

# 長崎半島付近で発生したライン状降雨

—1997年7月11日の事例—

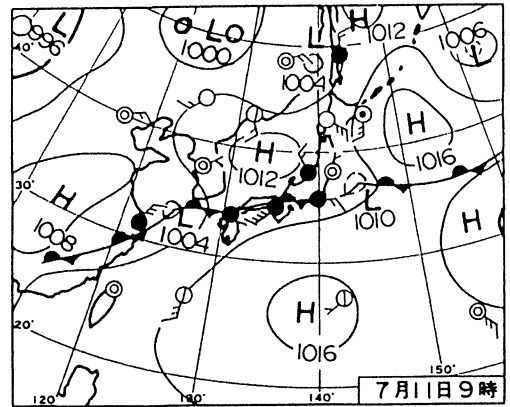
荒 生 公 雄\*・壺 井 美 花\*\*

## 1. はじめに

長崎半島の東岸付近で発生し、北東方向(諫早湾方向)に伸びるライン状降雨エコーの存在は、25年以上も前から気象庁福岡レーダーによって報告され(福岡管区気象台, 1973, 1974), 地形性降雨の可能性が指摘されていた。名古屋大学との共同研究として実施した長崎大学の RHI レーダーによる観測においても、1995年以降、年数回の頻度で同様のライン状降雨エコーが検出され、いくつかの事例についてはすでに報告済みである(荒生ほか, 1996, 1997b, 1998)。この種のライン状降雨は、地上の暖湿でやや強い南風のもとで、降雨域の先端部(南西端; 長崎半島東岸域)で、次々に新しいセル状エコーが発生し、それらが上空の風下側に流されて北東方向に細長く連なることが明らかになってきた。本稿では、1997年7月11日に梅雨前線の北上と同時に現れた持続型ライン状降雨の特徴について、降水量の変動と豪雨防災の観点から考察することにした。

## 2. 降雨の状況

第1図は1997年7月11日09時の地上天気図である。この日の未明に鹿児島・熊本両県付近にあった梅雨前線が次第に北上し、長崎大学教育学部では07時45分~08時00分の15分間に1.8°Cの気温上昇が観測され、長崎海洋気象台の地上気象観測原簿でも07~08時の間に2.0°Cの気温上昇が認められる。この種の観測事実から、08時の前線帯は長崎市のすぐ北側にあったものと



第1図 1997年7月11日09時の地上天気図(気象年鑑1998年版による)。

推定される。黄海の南には東進中の低気圧があって、長崎地方は太平洋高気圧の周辺部にあり、前線の北上後は同日の深夜までやや強い暖湿な南風(平均5~7 m/s)が吹いていた。また、梅雨前線は前日の10日未明に鹿児島県出水市で大規模な土石流を発生させた。

第2図には、観測対象地域の地図と、解析に用いた雨量計の位置(50地点)を示す。雨量計の位置は黒四角と黒丸で示し、傍の番号1~10は第1表に採録した地点に対応する。RHIレーダーの位置は十文字で示され、標高185 mの諫早市北部の高台にある。

