

1987年に観測された長崎県南部地方の 対流性降雨の微細構造

荒生 公雄・椿 隆博*・中田 勝夫**

長崎大学教育学部地学教室

(昭和63年10月31日受理)

Fine Structure of Convective Rainstorms over Nagasaki in 1987

Kimio ARAO, Takahiro TSUBAKI*
and Masao NAKATA**

Department of Earth Sciences, Faculty of Education

Nagasaki University, Nagasaki 852

(Received Oct. 31, 1988)

Abstract

The rainfall in 1987 monsoon season over the south of Nagasaki Prefecture was studied with a special interest in the orographic enhancement of convective clouds. The PPI marine radar of 3.2 cm wavelength and three rain-gauges with a digital printer were the main equipments of this study. The records of 34 rain-gauges of ordinary type in this region were also utilized for estimating the movement of cloud system. The results of this study are summarized as follows:

- (1) The rain-gauge with a digital printer, which prints out both the time (hour, minute and second) and the accumulated amount of rainfall for every 0.5 mm pulse, is very useful for evaluating the rainfall amount in a short time period such as one, five or ten minutes.
- (2) The behavior of the thunderstorm on 5 July was very interesting, because the development of this rain system was similar to that of the Nagasaki heavy rainfall occurred in 1982. New convective rain cells of this storm were generated at the south-western end of the storm region and moved to the east, so that the orographic effects

* 現在 長崎県鹿町町立鹿町中学校

** 現在 大阪教育大学大学院地学第一講座

of Nishisonogi Peninsula is more or less attributable to the development of the storm.

(3) One of the interesting features was the line-shaped rain band with very narrow width and with long life time, which extended from the eastern part of Nagasaki City to Isahaya City. New cells of this system occurred the west end of the line. The behavior of this rain cloud also suggests an orographic effect due to the moderate hills of Nagasaki Peninsula.

1. は し が き

長崎県地方は西に東シナ海をのぞみ、海上を渡ってくる暖湿な南西気流の影響を強く受けるという地理的条件から、梅雨期の降雨活動が非常に活発な地域である。過去の諫早豪雨や長崎豪雨のような巨大豪雨の例を挙げるまでもなく、全国的視野に立っても豪雨多発地帯として広範な注目を浴びている地域である。本地方では、著しい被害を引き起こす豪雨に限らなくても、かなり強い対流性降雨がひとシーズンの間に数回は発生している。このような言わば毎年何度か起こっている小規模な豪雨（これを強雨と呼ぶことにする）の構造やふるまいが巨大豪雨のものとまったく無関係とは考えられず、むしろ、密接な関係や類似性があると考えるのが自然である。従って、このような強雨の本地域での成長・発達や各種のふるまいが明らかにできれば、巨大豪雨のもつ種々の特性を解明するための有力な手掛かりとなるに違いない。本研究は、上述の観点に立って、長崎県南部地方における強雨の微細構造に関する記録や資料などを蓄積していくことを目的としている。

本研究の重要な視点の一つは次のような点にある。本地方の豪雨の水蒸気の源は、九州西海岸としての比較的規模の大きい海陸分布に基づく地理的条件に支配されているものの、実際の豪雨をもたらす対流雲の成長・発達にはもっと規模の小さい地形や山岳の効果が効いているのであろうという示唆は多く（例えば、Ogura et al., 1985）、非常に興味深く魅力に満ちた指摘である。しかし、どのような地形や丘陵がどんな影響や効果を与えるのか、という点になると判然とはせず、かなり曖昧である。本研究の対象地域は長崎大学を中心に半径約50kmの範囲であるが、海岸線は複雑に入り込み、山岳や丘陵も多く、他に例をみないほど複雑な地形を形成している。このような状況を十分に考慮し、地形の効果を重要課題の一つとしてしっかりとした問題意識をもち続ける必要があると考える。

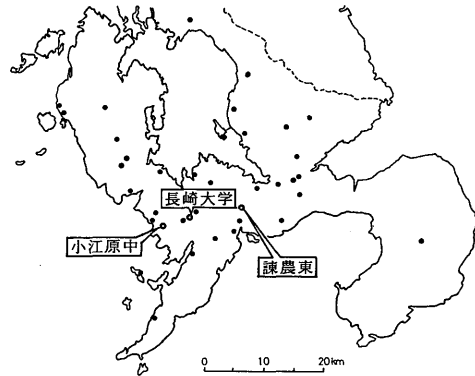
長崎大学独自の気象観測機材は著しく貧困であるが、やや特殊な機材は本学水産学部の船舶用レーダーである。PPI方式に限られるレーダー装置（波長3.2cm）であるから、立体的な降雨状況の把握は不可能であるが、海上での降雨の活動や、降雨域の移動の監視などに十分有用である（荒生ほか、1988）。また、本地域の気象官署や地方自治体の雨量観測は比較的高密度に行なわれており、基礎的データとして貴重である。機材や観測方法などかなりの弱点があることは否めないが、出来る範囲の研究を試みることも大切なことである。地形効果に強い関心を抱きながら、強雨の活動を注意深くみつめ、事例を蓄積していくことが本研究の基本的方針である。ここでは1987年の観測と調査によって得られたいくつかの特徴的な事例を報告する。

