25^{\circ}\text{C}$ 近辺の高さになければならないと思います。集中的な降水にとっては必要条件の1つであって副次的なものではないと思います。

次にメソ・ハイが副次的なものに過ぎないとする二宮さんの考えに、どちらかと言うと私は反対です。高層雲の形で貯えられた水分が下降気流によって勢よく地面へはこぼれることが集中豪雨においてはどうしても必要であると思うので、強い下降気流の存在が豪雨をもたらす系の最も基本的な特徴の1つであると考えざるをえません。たとえば $10\text{m/sec}$ の下降気流の中をさらに $10\text{m/sec}$ で雨滴が落下して、合計 $20\text{m/sec}$ で地上へはこぼれることがしばしばあると思います。

二宮さんは、北陸の冬季には雲底高度が低く、しかも湿度が高いから降水の蒸発にもとづく下降気流は小さいとのべられましたが、雲の頂上部で、何らかの原因で周

囲より重いパーセルができると、あとは空気が乾燥してなくても湿潤断熱線にそって下降できるから、北陸の豪雪のときには強い下降気流があってもよいと思われま

す。もし北陸の観測によってこのようなものが見出されない場合には、おそらく降雪セルの集団は豪雪と言えども豪雨にくらべれば発達が不充分で、いわば北陸降雪のセルは豪雨の頂上部にあたる原形を示して、北陸のセルの下に厚さ数kmの水雲をともなっているときに、はじめて梅雨末期から10月までにあらわれる集中豪雨の系として完成されるのかも知れません。

このさいに下降気流にともなって生ずるメソ・ハイが豪雨系の運動量やエネルギーの収支にとって重要な役割をするのかしないのかについて、私自身は明確な意見もっていませんが、名古屋大学の武田喬男さんの数値計算によると、垂直シアの存在下で、コールド・ドームの存在が上昇流パターンの組織化に積極的な意味もっています。この組織化——上昇流・下降流のみでなく水平流を含めて——の問題は二宮さんが主張された最も重要な点である豪雨雪と中規模じょう乱の關係に密接な關係があるでしょう。これを論ずるには、門脇さんが話されたエコーの動きが手がかりをあたえらると思えますので、先にそちらにふれようと思

門脇さんは豪雨が降るときのパターンの特徴として、水平に広がった層状エコーの中に複数の対流性バンドが存在し、また両者の移動速度がちがうことをあげられました。層状エコーが平板樹枝形の雪結晶からなる高層雲であり、対流性のバンド状エコーが集中的に降水を降下させている積乱雲であるとする、私が考えている第2の雲と第3の雲に具体的な支持をあたえる観測事実であるように思われます。7月豪雨のときに、この層状エコーの底は高さ6kmで、上端は高さ8kmで気温が $-10^{\circ}\text{C}$ から $-15^{\circ}\text{C}$ のところであったとのことですが、この温度は平板樹枝結晶の成長範囲になっていて、これも私のモデルに都合がよいと思われま

す。また層状エコーがバンドより速い移動速度をもつことは、層状雲の中を雪結晶の形ではこぼれる水分をバンド状エコーをなしている第3の雲に補給するのに好都合です。もし両者に相対速度がなかったならば水平の補給が0になり、積乱雲は単独の雷雲のように自己だけの水分を降らすにすぎず、集中的な降水作用を示さないでしょう。

門脇さんが話された事実の中で、最も重要だと思われ、しかも残念ながら私のモデルでは可とも否とも論じることのできない点は、バンド状エコーの移動速度がま

すまずおそくなって遂に停止するとき、極めてはげしい豪雨になることです。北陸豪雪の場合にも層状エコーの中に複数の対流性エコーが埋めこまれた状態でエコー全体の進行が停止することを、数回前の本学会のシンポジウムで名古屋大学の高橋助さんが名古屋と新潟のレーダー観測をもとにして発表しました。

層状エコーの中にあるバンド状エコーが移動を止める現象は、二宮さんが話された中規模じょう乱、河村さんの話された地形の影響及び私が考えている降水要素のライフタイムと複数の雲の総合したライフタイムの一致とのすべてについて、最も核心に近いできごとであると思われる。

