

## 雲仙岳に土石流を発生させた 1991年6月30日の豪雨の微細構造

荒生 公雄・久保田由美\*・河田 誠\*\*  
長崎大学教育学部地学教室

中根 重勝  
長崎大学水産学部海洋情報科学講座  
(平成4年10月30日受理)

### Fine Structure of the Heavy Rainfall over Unzen-Shimabara Region on 30 June 1991 and Its Impact on a Debris Flow Event

Kimio ARAO, Yumi KUBOTA, Makoto KAWADA  
Department of Earth Sciences, Faculty of Education  
Nagasaki University, Nagasaki 852, Japan

and Shigekatsu NAKANE  
Section of Marine Information Sciences, Faculty of Fisheries  
Nagasaki University, Nagasaki 852, Japan  
(Received October 30, 1992)

#### Abstract

The heavy rainfall over Shimabara district in Nagasaki Prefecture on 30 June 1991 was studied with several interests in the fine structure of rain storms and their impact on a volcanic debris flow at the slope of Mt. Fugen.

The Results are summarized as follows.

- (1) The rain cell which caused a large debris flow appeared at the western sea region in the first place at a distance of 60km from Mt. Fugen, and attacked the mountain region one hour later. This convective storm had a rainfall intensity of 20-25mm per 10 minutes at its landing on the mountain.
- (2) Almost all the rain cells detected in this district were originated at the western sea region and moved to the east in a mean velocity of 60km/h, excepting two rain cells which developed suddenly near the southwestern edges of strong rain cells of mature stage.
- (3) The behavior of rain storms in this debris flow event suggests that more critical watch should be made against the developing rain cells on the western sea region in order to prevent the damage of debris flows.

---

\* 現在 長崎市立小ヶ倉中学校

\*\*現在 長崎県立有馬商業高等学校

## 1. はしがき

1990年11月に噴火した雲仙・普賢岳の活動は、1991年に入ってから激しさを増し、多種多様の火山災害を発生させた。なかでも、島原市と深江町にまたがる水無川流域の住民は、火砕流と土石流の脅威にさらされ、住家や農地を失った人々も多い。長期にわたる活発な火山活動は国道57号線より西の地域への立ち入りを依然として妨げ、それらの地域の住民の避難生活は1年半にも及んでいる。噴出したマグマの総量は1992年6月には1億 $\text{m}^3$ を超え、そのうち山頂の溶岩ドームの体積は約5000万 $\text{m}^3$ である(中田, 清水, 1992)。また、1回の中規模土石流で流下する体積は20~30万 $\text{m}^3$ と推定されているから、土石流の脅威はこれからも相当長期間続くものと容易に予想される。

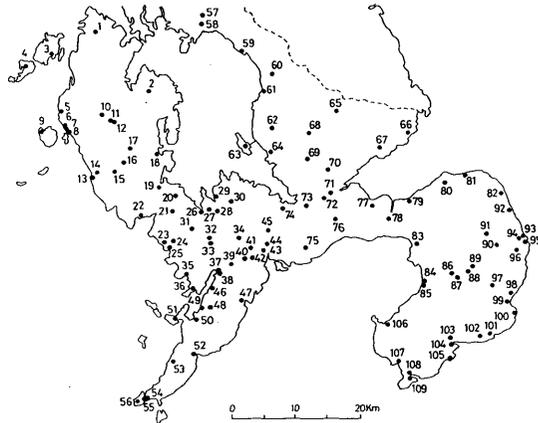
火山性土石流に着目すると、1992年においては火砕流堆積物の著しい増加のために比較的弱い降雨でも土石流が頻発し、1991年よりもはるかに深刻な事態をつくり出している。すなわち、平野ら(1992a, 1992b)の土石流に関する総合的な研究によると、1時間雨量で15mmを超えると土石流が発生するケースが多く、この雨量が発生の「しきい値」になっている。このことは、暖候期においては、今後も頻繁に土石流発生危険性があることを意味するものである。したがって、災害を防止し適切な防災諸施策を立案するためには、「どのような降雨がどのような土石流を発生させるか」という視点に立脚した継続的で注意深い監視が必要である。