2. デジタル雨量計の有用性

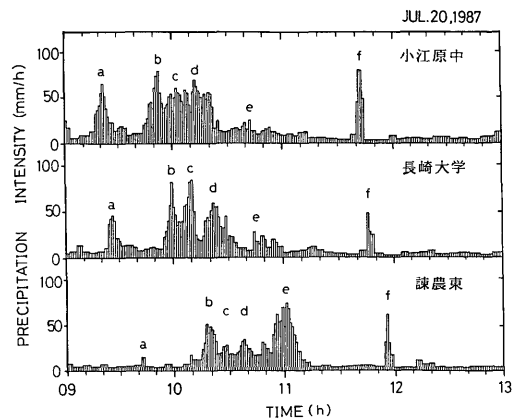
本研究室が所有する雨量計は3台だけであるが、すべて転倒ます型受水器(1転倒0.5mm)とデジタル雨量記録器(池田計器 RDL-100型)で構成されている。ここではその受水器と記録器をまとめてデジタル雨量計と呼ぶことにする。従来の標準的な記録器である自記電接計数器と比較すると、デジタル記録器の長所は次のような点である。(1)タイマーと演算機能を内蔵しており、転倒のたびごとにその時刻(秒の単位まで)と積算雨量をロール紙に印字する。(2)時刻が正確に記録され、任意の短時間雨量が容易に求まる。(3)1巻のロール紙に500mmの降雨を記録でき、梅雨期でも記録紙の交換は1か月に1度で十分であり、ほとんど人手を必要としない。(4)充電式のバッテリーを内蔵し、24時間の停電に耐える。従って、電接計数器の欠点(特に記録時刻の不正確さと記録紙交換の煩わしさ)を完全に克服した記録器であると言える。そして記録は常時数字で表示されるから目盛を読む必要もない。大雨の際の5分間とか10分間といった短時間雨量の解析が容易にでき、豪雨の微細な雨量分布を得るには極めて有用である。

長崎大学で常時観測に用いている1台を除いて、残る2台を臨時観測用として活用しているが、1987年の梅雨期には長崎市立小江原中学校と諫早農業高等学校東長崎分校に設置させていただいた。無人観測が可能とはいえ、所期の記録が得られたのは両校の暖かい御援助の賜物である。両校の位置は第1図に示すが、長崎大学を挟んで東西に一直線になるように、しかも水産学部レーダーのグランドエコーの外側にあることを条件に選定した。

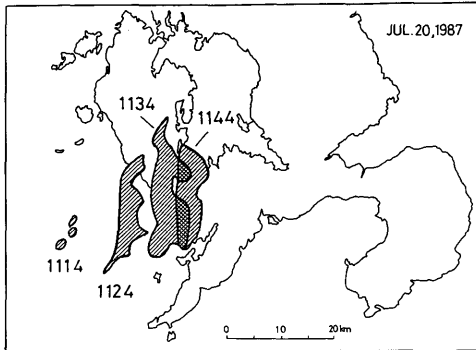
第2図に3台のデジタル雨量計による観測結果の1例を示す。図の縦軸は降雨強度で、時間の分解は1分単位で行なっている。例えば、1分間に0.5mmの降雨ならば降雨強度は30mm/hとなり、10分間に0.5mmの降雨ならば10分間の平均として3.0mm/hとして表示している。図に示した7月20日の例では、小江原中で観測されたスパイク状の強雨がほとんどその構造を保ったまま長崎大上空を通過し、諫農東分校に移動したことがわかる。しか



第1図 本研究に用いた雨量計の位置



第2図 3台のデジタル雨量計による降雨強度の比較



第3図 第2図のfに対応するエコーの広がり
と大きさ

し、3地点で微妙な変化もみられる。例えば、aの雨は諫農東で著しく弱くなり、b、c、dもかなり弱まっている。一方、eは諫農東で非常に強い。fは降雨継続時間が4-5分と短いにも拘らず、ほぼ一様な強度を保っていた。一見すると衰弱や発達にみえる場合でも、早計には断定できない。東方向に移動する強雨の存在は確かであっても、その中心が3地点を通ったとは限らないからである。3地点の周辺に存在する雨量計が同様の時間分解能をもっていれば、もっと詳細な降雨像が得られたであろう。この図のなか