エコーの停滞は形式的には定常波の問題あるいは位相速度と群速度とのちがいで論ずることができるかも知れませんが、それよりもエネルギーティックスから考える方がより気象学的意味が明りょうだろうと思われる。海岸の存在とか山脈の存在など地形がもつ造波抵抗的なもの、気柱の転倒にもとづく対流と内部重力波、雪片や降水の空間密度の組織的な不均一にもとづく位置のエネルギーなどが四方へ伝播、分散することがなく、定常的に運動量とエネルギーを送り出すものが地形に対して固定した位置にある一方、それを反射したり透過したりすることなく、効率よく受け止め、吸収して有限振幅のじょう乱を支えているメカニズムが、同じく地形に固定して存在していること示しています。すなわちインピーダンス・マッチングが完成したことを示しています。パターンが停滞しないで移動しているときには、地形の存在による影響は四方へ伝播、散いつつして、充分にじょう乱の形成に貢献していないものと想像することができます。

この問題は二宮さんの中規模じょう乱のエネルギーティックスを明らかにする上でまた河村さんの地形の影響を明らかにする上で極めて重要であります。さらにエコーは空気ではなく、水または氷からなる電波散乱体の集合を示しているのですから、単に空気力学だけではなく、降水機構そのものがエコーの停滞に一役買っているにちがいありません。仮りに中規模じょう乱が、より大規模なじょう乱から力学的エネルギーをもらって発生したとしても、また地形の影響で発生したとしても、それが充分に発達する頃には、積雲の活動、内部重力波、降水及びそれともなう下降気流などの、より小さいスケールからの組織的な貢献が極めて重要であることが想像されます。

河村さんが話された中で、日本全国の中ですべての土地ではなく、統計的にみると幾つかの限られた地域で豪雨がおこりやすいことは、地形の波数スペクトルのうち豪雨の発生ないしは層状エコー中のバンド状エコーの停滞に適したものと適さないものがあることを物語っているよう思われます。海上に巨大なバンドが停滞することがありますから、紀伊半島全体を半波長とするような大きな波も力学的には効いているのでしようが、40km位の波長をもつ地形の影響や、風向の高度別変化に対応して地形の中のどの方向の波数が効くかの関係などが、氷晶発生→氷晶発達→雪片集合→降雨のライフタイムに適合するかどうか、力学的なものにまさるともおとらない重要性をもつように思われます。

最後に地形のうち、大陸と海洋のようなスケールが今までの話よりずっと大きいところについて、地形と雲物理が集中豪雨とどのような関係をもつかについて1つの可能性を指摘したいと思います。

それは自然氷晶核と集中豪雨のクリマロロジーとでも呼ぶべき問題です。モンゴル・黄河上流の半乾燥地帯から黄砂がとんでくるとき、大気中の氷晶核が非常にふえることが知られています。したがってモンゴルから東方へのびる帯状の地域では雲頂に多数の氷晶ができてやすく、雪の形でためた水分をまとめて降らせる集中性の降雨が生じやすいかも知れません。一方南方洋上から日本へかけては混合比が高い地域があって雨量の大きい降雨があるが、暖かい雨の性格が強いために集中性を示さないで、反対に凝結した水分はそのセルの下へすぐ落下する言わば分散性の降雨のおこりやすい帯をつくっているかも知れません。台風なども南方に在る間は分散性の降雨をともなっているかも知れません。この2つの帯が日本付近で交叉すれば——この交叉域は季節によって異なるでしょうが——日本付近は雨量が大きくしかも集中性降水の性質をもっている地域、すなわち集中豪雨のおこりやすい地域であることになります。

ですから地形の影響の研究は中規模じょう乱と同じ位のスケールを対象とする研究の他に、アジアの中で日本は集中豪雨のおこりやすい地域であるのか、あるいは普通であるのか、またアジアは北半球全体で平均的なのかおこりやすいか、などの核と豪雨のクリマロロジーについても関心を向けることが必要であると思えます。