筆者らの関心はどちらかと言えば気象学的な立場からの、豪雨の注意深い現況監視と減災システムの構築にある。土石流発生元凶となった降雨を綿密に調査し、降雨に関する基礎的なデータを蓄積する意義は決して小さくはない。このような観点から、本稿では、水無川下流域に初めて大規模土石流を発生させた1991年6月30日の豪雨を対象とし、特に島原半島における10分間降水量の分布と豪雨活動の特徴を報告する。この豪雨に関する長崎県南部地方におよぶ全般的な降雨特性はすでに報告しているが(荒生, 1992)、その報告では1時間降水量と各種の極値を表示したに留まり、10分間降水量の詳細な解析までには及んでいない。そこで、ここでは島原半島地域の豪雨に限定し、短時間降水量とレーダー観測の比較を中心に降雨現象の特徴を考察する。なお、この日の土石流の状況や気象の概況に関する事項は前報に報告したので、ここでは必要最小限の記述にとどめる。必要があれば、前報を参照していただきたい。

## 2. 島原地方における10分間降水量

1991年6月30日の島原半島における降雨は、朝9時頃から小降り状態で降り続いていたが、梅雨前線の南下に伴い、17時頃から強い雨に変わり、千々石町役場で17時10分-18時10分に97.5mm(1時間極値)、九州大学島原地震火山観測所で17時15分-19時15分に141.0mm(2時間極値)を記録したのを始め、島原半島北部から中部にかけて1時間80~90mm、2時間で110~130mmの豪雨となった。豪雨の継続時間はそれほど長くはないが、1時間降水量はほぼ100mmに近く、数年に1度と形容できる程度のかかなり強い降雨であった。ただし、最近の1988年5月3日に本地方を襲った島原豪雨(1時間117mm、2時間232mm; 荒生ほか, 1990)に比べると、規模はやや小さい。

第1図は本豪雨の解析に用いた雨量観測地点の位置を示す。合計109地点のうち10分間単位で整理できたものは49地点であった。第2図はその49地点の10分間雨量データに基づいて作図した16時30分から18時30分までの10分間降水量の分布である。さらに、多良見町・諫早市・飯盛町を含む島原半島部で10分単位で整理できた17地点と、同地域で30分以内の時間分解が可能であった地点の記録とをあわせて、16時30分から19時までの降雨記録を第1表に示す。この時間帯は島原半島で降雨が最強となった時間帯である。なお、本表の最上部には、参考のために、長崎・大村地区の代表的な地点を加えている。また、第1表の地点の番号は第1図の番号と対応している。