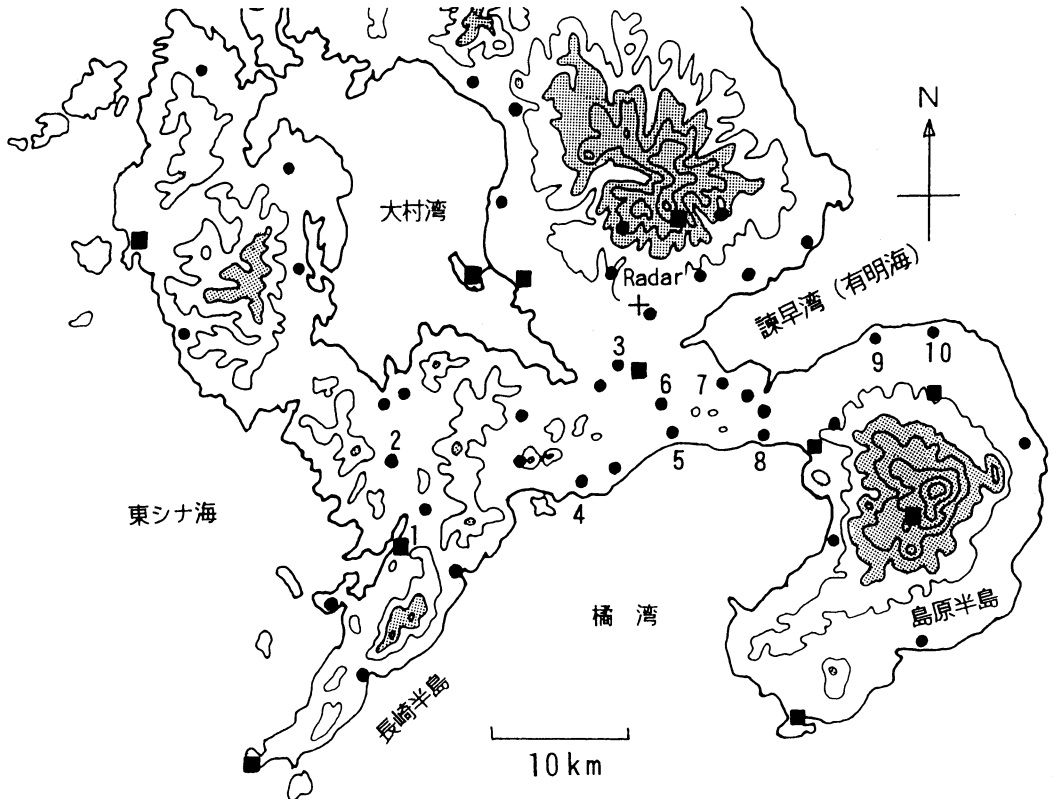
第1表は長崎県内10地点の毎時の降雨記録である。このうち、飯盛西小、有喜中、諫早東高の雨量計は長崎大学が設置したものである。あとで述べるように、最も興味深い降雨は瑞穂町役場と建設省夫婦木のものである。長崎海洋気象台および長崎大学の午前中の降雨記録から明らかのように、長崎市付近では、前線性の降雨が08時頃には降り止み、その後は無降水であった。

\* 長崎大学環境科学部(1997年9月まで同教育学部)。

\*\* 長崎大学総合情報処理センター(現:長崎精道小中学校)。

—1999年10月7日受領—

—2000年9月8日受理—



第2図 解析に用いた長崎県内の雨量計の位置。黒四角印は気象庁の雨量計，黒丸印は気象庁以外の雨量計を示し，番号1～10は第1表の地点に対応する。等高線は200 m ごとに示し，影の部分は400 m 以上の地域。

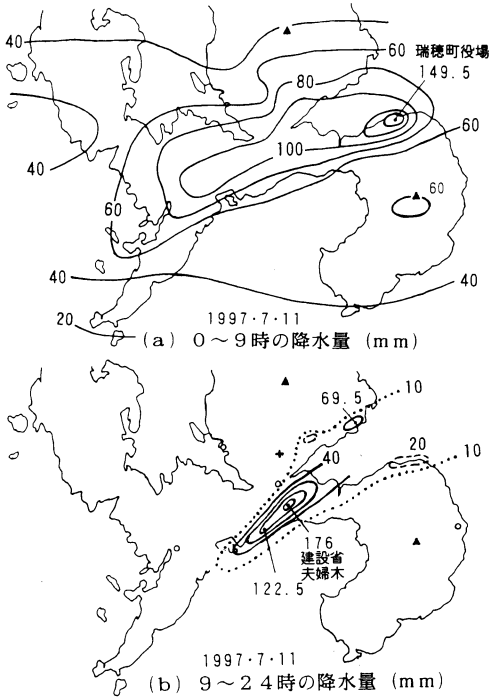
第3図は、長崎県南部地方における同日の降水量を2つの時間帯に区分して示したものである。前線が北上した09時頃を境にして、降雨の様子が著しく変化したことがわかる。すなわち、第3図aは前線性降雨によるもので、1時間20～30 mmのやや強い降雨が県南部全域に及んでいた。9時間雨量はおおむね40～100 mmであったが、瑞穂町役場では約150 mmの多雨となった。それは同町役場が1時間69 mm (08～09時)の強雨となったためである。また、第3図bは長崎半島付近から発生したライン状降雨によるもので、降雨は長崎半島の東岸から諫早湾方面に限られ、その他の地域では降雨を全く観測していない。この時間帯の最多雨量は建設省夫婦木の176 mmであった。