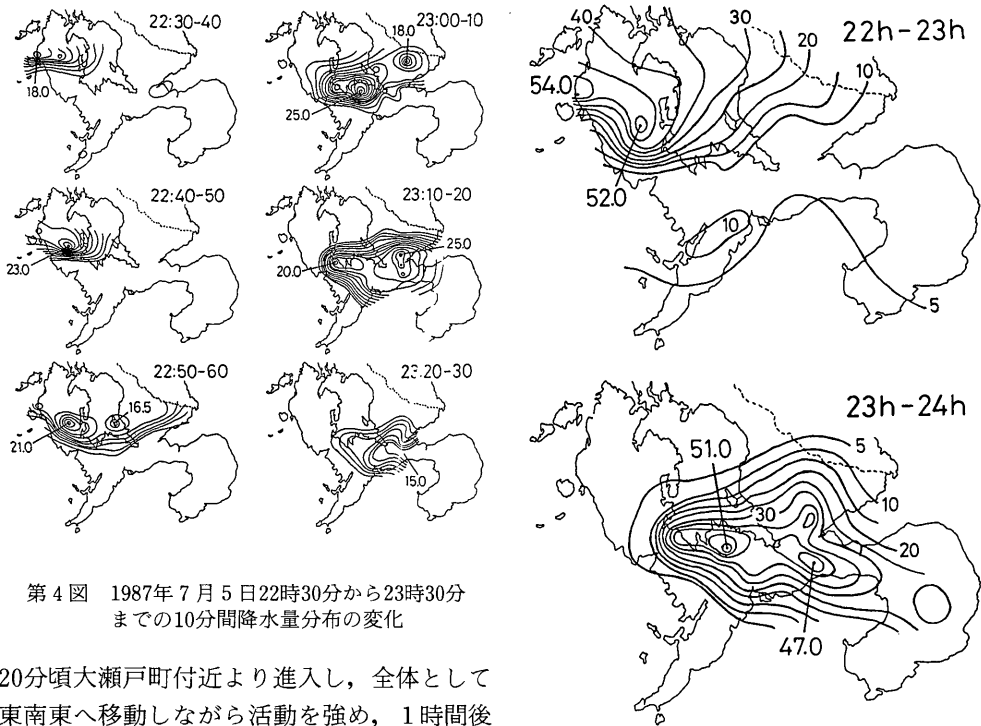
で最も雨量が大きかったのは小江原中のb-dの部分で、09時50分から10時20分までの30分間に25.5mmを記録した。従って、極端に強い雨ではない。それにもかかわらず、短周期的な降雨変動をかなりよく保存しながら移動していることは興味深い。このような移動方向への降雨パターンの保存はほかの日でも、またもっと弱い雨の場合にも確認でき、かなり一般的な傾向と考えられる。

第3図は最後の強雨fの進入時のレーダーエコーの時間的变化を示す。船舶用レーダーではGainをあげると、小降りの雨もかなり強いエコーとなり強雨の中心が判別しにくくなるから、感度を絞って比較的強い雨の部分だけを映し出し、それを写真撮影したものである。この日の場合5分間隔で撮影を行なったが、11時14分に初めてfに対応するエコーが西方約20kmの海上に現われ、次第に南北に長い帯状のエコーとなって東進した。エコーの位置の変化から求めた雨域の移動速度は56km/hであり、第2図のfの降雨のピークから得られる速さと一致している。なお、降雨fは他に遅れて孤立的に進入してきたから、このような追跡が可能であったが、b-dの降雨ではレーダーサイト(長崎大)も強い雨を浴びて電波の減衰が激しく、遠方の降雨に鈍感になったため追跡できなかった。従って、3cm波では特に送受信地点にあまり強い降雨がない時に、周辺の強い雨域を監視するという方法が最も効果的な運用である。

3. 7月5日の降雨

3.1 降雨の状況

第4図は7月5日22時から23時台にかけての10分間ごとの雨量分布である。この雷雨での最多雨量は長与ダムの62.0mm(22-24時)であるが、図からわかるように23時00-20分の20分間に44mm、22時50分-23時30分の40分間で56mmと短時間に集中的に降っている。強雨域からやや外れた長崎大学では同じ20分間に8mm、40分間に18mmであった。本図の雨量解析は第1図に示した38地点の記録を用いて行なったが、29地点では10分間、3地点は30分間、6地点は1時間ごとの雨量で整理した。但し、3台のデジタル雨量計や周囲の記録と比較して強雨中心域の3台の記録を2-5分の範囲で時刻を修正した。本降雨系は22時

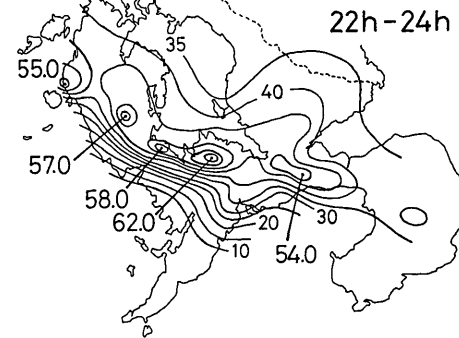


第4図 1987年7月5日22時30分から23時30分までの10分間降水量分布の変化

20分頃大瀬戸町付近より進入し、全体として東南東へ移動しながら活動を強め、1時間後に島原半島に達した。本図の時刻の直後にあたる23時40—50分の10分間に雲仙岳測候所で28.0mmを観測しており、1時間以上にわたって強い勢力を維持していた。本降雨系の移動速度はかなり速い(平均50km/h)が、長崎豪雨の第2経路と第3経路(荒生, 1986)を合せもったような経路を辿り、非常によく似ている。さらに、同じ時間帯に2つの強雨域が存在している点でも似ている。

第5図は22—23時および23—24時の1時間雨量とそれらを合わせた2時間雨量の分布である。一過性の雷雨であったから、降雨の前面や後面がはっきりしていることがわかる。

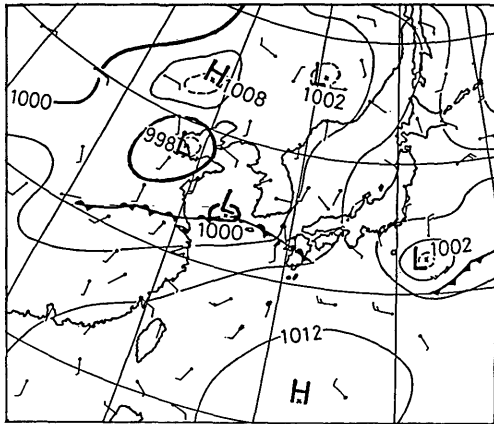
さらに、比較的単純な移動経路に沿って強雨域が東南東に延びていること、また、強雨の南側では北側に比べて雨量が距離とともに急激に減少していることがわかる。なお、この雷雨に対して長崎海洋気象台は23時10分に大雨警報を出した。