第1図 1991年6月30日の降雨調査地点の位置

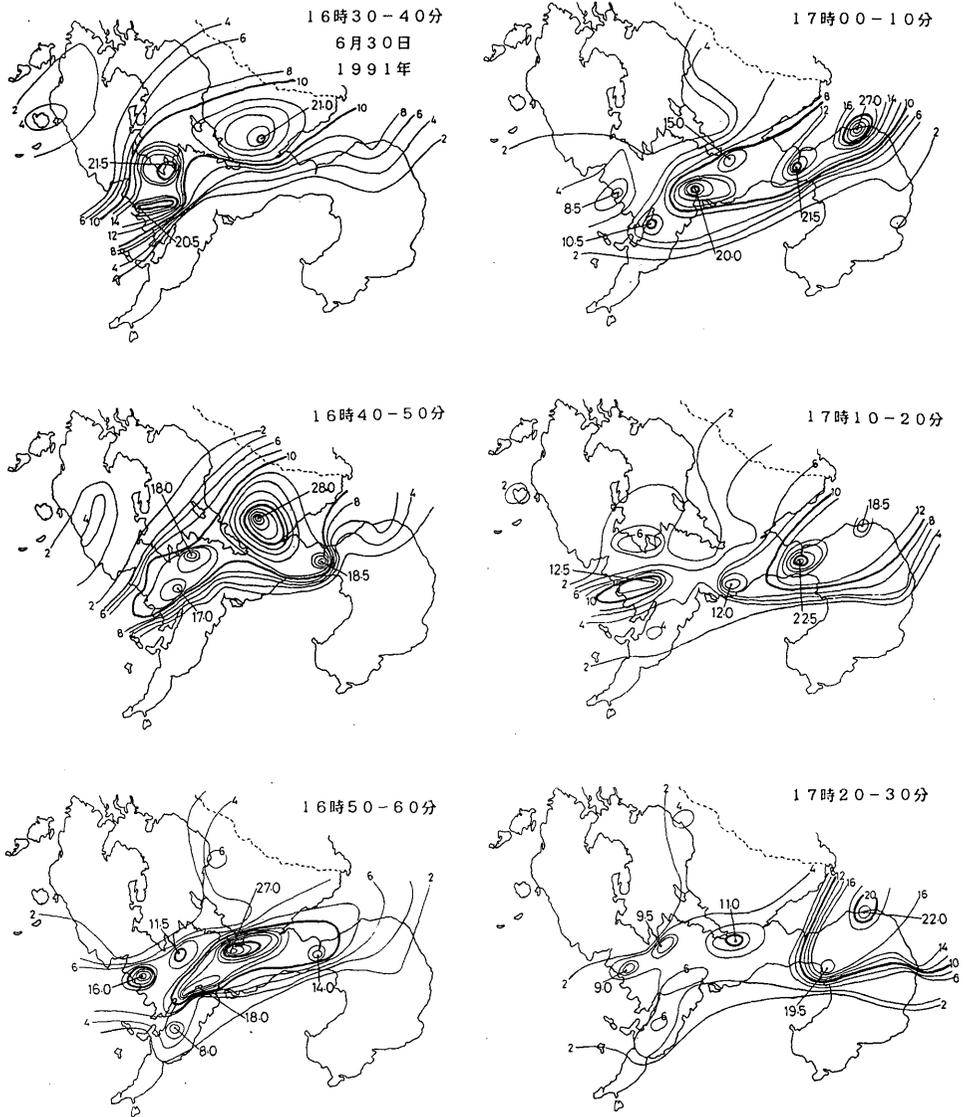
第2図と第1表とから読み取れる島原地方の降雨の特徴は次のように整理できる。

- (1) 16時40分～17時に諫早市付近で非常に強い降雨があった。すなわち、10分間で建設省本野28mm (1640—50)、多良見町役場27mm (1650—1700)である。
- (2) 17時00～10分に島原消防署北出張所(国見町神代)で10分間27mmの豪雨となっていた。さらに、これに接続する時間帯(17時00～30分)において、愛野町から国見町を結ぶ地域で10分間20mm以上の強雨があった。
- (3) 18時00～10分に小浜町に22.5mmの豪雨が現われ、強雨域は西から東に移動して、18時20～30分に島原市で約25mmの大雨をもたらした。第2図の18時20～30分に25.0mmと表示した地点は九州大学島原地震火山観測所であるが、第1表には明示されていない。九大島原の観測記録は15分間隔であるためである。同所では18時15～30分に37.5mmを観測しており、これを均等に分割して10分間25mmとしたものである。この豪雨の移動に伴って18時17分に水無川流域で大規模な土石流が発生した。