第2表はライン状降雨の延長線上にあたる福岡、大分および熊本県内10か所のアメダスの毎時雨量表であり、第4図はそれら地点の位置関係を示す(福岡管区気象台資料より転載)。大牟田の日雨量151 mmはこの

日の3県内のアメダスのなかでは最多雨量であった。第4図の影の部分は明らかにライン状降雨の影響が及んでいたと考えられる地域であり、大分県玖珠地方や耶馬溪もその範囲に入っていた。また、気象庁福岡レーダーの資料でみると、一部の時間帯では豊後高田、別府でもライン状降雨の影響を受けた可能性がある。第1表と第2表を総合してみると、日降水量は建設省夫婦木では271 mmにもなっていたが、多雨地点に隣接していたにもかかわらず、愛野馬铃薯支場、柳川、甘木では60 mmにも達しなかった。

### 3. 前線性降雨とライン状降雨

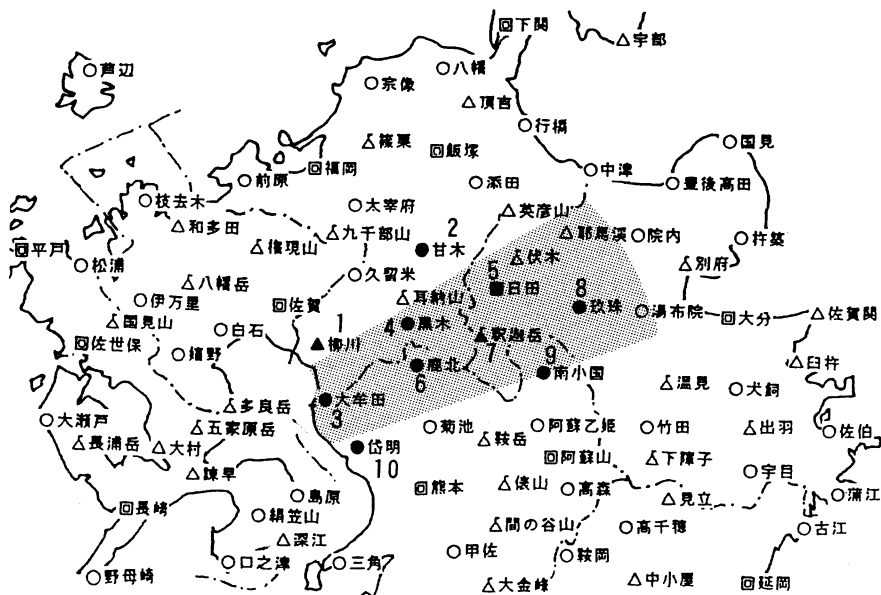
長崎大学のRHIレーダー(波長3.2 cm;名古屋大学から移管)は、パラボラアンテナの鉛直回転(6回転/分)を主とし、方位角回転(18度/分;回転角調整可)を従とするもので、1枚のCAPPI(Constant Altitude Plane Position Indicator)を得るのに約10分



第3図 7月11日の降水量分布 (単位: mm).  
 (a) 00~09時の9時間, (b) 09~24時の15時間降水量. 等雨量線の実線は(a)では20 mm ごと, (b)では40 mm ごとに表示.

を要する. 電波の発信方向には50 km までを1 km ごとに分解し, 方位角方向には約3度 (0.052radian) ごとに観測する. したがって, 方位角方向の分解能は距離20 km 付近で1 km, 距離50 km では約2.5 km となる. また, 鉛直方向には高さ15 km までを500m 刻みで30層に分解している. 次に示す第5図の最上部の斜線域は, レーダーサイトの北側にある山体のために高さ2 km 以下で電波が影になる領域を示す. すなわち, 探知圏内の佐賀県や福岡県側でエコー域が不自然に途切れる場合にはこの影の領域を考慮する必要がある. なお, 気象庁もこの地域を間断なく観測しているので, 本研究においても福岡管区气象台 (1999) の『九州・山口県の合成レーダーデータ集成 (CD-ROM 付)』を入手し, RHI レーダーの観測結果との検証, 照合や, 福岡県から大分県方面におけるライン状降雨の実態把握に活用した.