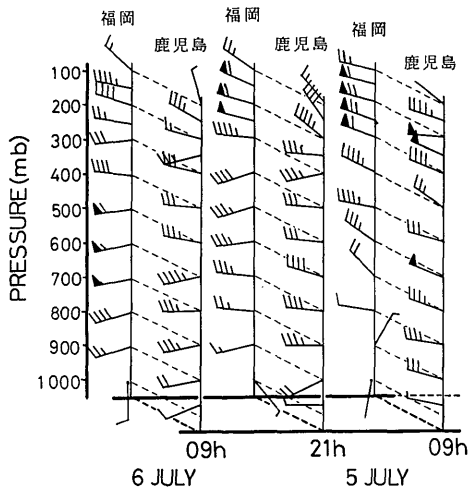
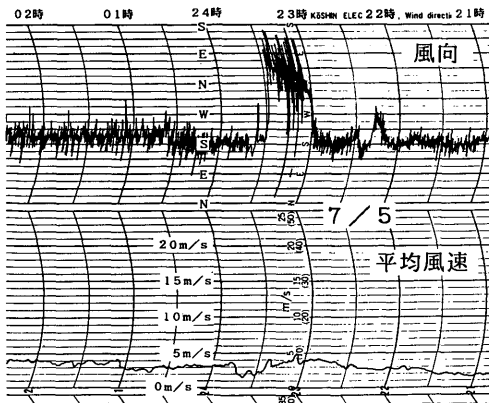
第5図 1987年7月5日22—23時、23—24時の1時間雨量とそれらを合わせ2時間雨量の分布

3. 2 気象の状況

第6図は7月5日21時の地上天気図である。本地域は低気圧からのびる梅雨前線の暖域側に入ったばかりのところに位置し、豪雨をもたらす典型的な天気図パターンであった。



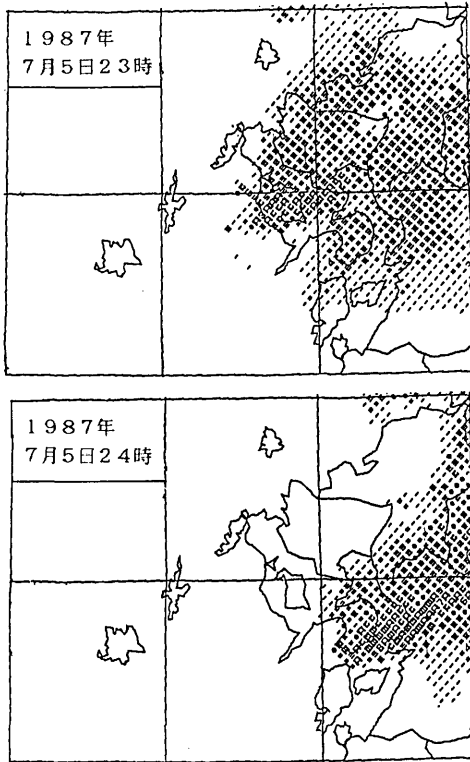
第6図 1987年7月5日21時の地上天気図

第7図 福岡と鹿児島の高層風の風速と風向
風向は上を北にとり、風速の枝は10kt 単位

第8図 長崎大学における7月5日21時—6日02時の風

第7図は鹿児島と福岡の高層風の断面図である。この図より、本雷雨の時刻に対応する本地域上空の風は、300—700mbの中層全域にわたって約40kt（時速約74km）の西風が吹いていたと推定できる。もっと上空の200mbでは50ktを上回る西風となっており、積乱雲最上部の降水要素は東側に流され、第4図や第5図のように東側に膨らんだ等雨量線を形成したと考えられる。第8図は長崎大学での風向・風速の記録である。22時の風向はSで平均風速3.0m/sであり、海上から湿った南風が入り込んでいた。最も興味深いのは、23時00分に風向がSからWまわりでNに急変し、約30分間にわたってN—NEの影響下であり、23時30分頃再び南風に戻ったことである。この北風の平均風速はおおよそ4 m/sとかなり顕著であった。瞬間風速は示していないが、この間の風速は1—9 m/sの間を何度も激しく変動した。第4図に示したように、23時の降雨の中心は長崎大学の北方約6 km付近にあったから、雷雲からの下降流による北風の影響下にあったとみることができる。