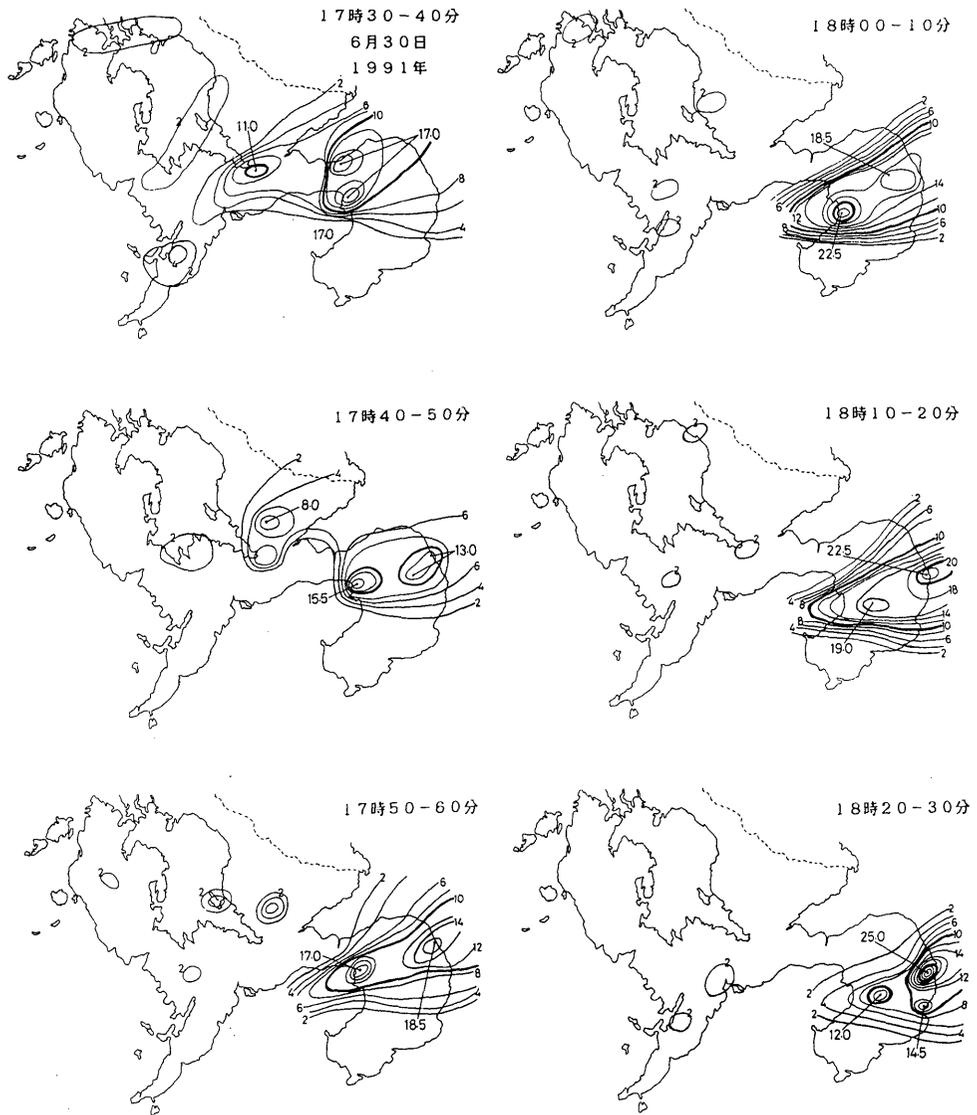
第3図は小浜消防署、雲仙岳測候所および島原消防署の3地点における10分間降水量の時間的変化である。図中の矢印は土石流発生時刻を示しており、発生までの累積雨量は雲仙岳測候所で68.0mm(18時10分まで)であったから、比較的少ない累積雨量に10分間20mm程度の強雨が追加されて土石流が発生したことになる。これは従来の豪雨災害時の土石流とは性格が著しく異なり、不安定な火山堆積物はわずかな累積雨量でも瞬間的に強い雨が加われば発生することを明瞭に示している。さらに、第3図は豪雨が小浜→雲仙→島原という西から東へ移動したことを示し、その移動速度はおよそ60km/h(半島横断に15～20分)であった。