### 総合討論

松本(座長): 今回のシンポジウムではお互の共通点を強調することにして、スケールとしてメソスケールある

いはそれ以下にしばった。

先づ講演者の意見を最初にききたい。

二宮(気研): 短い方の周期について集中豪雨の特性はどうか。

駒林(名大): 3分程度の周期で、毎時300mm程度の強いのが降るとき観測を行なった。その雨滴の空間分布について、レーダーとの対応ができなかったが、この降雨がもし垂直方向に詰っているとすれば雨滴だと落下速度10m/secとみて1.8kmの厚さで濃密な雨の部分があって、雪だと落下速度1m/secとみて180mの厚さの雪の濃いところがある。またもしひどい滝のようにおちている場所が空間的に水平に離れていて、それがつきつきに来るのであれば、話は違うことになる。どうも感じでは上下にパルス状におちて来るように思える。その意味ではdown draftの発生点がByersらに言わせれば雷雨では0°C付近にあると言われているが集中豪雨の時はこれとちがって、-15°Cとか、もう少し高いところまでdown draftの源があって、その辺の上下方向に伝播するなにかの波状運動があれば、それが原因になってパルスのないブロック状の降水をつくると思われる。事実としては、雪ないし雨のかたまりが、3分位の集団で落ちると言うことである。

二宮(気研): 2, 3時間週期については雲物理の方では特別の考えを持たなかった。やはり下層収束の方に原因を求める以外にないと思う。

樋口(名大): 駒林さんの集中説は面白いと思うが、駒林さんの話によると雪の形で空中に貯水池としてたまったものが、3番目の積乱雲が入ることによって、集中して降る。だから集中のprocessとしては空気中に雪としてたまったものが集められて降ると言うのが集中性の特徴ではないかと思う。そのような意味から言うと、モンゴルから沢山の核が供給され、しかも-15°C位で雪の結晶が早く成長して、空中にたまるような条件がいいのか、つまり核の問題の集中性なのか、空気中に雪がたまるという集中性なのか、どうか。

駒林(名大): 第1会場の発表で教育大の福井先生からも集中性の意味について話があったが、雲物理の方だけから言えば、核が多いため氷晶が空気中に非常に沢山できる点すなわち核の集中性ではなく、雪がたまることにかぎられる。もっと大規模な意味で言えば、例えば低気圧の通路にあたっているとか、パロクリニシターのラインであるなど、中緯度地域がシノプティックの意味でもともと降雨発生に関して集中性を持っている。この

特性を表現するのに年雨量の10%を占めるという定義では恐らく表現できないと思う。そこらを上手に、識別することによって集中性の概念を何通りかに分けたいと思う。

高橋浩一郎(気研): 今の考え方をすれば海上でも集中豪雨があると考えてよいか。

駒林(名大): その通りで、図にもそのように示した訳である。集中豪雨だけでなく、第1, 第2, 第3の雲もレーダーで観測できる管で、門脇さんの言っているバンドエコーの強いものは恐らく第3の雲と思われる。大台ヶ原、尾鷲が豪雨があるというのは海上にある豪雨帯の端が引掛かっているものという見方も聞いたことがある。そういう意味で、海上にもよくあるものと思う。

高橋(気研): 集中性の種々のタイプを考えればよいと思う。例えば地形も含めて。

駒林(名大): 第1の雲の出やすさ、すなわち雄大積雲が固定して発達しやすいところがあり、さらに第3の雲が出やすいところがあれば、都合がよい。紀伊半島のように南西側になっていて、四国沖からSW風が入って来て、紀伊半島を登る形で雄大積雲を作り、そこから氷晶雲が東に流れてくる。一方地上風がやや南東寄りて尾鷲・大台ヶ原辺を南東から入った地方風が、第3の雲を作って、それがぶつかると都合がよいと思う。その場合、ぶつかるという表現だと連続の式を満たさないおそれがあるが、広い意味の混合のprocessすなわち下層と上層の運動量の周期的な交換が大事になって、紀伊半島の南西側の斜面の雄大積雲の方はパーマメントにステーションナリーにあって、尾鷲上空に立つ積乱雲の方は、立ったり縮んだり、つまりdown draftとup draftがある週期で繰返すことが必要になると思う。そのような対流と内部波動の力学と言う意味で、必然的に集中豪雨がパルスの性格をおびざるを得ないと思う。それはまた雲物理的側面から見ると雲に単にブロックがあって雲水量を貯えやすいということではなく周期的な上昇下降がないと上から雪片の形で貯えられた水を引きずり落すことが出来ないという意味で必要だと思う。