第5図は上から順に, 07時, 08時, 09時および10時頃における高さ2 km の水平面におけるエコーの分布状況を示す. 07時頃は前線性降雨によるエコーが全域に広がっていたが, 10時頃にはライン状降雨域のエコーのみが残り, この時間帯のあいだに前線性降雨域が次第に北上していく様子が確認できる. 全体として07時頃のエコーはやや弱い, これはレーダーサイト付近が強雨に包まれていたためである可能性が高い.



第4図 福岡, 大分, 熊本3県のアメダス雨量観測点(福岡管区气象台の資料に加筆). 番号は第2表の地点を示し, 影の部分が生線状降雨の影響下にあったと推定される地域.

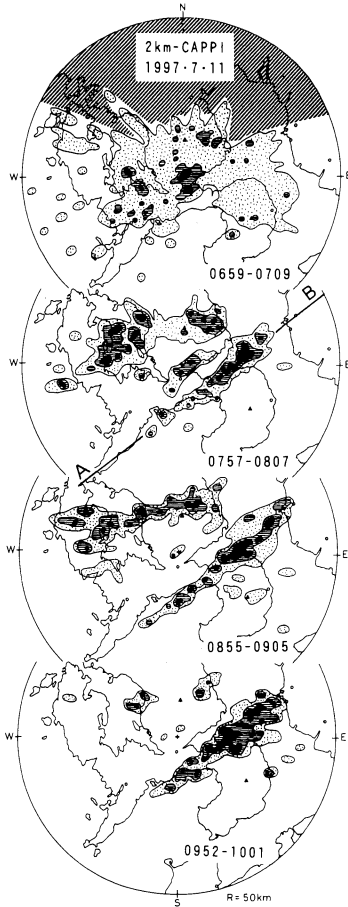
長崎半島付近で発生したライン状降雨

第1表 1997年7月11日の1時間雨量(mm)；番号は第2図の地図の位置に対応する。

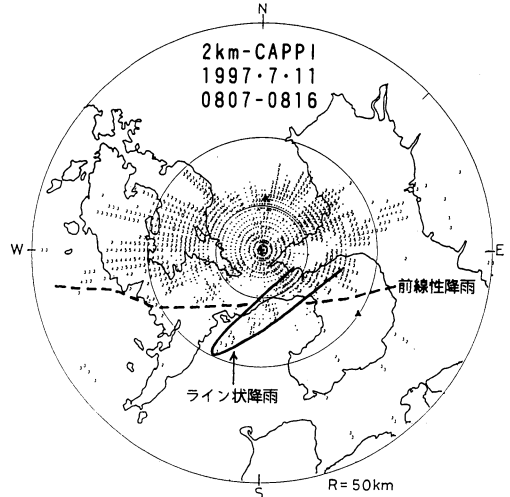
番号 機関	1 長崎海洋 気象台	2 長崎大学 教育学部	3 諫早 消防署	4 飯盛西 小学校	5 有喜 中学校	6 建設省 夫婦木	7 諫早東 高校	8 愛野馬鈴 薯支場	9 瑞穂町 役場	10 国見町 役場
01時	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03	1.0	0.5	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
04	20.0	23.0	26.5	9.5	5.0	16.0	4.5	5.0	8.5	12.0
05	7.5	15.5	14.5	11.0	12.0	21.0	20.0	7.0	22.0	15.0
06	19.5	20.0	29.5	17.0	13.5	13.0	10.5	10.0	8.5	9.0
07時	21.0	30.5	15.0	24.0	28.0	14.0	28.0	23.0	23.0	18.0
08	1.0	3.5	3.5	3.0	17.0	18.0	21.0	4.0	18.0	9.0
09	0.0	0.5	0.0	0.5	7.0	2.0	23.0	2.0	69.0	33.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	1.0	10.0	2.0	22.5	18.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	3.0	0.5	8.5	4.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	8.0	0.0	0.0	1.0	0.0
13時	0.0	0.0	0.0	3.5	0.5	10.0	0.0	0.0	0.5	0.0
14	0.0	0.0	0.0	10.5	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.5	32.0	0.5	24.0	0.5	0.5	0.5	0.0
16	0.0	0.0	0.0	2.5	3.5	35.0	0.0	0.0	0.5	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19時	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	1.5	34.0	0.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	1.5	27.0	2.0	29.0	0.5	0.0	0.5	0.0
23	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	12.0	0.0	1.0	0.5	2.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
日雨量	70.5	94.0	121.5	177.0	107.5	261.0	121.0	55.0	184.0	120.0