### 3. 建設省レーダーでみた豪雨の活動

第4図は建設省九州西部局雨量レーダー(長崎県福江島)で観測された強雨域の移動経



第2図 10分間降水量の分布（その1；16時30分～17時30分；mm単位）

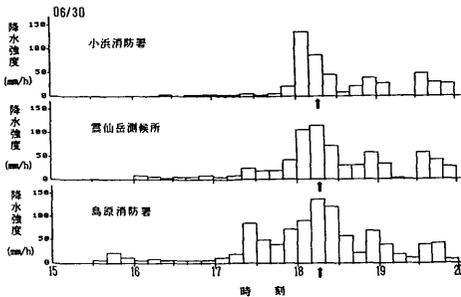


第2図 10分間降水量の分布 (その2 ; 17時30分~18時30分 ; mm単位)

第1表 島原地方の10分間降水量 (mm単位) ; 1991年6月30日16時30分~19時

時刻	16時			17時						18時							
	30   40 分	40   50 分	50   60 分	00   10 分	10   20 分	20   30 分	30   40 分	40   50 分	50   60 分	00   10 分	10   20 分	20   30 分	30   40 分	40   50 分	50   60 分		
番号 観測機関・地点																	
26 時津町役場	20.0	13.0	5.5	2.5	5.5	1.0	2.5	2.0	0.5	0.5	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0		
30 県・長与ダム	10.0	18.0	9.0	3.0	2.0	8.0	1.0	3.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0		
33 長崎大学教育学部	20.0	17.0	6.5	1.5	12.5	3.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	11.0	3.0		
44 長崎市矢上浄水場	1.0	2.0	17.0	20.0	4.0	7.5	5.5	0.0	0.5	0.5	0.5	2.5	1.0	1.0	5.5		
46 長崎海洋气象台	0.5	0.5	6.5	10.5	3.0	4.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.0	0.5	8.0	10.0		
63 長崎航空測候所	12.5	7.0	1.0	1.5	3.0	2.0	2.0	0.5	4.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0		
68 建設省小野	←	37.0	→	←	5.0	→	←	3.0	→	←	5.0	→	←	0.0	→		
69 建設省本野	8.0	28.0	13.0	4.0	2.0	5.0	1.0	1.0	8.0	6.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0		
70 建設省清水	21.0	22.0	1.0	1.0	4.0	4.0	4.0	7.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	8.0		
71 建設省諫早出張所	13.0	20.0	18.0	10.0	4.0	7.0	8.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	5.0		
73 県総合農林試験場	6.0	12.0	22.0	15.0	5.0	11.0	11.0	7.0	1.0	0.0	2.0	1.0	0.0	1.0	4.0		
74 多良見町役場	—	—	27.0	9.0	1.0	9.0	9.0	2.0	0.0	0.0	1.0	←	5.0		→		
75 飯盛町役場	1.5	3.0	8.5	15.5	12.0	5.5	2.5	0.5	0.0	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	7.0		
76 建設省夫婦木	←	49.0	→	←	27.0	→	←	2.0	→	←	2.0	→	←	9.0	→		
78 愛野町役場	1.0	18.5	14.0	21.5	22.5	8.5	7.5	2.0	0.5	0.0	1.0	0.0	1.0	2.5	1.5		
79 吾妻町役場	4.0	2.5	10.5	17.5	18.5	17.0	17.0	7.5	2.5	0.0	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5		
80 瑞穂町役場	7.0	—	—	— 16時43分頃落雷, 観測中断 —						—	—	—	—	—	—		
81 島原北消防出張所	8.0	7.5	6.5	27.0	18.5	22.0	11.5	5.0	5.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.0		
82 有明町役場	—	—	—	←		85.0			→	13.0	9.0	1.0	4.0	3.0	6.0		
83 千々石町役場	0.0	0.5	1.0	3.0	13.5	19.5	17.0	15.5	17.0	15.0	3.0	2.5	2.5	5.0	1.0		
84 小浜消防署	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0	3.5	22.5	14.5	7.5	1.5	3.5	6.5		
85 小浜町役場	←	1.0	→	←	2.0	→	←	18.5	→	←	29.0	→	←	13.5	→		
87 雲仙岳測候所	1.0	1.0	1.5	1.0	1.5	4.0	3.0	3.0	7.0	17.5	19.0	12.0	5.0	5.0	9.5		
88 建設省雲仙	←	4.0	→	←	11.0	→	←	44.0	→	←	15.0	→	←	3.0	→		
91 島原研修センター	2.0	1.0	2.5	2.0	9.0	11.5	8.5	13.0	16.0	18.5	15.5	3.5	3.0	3.0	5.0		
92 長大・島原市中野	2.0	1.5	1.5	2.5	10.5	15.0	9.5	13.0	18.5	16.0	10.0	5.5	2.5	3.0	6.5		
95 島原消防署	1.0	1.0	1.0	2.0	3.0	14.0	8.0	6.5	12.0	15.0	22.5	20.0	9.5	3.5	11.5		
96 九大島原観測所*	1.5	*	1.5	3.0	*	15.5	*	11.0	*	12.0	27.0	*	37.5	*	12.5	*	15.5
98 深江町役場	0.5	0.0	0.5	2.5	1.0	4.0	5.5	2.5	4.0	9.5	17.0	14.5	1.5	2.5	1.5		
99 布津消防出張所	—	—	—	←		18.0			→	←	13.0	→	←	11.5	0.5	1.0	3.5
101 島原南消防出張所	—	—	—	←		3.0			→	←		2.0		→	←	2.5	
103 北有馬町役場	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	4.0	0.0	0.0		