高橋(名大): 氷晶核の集中性の問題と雄大積雲から氷晶の尾流が出て、それがのびている状況がレーダーで見えるが、その時そこにあった雄大積雲に種まきされて降ると言う考え方と二つあるが、後者によると雄大積雲のグループがなければならぬが、両者の区別はどうなるか。

駒林(名大): 氷晶核の多い北陸で測った場合には1/

に5ヶ位あって、そういう時、北陸豪雨があった。そのように核が多い時雄大積雲が立ってもその雲頂の温度が暖かくて $-10^{\circ}\text{C}$ 位だと、氷晶化するものがそんなに多くはないが過冷却水と共存するので降水は当然おこる。それが霰になる部分である。

雄大積雲の雲頂が $-15^{\circ}\text{C}$ ないし $-20^{\circ}\text{C}$ となると、氷晶化した部分が厚くなり私の言う第1の雲それ自身が相当な雨になってしまう。普通にわか雨の中で特別によく降ったすなわち降水効率のよいしゅう雨という形で終わってしまうと思う。集中豪雨を形成する場合の雄大積雲の役目はそれではなく、私の言う第2の氷晶雲を作らなくてはいけない。そのためには第1の雲であまりに水もれしてしまてはいけない。つまり氷晶核は多いけれども雄大積雲があまり背が高くなってはいけない。たとえば高橋劭さんの言う正に帯電したあられになるより暖いところに限る方がよいと思う。そうでないと集中豪雨という程の集中性は現れない。

松本(座長): 力学と雲物理の意見にやや合わない点が感じられる。何が空間にサスペンドさせる原因となるか等、1~3時間位のことを考えると力学のことが問題になるが、力学的な問題について発言してほしい。

山本(東北大): 雄大積雲があること、あるいは第3の雲があることが前提となっているが、それがどういう風にして出来るのか。また特に、集中豪雨の時どういう条件でそういう雲ができるのか。

駒林(名大): それは垂直シアのある流れの中の積雲集団の力学的行動と言う点で二宮さんの方の問題と思う。そこで雲物理の面だけから述べるとなぜ雲をいくつにも分けたかという、よく降る時の粒度分布、その他から考えて、その雪片が成長するためには1時間、落下と上昇の分を入れて、2時間位の life time を必要とする。雲一つ一つの life time が30分なので、一つの雲では時間の成長に間に合わないので、雲が幾つか合わさってリレーおくりで2時間分の成長をさせてやらなくてはならない。しかもそれが3時間位つづいて、あらゆる成長要素について必要となるので、組織的な機構の存在が要請されるわけである。

この機構に対する力学的根拠としては、例えば二宮さんの話に根拠が得られれば強いサポートを得たことになる。

二宮(気研): これは質問でもあるが、最初の積雲と二番目三番目の積雲が私の話した中規模じょう乱で言えば一つの中規模じょう乱に属する必要があるかどうか。

氷晶の形でストアされたものが集中して来るための時間的スケールと空間的広さについて聞きたい。

駒林(名大): 空間スケールで40km位、時間スケールでは2時間位である。一つの中規模じょう乱に属する必要があるか、二つの中規模じょう乱の一部ずつにまたがってもよいのかについてはまだはっきりした考えをもっていない。

二宮(気研): メソシステムの空間100kmのオーダー、ライフタイムが数時間というのは好都合ということになる。それより小さいスケールのものは有効ではないし、それ以上大きいスケールのものは必要ないということになる。という結論になるのか。

駒林(名大): 私は3時間程度のことを考えている。1日降りつづけて数百mmというような場合はもっと大きい必要があるかも知れない。3時間程度ならばメソスケールでよい。