第2表 1997年7月11日のアメダス1時間雨量(mm)；番号は第3図の地図の位置に対応する。

地点	1 柳川	2 甘木	3 大牟田	4 黒木	5 日田	6 鹿北	7 釈迦岳	8 玖珠	9 南小国	10 岱明
01時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
03	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
04	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
05	1	0	3	0	0	1	1	0	0	27
06	2	2	3	2	1	3	2	1	4	13
07時	8	1	15	8	2	6	12	1	5	10
08	10	9	16	12	5	10	7	4	12	13
09	3	9	31	6	6	14	9	4	6	5
10	15	4	13	6	4	13	13	5	13	6
11	3	3	15	9	8	12	9	8	7	1
12	0	9	9	0	3	11	30	17	1	0
13時	0	1	3	2	0	3	1	16	1	0
14	0	0	4	0	2	12	10	1	3	0
15	0	0	1	1	1	3	2	0	2	0
16	3	0	5	0	2	1	0	0	6	0
17	0	2	12	16	2	5	2	1	0	0
18	0	0	0	2	15	3	3	1	1	0
19時	0	0	3	3	0	3	2	2	0	0
20	0	1	0	5	3	3	3	0	0	0
21	0	0	0	1	4	2	2	0	1	0
22	0	0	8	2	2	3	2	0	1	0
23	0	0	8	5	5	9	5	1	1	3
24	0	0	0	2	9	12	20	1	4	0
日雨量	47	42	151	82	75	131	137	63	69	78



第5図 7月11日の07時, 08時, 09時, 10時頃の2 km-CAPPI図。斑点域は10 dBZ以上, 半影部は20 dBZ以上, 黒塗りは25 dBZ以上の領域を示す。第1フレーム上部の斜線域は山岳によって影となる領域を示し, 第2フレームのA-Bは第7図のライン主軸を示す。



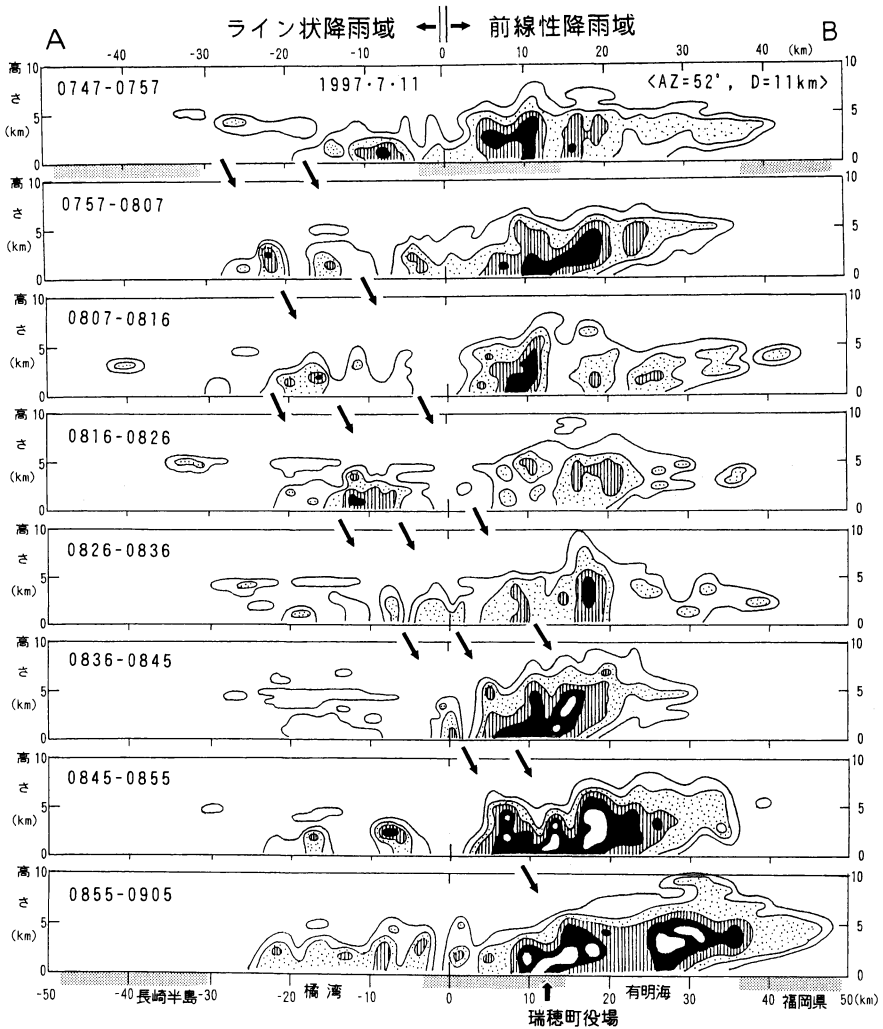
第6図 7月11日08時07分~16分の2 km-CAPPI上のエコー分布。エコー強度は数字や英字で表示され, 破線は前線性降雨の南端域, 実線はライン状の降雨域を表す。