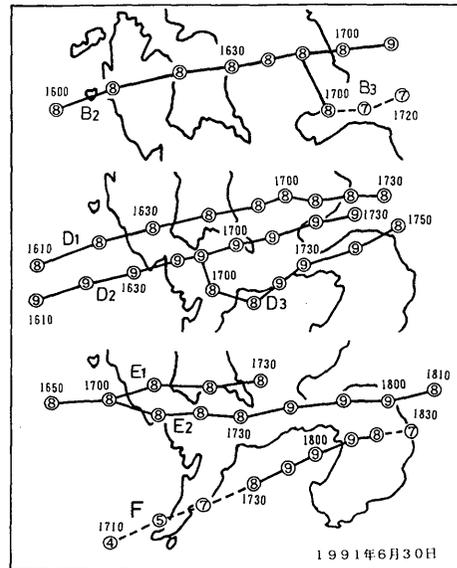
\*九大島原地震火山観測所の記録は15分間降水量である



第3図 小浜消防署，雲仙岳測候所，島原消防署の3地点における10分間ごとの降水強度；矢印は土石流発生時刻（18時17分）

第2表 建設省レーダーの表示階級

ランク	降水強度 (mm/h)	ランク	降水強度 (mm/h)
1	2~5	6	40~50
2	5~10	7	50~70
3	10~20	8	70~100
4	20~30	9	100~
5	30~40		



第4図 建設省九州西部局レーダーで得られた強雨域の中心位置の時間変化；4桁の数字は時刻を表わす。

路である。このレーダーの観測記録については、気象庁レーダーの記録とともに前報（荒生，1992）でやや詳しく報告した。ここでは島原半島に影響を与えた時間帯に限り、しかも西方海域を一部省略して図示する。建設省の雨量レーダーの観測値は第2表に示す9段階の降水強度で表示される。この図では原則としてランク8以上の強雨域に着目し、その中心を10分ごとに表示している。経路Fを除くとランク8の強雨域は本図にかかる前の西方海域からすでに存在しており、西海上で発達した強雨域が東進して長崎県本土を襲ったものであった。ある特定の時間における強雨域は1つではなく、3~5個もの強雨域が存在していた。たとえば、17時ちょうどには、有明海、諫早市北部、多良見町、長崎市中部、海外町沖の5か所に活動の中心があった。

第2図と第4図を比較する前に、両者の長所・短所を考察しておく。第2図の10分間雨量分布図では、観測地点での雨量は、時間が十分慎重に管理されていれば、実測値として厳然たる重みを有する。しかし、観測地点はまばらにしか存在せず、全空間を埋め尽くし得ない欠点をもつから、等雨量線は必ずしも一義的ではない。そして、観測値を超えるような大雨を観測地点の近くに仮定することはできないから、特定の地点上に降雨の極大域をつくらざるを得ず、本当の豪雨中心を表わし得ないこともある。一方、第4図のレーダー雨量図では地域全体をくまなくカバーするが、厳密にはエコー強度を観測しているのであって、地上の雨量を観測しているのではない。レーダー電波は強い雨が前面にあるとその部分で著しく減衰し、その後方からの反射が弱まり、結果としてその降雨を過小に評価して