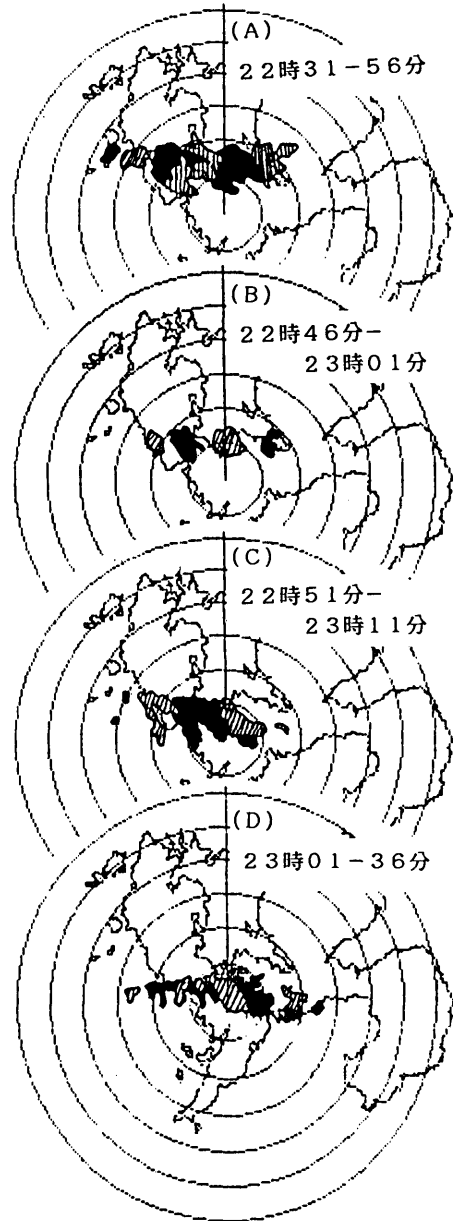
第9図は23時と24時の気象庁のレーダーエコー合成図である。23時の最強雨域は外海町から多良岳にかけており、全体として第4図の22時50—60分の降雨の分布や強度とよく一致している。しかし、注意深く観察すると多良岳付近のエコー強度の方が西彼杵半島のそれより1レベル強く、気象庁福岡レーダーの5 cm波でも前面側の降雨に敏感である傾向がみられる。2枚のエコー図から、降雨系が東西50—70km、南北10—20kmの大きさで東南東に移動していたことがわかる。この図でもう一つ興味深いことは、西海上の降雨域は海岸付近だけに限られていることである。



第9図 気象庁のレーダーエコー合成図

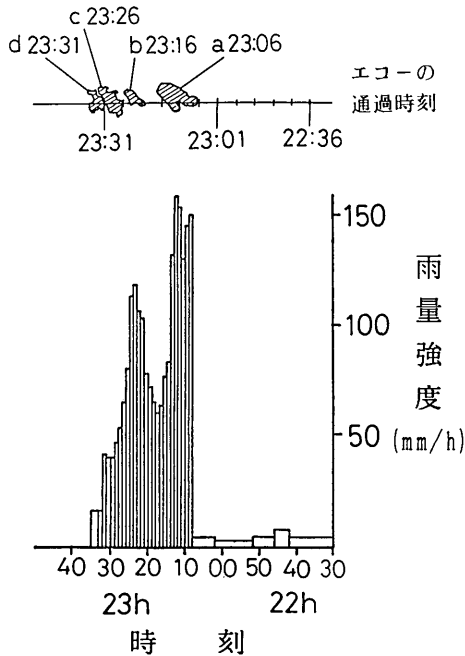
3. 3 船舶用レーダーによる解析

本学船舶用レーダーでもこの降雨の観察を行なった。強雨による減衰のため北方30km, 東方20km以遠ではエコーが著しく小さくなっていたが, 降雨系が接近した22時30分から23時30分頃までの動向を捉えることができた。既に述べたように, 本学のレーダーはGainを絞って強雨の中心を映し出すようにしており, 比較的小きなエコーが斑状に散在する形で現われる。本降雨については5分間隔で写真撮影を行なっており, 孤立的な小エコーの動きを追跡した。エコーは西海上に次々に出現して東方に移動したが, その代表的な移動の様子を第10図に示す。これらの図では5分間ごとに暗黒部と半影部を交互に用いてエコーの変位を表示した。本レーダーは南側から降雨を観測しているから, 降雨の北側の広がりには鈍感であると考えられるが, 雨量分布や福岡レーダーの結果との対応もよく,



第10図 本学船舶用レーダーによる5分間隔のエコーの位置

これらの図では5分間ごとに暗黒部と半影部を交互に用いてエコーの変位を表示した。本レーダーは南側から降雨を観測しているから, 降雨の北側の広がりには鈍感であると考えられるが, 雨量分布や福岡レーダーの結果との対応もよく,



第11図 諫早農高東長崎分校を通過したエコーと降雨強度の時間変化

校のデジタル雨量記録を用いて吟味した結果を第11図に示す。本学レーダーのエコーが同校上空にかかったのは図のa-dの4つで、このうちaは第10図の(C), cは(D)の降雨列の到来によるものである。エコーの通過時刻を上記、降雨強度を下に示したが、対応はかなりよく、小エコーが強雨域の存在を表わしていることの裏付けとして十分である。aのエコーに対応する23時08—14分の6分間雨量は15mmであり、図からも読み取れるように、150 mm/hの強さをもっていたことになる。しかし、長崎豪雨の6分間雨量の極値は32.5mmであるから（荒生，1987），その2分の1ほどの強度であった。

3. 4 微細構造に関する考察

上の述べた結果に基づいて作成した本降雨系の個々の対流雲と群の移動に関するモデルを第12図に示す。個々の対流雲は降雨系の西南端で発生し、既存の対流雲とともに一定の速度で東に移動しながら発達し、30—60分の寿命で消滅するという過程をモデル化したものである。このような個々の対流雲と群の移動の関係は目新しいものではなく、既に多くの報告や解説がなされている（例えば、Browning and Ludlum,