雨系の交点付近にあることは明らかである。瑞穂町役場は、1957年7月25日の諫早豪雨の時に日雨量1109 mmを観測した旧西郷中学校とは1 km圏内の至近距離に位置する。

この地域のライン状降雨の成因については、長崎半島先端部の地形説(福岡管区気象台, 1974)、長崎半島南東部の谷地形説(荒生ほか, 1996)、半島地形と気流の収束説(武田ほか, 1999)、長崎半島先端部からの対流性降雨移流説(藤吉ほか, 1999)などがある。武田ほか、藤吉ほかの成因説は武田(1999)の報告書に詳述されているので、それを参考にしていただきたい。

第7図は07時47分~09時05分の時間帯におけるRHIレーダーのライン主軸上(方位角52度、レーダーサイトからの垂線距離11 km)のエコーの鉛直断面図である。ただし、高さ10 km以上の領域はほとんどエコーがないので省略している。長崎半島付近で出現した比較的弱いエコーが続々と東進し、横軸0 kmよりも東側にあった前線性降雨域に突入していく様子がわかる。また、07時台の前線性降雨域のエコー頂高度は、ライン状降雨域内を東進してくる対流性エコーのそれよりも高い。瑞穂町付近に30 dBZ以上(白抜き)の強いエコーが現れたのは08時30分頃であり、そのエコーの起源は07時50分頃に距離-20 km付近(長崎半島東岸)の中空に存在していた弱いエコーであった。そのエコーは橘湾上で中規模の強さをもつ対流性降雨セル

08時頃にはライン状降雨が島原半島北部で前線性降雨と衝突していたが、第5図ではわかりにくいので、次の第6図でそのことを補足したい。第6図では、観測されたすべてのエコーを数字、英字などで表示しており、破線が前線性降雨の最南端、実線がライン状降雨の領域を示す。この図は同時刻の気象庁福岡レーダーともよく一致していた。ただし、RHIレーダーでは島原半島東側のエコーが欠落していた。これはその前面の半島北部の強雨のために電波が減衰したためと考えられる。第5図と第6図から、瑞穂町役場は2つの降



第7図 7月11日07時47分～09時05分におけるライン主軸上のエコーの鉛直断面図。実線領域が10 dBZ以上、斑点域15 dBZ以上、縦縞20 dBZ以上、黒塗りが25 dBZ以上で、白抜きが30 dBZ以上。横軸の帯状の影は陸地の部分を示す。矢印はセル状エコーの移動を示し、瑞穂町の位置は最下段の横軸付近に表示。