しまう場合がある。また、第4図の場合、最強雨の降雨強度をもつ区域はいずれも直径5～10kmの広がりをもっており、図に示されている中心の位置だけが強い雨になっているわけではない。

このような長所・短所を十分に意識したうえで、両者の比較を以下にまとめる。

- (1) 両者を比較してみると、全体としてはよく一致している。特に、土石流を引き起こした経路Fの豪雨は比較的単純なふるまいを示し、小浜町に上陸する約1時間前に野母崎沖に出現したものであった。レーダー図の18時30分ではランク7に減衰しているが、これを除けば、レーダーの強雨域と実測雨量は見事に一致している。橋湾上には雨量計がないから、この強雨域の海上でのふるまいはレーダーによってのみ検出可能である。気象庁レーダーおよび本学水産学部船舶用レーダーも経路Fの強雨域を小浜上陸前から捉えており(荒生, 1992)、経路Fについてはレーダーの威力を如実に示す事例である。
- (2) 建設省本野(1840-50; 28mm)の豪雨はB<sub>2</sub>およびD<sub>1</sub>が関与したと考えられる。また、島原消防署北出張所(1700-10; 27mm)の場合はB<sub>3</sub>によってもたらされたものと考えられる。本図では16時50分にB<sub>2</sub>からB<sub>3</sub>へ分岐させたが、これは既存の強雨域の南西側に新しい強雨域が形成されたと解釈できる。長崎市上空での16時50分のD<sub>2</sub>からD<sub>3</sub>への分岐も同様の過程を想像させる。このようなケースでは、すでに存在する強雨域を監視・追跡するだけでは不十分で、既存の十分に発達した豪雨の近傍で新規に発生する強雨にも警戒する必要がある。
- (3) 両者の比較から導かれるもっとも重要な教訓は、10分間雨量のピーク値を結んで得られる強雨域の移動経路に比べて、レーダーエコーの経路の方がはるかに複雑であり、この種(多重セル型)の豪雨活動に対しては慎重な解析が必要なことである。実測雨量のある10分間値の次に続く10分間値が同じ対流雲によるものではなく、別の方向からやってきた別の対流雲によってもたらされる場合があることを第4図は示している。このことは豪雨の現況監視の重要な視点の1つとして留意しておかなければならない。
- (4) 本豪雨の建設省レーダーでみた活動様式は、長崎豪雨の場合の10分間雨量で追跡した活動(荒生, 1986)と非常によく似ている。本豪雨は前線南下型であるのに対して、長崎豪雨は前線北上型であったが、その違いにもかかわらず、西海上の豪雨が発達しながら東進する点や豪雨の南側に新しい強雨域が発生する点、さらには先行する豪雨の後方にも新たな強雨域ができる点などは酷似している。厳密には、上で述べたように、レーダーと10分間雨量とを同一視することはできないのであるが、それでも、特にこのことは長崎県南部地方の豪雨活動の監視や解析において今後も注目していく必要がある。

#### 4. 防災に関する考察

ここでは、上であまり触れなかった防災に関連する若干の考察と感想を記す。

- (1) 今回の解析においても、「西から進入する強雨に嚴重な注意が必要であること」が再確認された。本地方を襲う豪雨のうち、このような活動様式をもつものの割合は相当高いと考えられる(たとえば、荒生ほか, 1988)。雲仙土石流の警戒に当たっては、西海岸に上陸する強雨に注意を怠ってはならない。もっと積極的に言えば、島原市民は千々石町や小浜町の町民と私的にでも強雨ホットラインを結ぶ価値がある。ただし、第2図