(1) 西側に現われた小エコーが次第に広がりながら、ほぼ東方に移動したこと、

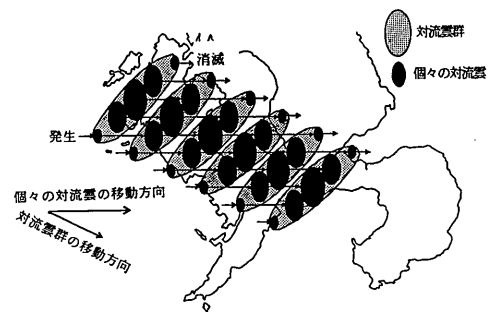
(2) 新しい小エコーが先行エコーの南西の端に現われ、

(3) その新しいエコーも東に移動することによって降雨系が南下したこと、

(4) いくぶん陸地に入ったところで発達傾向にあったこと

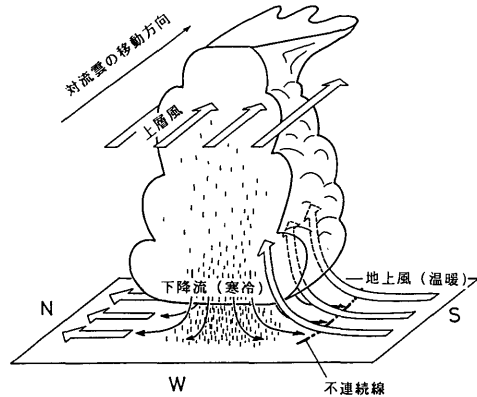
などの降雨の基本的なふるまいを的確にとらえている。西から東へ移動した小エコーの例は第10図に示した4本だけではないが（同時刻に発現し、すぐとなりを並進するエコーもある）、それらの東進の速度は67—75km/hであり、上層の風速とほぼ等しい。また、小エコーの大きさは最盛時で長径8—12km、短径3—4 kmであり、ひと列のエコー群の寿命は本レーダー上で20—35分であり、それぞれ一つの対流雲に対応すると考えられる。

これに関連して、ここで分類した小エコーと降雨の関係を諫早農業高校東長崎分



第12図 本降雨系の個々の対流雲と群の移動関係のモデル

1960；武田,1981)。ただし、本学のレーダーでは強雨域の後面には鈍感であるため、半影部として示した対流雲群の消滅段階をスコープ上にはとらえられていない。しかしながら、武田ほか（1987）の観測例を考慮すれば、十分ありそうなふるまいである。あるいは、そうでないにしても、下層南風、上層西風を念頭におけば、発生直後の小エコーは北東進し、発達とともに東方に進路を変えていくから、「へ」の字形の経路を経て衰弱したと考えることには十分妥当性がある。個々のセルが西海岸から進入し、陸地のやや入ったところで最盛期になるよう

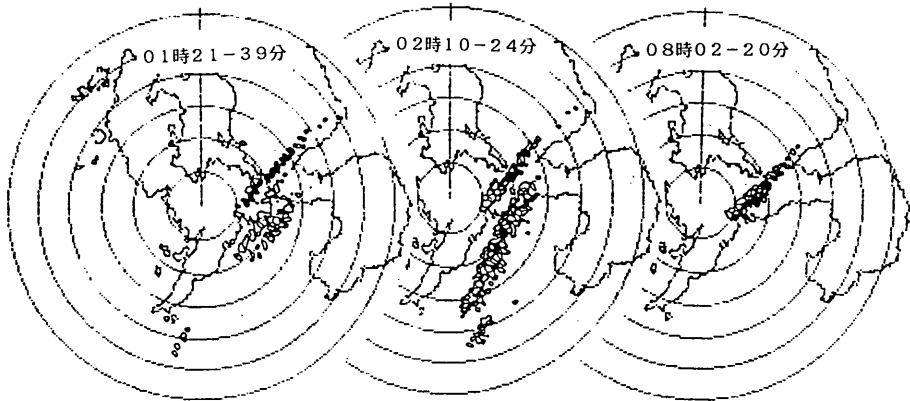


第13図 対流雲の3次元的構造のモデル

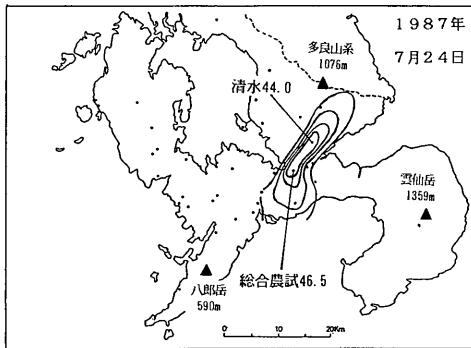
に描いたのは、地形の影響を考慮したわけではなく、観測結果に従って発生・発達位置を表示しただけのことである。それでも、地形の効果を十分に示唆するモデルになっている。これに関連して、第13図に本降雨の3次元的構造モデルを示す。この図で最も注目したいのは、雷雲の強雨域に強く現われる下降流（down draft）の存在である。特に南側では、長崎大学の観測に示したように、下降流はかなり強く、30分間にわたって北風をもたらした。この北風は地上風と衝突するあたりで局地的な寒冷前線を形成し、温暖な地上風を持ち上げ、新たな擾乱をつくる原因になるわけである。このような観点で西彼杵半島の陸地と海岸線に注目すれば、地上風が南風の場合には南西側に傾斜した海岸地形が down draft を強め、海上に収束域をつくるのに格好の場であることになる。このことは長崎豪雨を解析した土肥（1984）や Ogura et al.（1985）によって既に指摘されているが、本降雨系の発生・発達過程においても十分説得性をもつ仮説であり、非常に興味深く、今後の研究において一層の注意と関心を集中させるべき重要な課題である。