二宮(気研): メソスケールのライフタイムとスケールは集中豪雨にとっては好都合ということになるか。

駒林(名大): その通りと思う。

松本(座長): あと質問者を3、4人に限りたい。

高橋(高層): 集中豪雨と言うことばは新聞が最初に使ったので、集中にあまりこだわりの必要がないと思うが、なぜ限られた地域に集中して降るのかという問題が一つと、集中豪雨の出来る条件がどうして出来たのかをこの次のシンポジウムではやってほしい。

北岡(気象庁): 集中豪雨の起る条件として下層の収束が必要と思う。水蒸気補給等の条件は日本の夏では常に整っている。下層の収束に関連して河村さんの地形の影響に関する話がクローズアップされ、私も共鳴させられた。もう一つは門脇さんの集中豪雨が起る場合には、ある地域にエコーが停滞する話があったが、停滞するということはそこに地形の影響があることになる。

集中豪雨に対しては下層の収束が必要でそれには地形が影響し、じょう乱がどう動くかによって、集中豪雨のおこる場所がきめられる。それに日本附近の雲物理的要素を加味すればよいと思う。

海上の集中豪雨では、地形の影響と考えられない点があるが、スライドで示した海上の集中豪雨の年月日とその時の気象状態はどうなっているのか知りたい。

門脇(東管): スライドに示した例が集中豪雨になっていたかどうか判らない。海上に強い線状エコーが現られることが多いのでその例として示した。地形の影響については、たとえば日本海を前線が南下して来る時、

日本海でつよいエコーが見られる。それが山岳地帯にかかる、デヒューズして弱くなる。ところが太平洋上に出るとまた強くなる。そういう意味からするとたとえば摩擦のような地形の影響はきいていると思う。しかし、単に地形で風が収束したら、そこに強いバンドが形成され停滞するとは私には考えられない。それは新潟の豪雨の場合がよい例である。エコー発生源がもう少し北の方であれば秋田県の方に降ってもよいと思う。

もちろん地形も効いていると思うが、年降水量の分布などに大きく作用し、集中豪雨の場合には2次的なものではなからうか。

レーダーの立場からすると、帯状エコーの風上側にある強い対流セルを発生させているところではどういふものか、また、数百 km ものエコー帯の形成・維持機構はなにかが重要で、後者には発生域とその風下の成層状態と 300 mb またはもう少し高いところまでの風の構造が一番大きな役割をはたしていると思われる。

局地的な地形は少くとも第一次の要因ではないと思う。

松本(座長): 力学の方面から発言してほしい。

広田(東大): あるスケールのじょう乱が発達し易い状態になっていると思うので台風の場合に力学的バランスを取扱うが、集中豪雨の場合にもそのような考え方がつかえると思う。

後町(京大): セルがライン状になるモデルを門脇さんが提示されたが、このモデルは今回の解析から得られたのか。

門脇(東管): 線状エコーの形成機構のモデルとして示したものは Newton, 立平, Atlas などのものでセルの追跡 RHI でのエコー特性の観測などが裏付けになっている。羽越豪雨、七月豪雨(神戸ふきん)についてセルの追跡等を行ったが、このようなモデルでかなりよく説明できる場合もあるように思う。

松本(座長): これで終了します。

## Calendar of Events

### *World Meteorological Organization*

24-26 January 1968	Working Group on the Stratospheric Warming Experiment (CAS), Geneva, Switzerland
7-10 February 1968	Executive Committee Panel on WMO Voluntary Assistance Programme, 1st session, Geneva, Switzerland
18-29 March 1968	Scientific and Technical Conference on Aeronautical Meteorology (CAeM), London, United Kingdom
25 March - 5 April 1968	3rd session of Commission for Hydrometeorology (CHy), Rio de Janeiro, Brazil
April 1968	3rd session of Executive Committee Panel of Experts on Meteorological Education and Training, Cairo, United Arab Republic

### *Other International Organizations*

28 February - 8 March 1968	Group of Experts on Marine Science and Technology, New York, U.S.A.
5-23 March 1968	Conference on North Atlantic Ocean Stations (ICAO), Paris, France
14-27 August 1968	United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space, Vienna, Austria
20-24 August 1968	Seventh Plenary Meeting of the World Power Conference, Moscow, U.S.S.R.