から明らかなように、千々石町や小浜町の海岸線の長さ比べて強雨域は狭いことが多いから、豪雨を観測しない海岸域もありうる。したがって、警戒を厳重にするためには、この海岸線に少なくとも5 km間隔で監視用の雨量計を配置することが望ましい。

- (2) レーダーの監視も西海上を厳重にする必要がある。この場合は小浜町よりもっと前方の野母崎町付近の海域を最優先の監視区域としたい。その海域で東に移動するエコーが検出されたら、注意深く追跡する価値がある。小浜町海岸から雲仙までは、降雨中心は約10分で移動するから、西海岸の雨量計で大雨を検出しても時間的な余裕はほとんどない。橘湾上に強いエコーが現われた段階で防災機関は万全の体制を整えることが望ましい。
- (3) 上の2つ説明は経路Fのような孤立型の豪雨に対して有効な対処の仕方である。しかし、たとえば第4図の17時におけるB<sub>3</sub>やD<sub>3</sub>のように、新しい強雨域が既存の豪雨のそばに出現することも覚悟しておかなければならない。このような場合には、10分間雨量データの監視では十分確実にその活動を捉えることができるかどうか、非常に不安である。レーダーによる厳重監視の方が有望であるように思われる。いずれにしろ、この種の突発的な「豪雨の湧き出し」は、實際上、予知できない。不意打ち的な豪雨も起こりうるのである。
- (4) 福江島にある建設省西部局レーダーは、100km以上も離れた島原地域の豪雨を的確に捉えている。一般に、強い雨の後方ではエコーが弱まり、後方の強雨が検出できなかったり、あるいはその中心域の位置がずれたりする。今回のデータにも若干そのような傾向はあるが、極端な減衰はみられない。本豪雨よりも強烈な降雨の場合については言及できないが、少なくとも、今回の最強降水量である10分間28mmまでの豪雨に対しては、良好な観測であったと積極的に評価できる。実は、西部局レーダーはこの年の5月に完工したばかりで、6月30日が豪雨との最初の遭遇であった。西方から長崎県本土をにらむレーダーの新設に心強さを感じつつ、防災に関わる業務の一層の発展を期待したい。

## 謝 辞

長崎海洋气象台と建設省長崎工事事務所からは、貴重なレーダーの記録を含む各種の気象観測資料をご供与いただいた。本稿では気象庁福岡レーダーの記録についてはあまりふれなかったが、建設省レーダーの場合と同様に豪雨活動を的確に捉え、研究上非常に有益な資料となった。そのほか、長崎県南部地方の多くの地方自治体、消防署、研究調査機関などからは、当日の雨量記録をご提供いただき、本研究の貴重な基礎的資料とさせていただいた。ご援助賜った関係機関と担当者各位に厚くお礼申し上げます。また、本研究には、平成3・4年度長崎大学教育研究特別経費（特別分）および平成4年度文部省科学研究費（重点領域研究）からご援助をいただいた。ご支援くださった関係各位に謝意を表します。

## 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.  
荒生公雄, 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.
- 荒生公雄, 東原英行, 松本勝也, 1990: 1988年5月3日の島原地方における豪雨の降雨特性, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, No.42, 37-50.
- 荒生公雄, 1992: 雲仙岳周辺に大規模土石流を発生させた1991年6月30日の豪雨活動, 雲仙火山災害の調査研究(雲仙火山災害長崎大学調査研究グループ), 11-29.
- 中田節也, 清水 洋, 1992: 普賢岳のマグマ活動, 科学, 62, 554-561.
- 平野宗夫, 1992a: 1991年雲仙における土石流の調査研究(文部省科学研究費, 突発災害調査研究成果報告書, No.B-3-1), pp. 111.
- Hirano, M., H. Hashimoto and T. Moriyama, 1992b: Debris flows in Mt. Fugen, *Unzen Volcano the 1990-1992 Eruption* (T. Yanagi, H. Okada and K. Ohta ed.), The Nishinippon and Kyushu University Press, 67-73.