4. 地形性降雨の解析例

1987年の梅雨期に、本学レーダーによって明らかに地形性降雨と考えられる例が2回観測された。その一つは7月19日、もう一つは7月23-24日で、いずれも長崎市東部から諫早市にかけて南西から北東にのびるライン状のエコーを形成したものである。ここでは7月24日の降雨について報告する。7月23日21時から24日10時に（ただし、24日03-08時は休止）、Tri-X フィルムを用いて1分間隔でエコーの写真撮影を行なった。その際、強雨域をみるための Gain6.0と弱い降雨域をみるための Gain8.0を1分間隔で交互に使用した。第14図は7月24日の3つの時間帯におけるエコーの分布を示す。この図では各時間帯の存在したエコーをすべて重ね合わせているから、必ずしも発生・移動の様子を的確には示してはいない。しかし、長崎市東部から諫早市北部にかけて幅の狭いライン状エコーが長い間存在していたことがわかる。このライン状エコーの各要素は長崎市東部のほぼ定まった場所で発生し、平均60km/hの速度で北東進した。エコー要素はラインの先端で1-数分の間隔で発生し移動を繰り返したもので、一見停滞性にみえるが、実はどんどんエ



第14図 1987年7月24日に観測されたライン状エコ



第15図 7月24日の日降水量分布

コーが入れ代わっていた。個々のエコは非常に小さく2-3kmのものが大部分で、顕著な成長もみられなかった。そして、ラインの走向はエコの移動方向と一致していた。

第15図に7月24日の日降水量の分布を示す。降雨は14時までには止んでおり、実際には半日雨量である。最小の等雨量線は10mmであるため、無降雨域がわかりにくいがこの日海洋气象台や長崎大学では全く降っておらず(0.5mm基準)、降雨域はライン状エコの区域に限られていた。県総合農林

試験場と建設省清水で多雨であったが、前者の雨は07-08時(21.0mm)、後者では00-01時(13.0mm)の寄与が大きく、降雨域が狭く、活動が局地的であることを示している。しかし、海岸域よりもやや陸地側で降雨が強い傾向はここでもみられる。図には示していないが、23日21時の地上天気図によると、北海道南部の低気圧から伸びる梅雨前線(寒冷型)が対馬海峡を通過して東シナ海まで達しており、本地域は梅雨明け直前の暖域側にあり、地上ではS-SWのやや強い風が吹いていた(長崎大学では24日01時S7.2m/s)。また、福岡の高層風は、900-400mbの広範囲でSW30-40ktの風になっていた。従って、ラインの走向とエコの移動方向は上空の風向と一致し、移動速度も風速とよく合う。このように特定の場所が発生源になって、次々に降水雲を送り出す機構には地形が関与していることが十分考えられる。ここに示した7月24日ばかりでなく、23日や19日にもほとんど同様のライン状エコの湧き出しと移動がみられた。これらの事例で共通しているようにみえることは、地上風がやや強い南よりの風で、長崎半島の八郎岳(590m)の(高層風の)風下側に狭い幅のエコ列を形成していることである。確かな証拠はないが、起こりうる可能性は否定できない。

上の地形性降雨に関連して、実は、興味深い報告がかなり前に出されている。福岡管区气象台レーダー班(1974)の記述はやや長いが、原文のまま紹介することにする。

『梅雨前線がはるか北方にあつて、九州は、太平洋高気圧の縁辺部にある、いわゆる暖域内で、幅10—20km、長さ200km位の対流性線状エコーが、等間隔に30km前後に並んで停滞する場合がある(図略)。これは、湿った南西流によって、対馬海峡、九州北西部、諫早付近(雲仙岳と多良岳の間)、九州山脈の北側、天草—熊本方面、水俣・阿久根付近、野間半島—鹿児島—都城方面と固定された地域に、下層風向(1—4km)と同じ走行に線状エコーが生成されるのである。セルは、その内部を走向と同じ方向に移動する。このセルの発生域は海上で、九州の西岸域と島の南端に多く、400m以上の山岳がある付近に当る。そして、北東進する間に急速に発達、強化される。一般に、風下側では層状との混合エコーとなって扇形をしている。柳川豪雨は、この典型である。』

この記述と7月24日の降雨の類似性は明白である。ただし、2点だけ注釈を加える。セルの発生域が海上となっているが、今回の観測では山の風下側の陸地で生じているところがやや異なる。実は意外にも、第14図のライン状エコーの延長上に柳川市が位置している。柳川付近の降雨の源泉が長崎県南部にあつてよいことになる。もう一つの興味深い報告は田畑(1976)の諫早付近の地形性豪雨を論じた部分にある。氏は諫早市付近に北東に伸びる幅の狭い強雨帯があることを示し、『南西風が多良岳と雲仙岳にはばまれ、その谷間に当たる諫早平野が南西風の顕著な集風域になる』と考察し、『地形性の風の収束が対流性降雨のきっかけになる』と論じている。これも十分可能性のある推論である。このように、特定の地域に特定のパターンで現われる降雨といえども、いくつかの機構が考えられるから、ここではこれ以上立ち入らない。筆者らは、既存の仮説に十分魅せられながら、それらに加えて、長崎半島(八郎岳)の地形効果の可能性を本研究の結論の一つとして指摘しておきたい。

あ と が き

本学の船舶用レーダーで警報時や注意報時に降雨を観測して強く感じたことは、個々の降雨は非常に変化に富み、わずか数個のパターン分類だけで説明できるような簡単なものではないということである。複雑怪奇な降雨のふるまいのなかから本質的な現象や法則性を洞察することの難しさを痛感させられる。多くの降雨は、本地域の海陸分布や地形との関わりになんらの示唆や暗示を提供することもなく、通りすぎているようにさえみえる。降雨の地形効果に関する研究は北海道登別・白老地区(Kikuchi et al., 1988)や和歌山県尾鷲地区(Takeda and Takase, 1980)などで精力的に行なわれており、本地域の降雨構造を考察する際に非常に有益な手掛かりを与えている。しかし、両地域の研究が3次元の構造を視点に据えて、例えば、中層雲と下層雲の相互作用などを論じているのに比べれば、本研究での議論そのものが平面的であることは否めず、乏しい観測機材や資料収集の限界を思い知らされることも数多い。そうした状況で上のような解析結果が得られたのは、むしろ状況が幸いしていたと考えるべきであろう。船舶用レーダーおよびデジタル雨量計の有用性が十分に確かめられたことに意を強くするとともに、地域の防災機関の地道な雨量観測に大きく支えられたことを感謝したい。歩みはのろくとも、本地域の強雨をみつめ、降雨状況に関する記録を蓄積する姿勢をもち続けたい。

謝辞

本研究の重要な基礎をなす、本学水産学部の船舶用レーダーによる降雨の観測において同学部の中根重勝教授と合田政次助教授に物心両面から暖かい御援助を頂戴した。また、本学部デジタル雨量計の観測に際して、長崎市立小江原中学校と長崎県立諫早農業高等学校東長崎分校には御厚意にあふれる御援助を賜った。深甚なる謝意を表します。そして、気象資料の調査・収集にあたり、長崎海洋気象台、日本気象協会長崎支部、長崎県総務部総務課、建設省長崎工事事務所、長崎県長崎土木事務所、長崎市水道局に特にお世話になったのをはじめとして、次の機関および地点の雨量記録を利用させて頂いた。ここに明記して、御好意に厚くお礼申し上げます。

小江原中学校、諫早農高東長崎分校、大瀬戸土木事務所、雪浦小学校幸物分校、神浦ダム、同扇山、長崎土木事務所、同式見ダム、同長与ダム、同黒浜ダム、長崎海洋気象台、同長崎空港出張所、大瀬戸(アメダス)、長浦岳(アメダス)、大村(アメダス)、諫早市役所(アメダス)、五家原岳(アメダス)、建設省長崎工事事務所、同川棚、同千綿、同大村、同小野、同清水、同諫早、同夫婦木、同雲仙、同長崎市水道局三重、同手熊、同浦上、同本河内、同矢上、伊王島町役場、長与浄化センター、多良見町役場、長崎県総合農林試験場、飯盛町役場

参 考 文 献

- 荒生公雄, 1986: 10分間降水量でみた長崎豪雨の構造, 天気, **33**, 17-26.
- , 1987: 長崎豪雨時における大瀬戸町幸物の短時間雨量, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, No.38, 15-21.
- , 合田政次, 中根重勝, 1988: 船舶用レーダーによる豪雨監視の試み, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, No.39, 97-106.
- Browning, K. A. and F. H. Ludlam, 1962: Air flow in convective storms. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **88**, 117-135.
- 土肥啓介, 1984: 北九州における1982年梅雨期集中豪雨の解析的研究(東京大学大学院修士論文)
- 福岡管区気象台レーダー班, 1974: 福岡レーダーからみた九州の空, 天気, **21**, 265-279.
- Kikuchi, K., N. Horie, T. Harimaya and T. Konno, 1988: Orographic rainfall events in the Orofure mountain range in Hokkaido, Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 125-139.
- Ogura, Y., T. Asai and K. Dohi, 1985: A case study of a heavy precipitation event along the baiu-front in northern Kyushu, 23 July 1982: Nagasaki heavy rainfall. *J. Meteor. Soc. Japan*, **63**, 883-900.
- Takeda, T. and K. Takase, 1980: Radar observation of rainfall system modified by orographic effects. *J. Meteor. Soc. Japan*, **58**, 500-516.
- 武田喬男, 1981: 対流雲と降水, 大気科学講座2(雲や降水を伴う大気, 5章), 東京大学出版会, 107-130.
- , 瀬古勝基, 赤枝健治, 岩崎博之, 1987: 帯状降雨域の構造と形成・維持過程, 降雨災害をもたらす豪雨の集中度に関する研究(自然災害特別研究研究成果, No.A-61-3), 78-83.
- 田畑七郎, 1976: 九州における集中豪雨の特性と等雨量線について, 研究時報, **28**, 39-52.