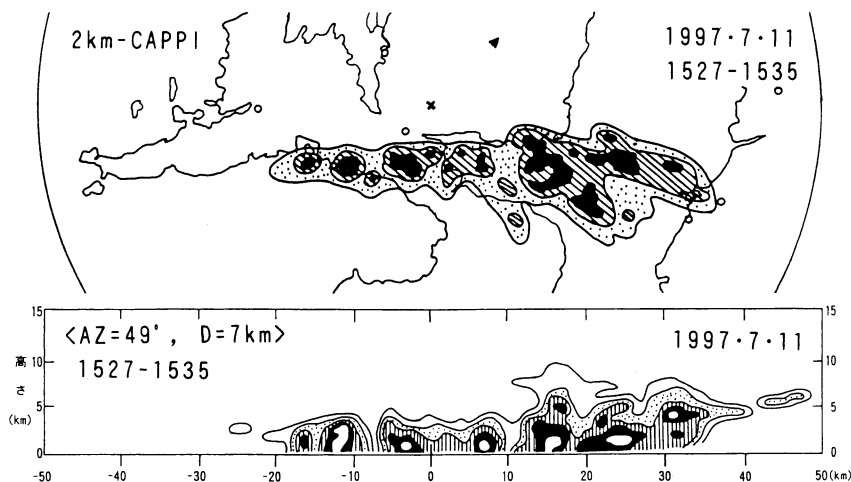
に発達して、前線性降雨域に突入し、その合流域で降雨が強化されたことを示唆する。

第8図は15時30分頃のライン状降雨の水平面と鉛直断面の構造である。第7図と比較すれば、第8図の場合は、西側のエコーの出現直後から既にその強度はかなり強く、当初から顕著な対流性降雨の特徴もっていた。建設省夫婦木の1時間35 mmの強雨はこの時間(15～16時)に観測され、ライン状降雨のみでも十分強い降雨となったわけである。第7図のライン状降雨は比較的穏やかなもので、第8図のそれはかなり活動的であったと言える。第8図のラインのなかには6～7

個の活発な対流性降雨セルがほぼ一直線に並んでおり、ライン状降雨が対流性降雨セルの連なりで構成されていることが確認できる。

#### 4. 考察

1957年7月の諫早豪雨を解析した大沢・尾崎(1959)は、不安定線が大村湾から諫早湾を跨ぐような位置で長時間にわたって停滞したことを図示している。また、それより以前の論文では(大沢・尾崎, 1957), その不安定線は梅雨前線のすぐ南側に前線に沿うように横たわっていたことを示している。したがって、一連の大



第8図 7月11日15時27分～35分の2 km-CAPPI (上段)とライン主軸上の鉛直断面図。  
エコー強度の表示方法は、第5図および第7図と同じ。

沢・尾崎論文によれば、諫早豪雨時の梅雨前線の位置は、本報の08～09時頃の状態に近いことが推察できる。本報の事例では、前線が順調に北上したが、前線が停滞したり、あるいは、北上した前線が短時間のうちに再び南下するような場合には、前線性降雨とライン状降雨のカップリングが長時間に及ぶことになるであろう。

筆者らのライン状降雨に関するこれまでの10例程度の事例研究では、ライン状降雨は1時間数mm程度の小雨のものが多く、それゆえ、今回の場合のように、1時間35mm、15時間で176mmという降雨は十分注目に値し、防災上、看過できないレベルの雨量である。ライン状降雨が活発であれば、前線と融合しなくても災害を引き起こす大雨となりうる可能性もありそうに思える。実は、1995年7月11日に、諫早市に隣接する高来町で発生した2時間雨量177mmの豪雨もライン状降雨による可能性が高かった(荒生ほか、1997b)。それゆえ、ライン状降雨の発生機構に関する研究の発展とともに、どのような条件下でライン状降雨が強烈的な降雨となるのかを探究することも今後の課題の1つである。

## 5. まとめ

(1) 1997年7月11日、長崎県南部を梅雨前線が北上した直後に、長崎半島付近から地形性のライン状降雨が現れ、その活動が長時間にわたって維持された。

(2) 出現直後のライン状降雨域のなかの、複数の対

流性降雨セルが島原半島北部で次々と前線性降雨域に突入し、合流域で1時間69mmの大雨となった。

(3) 前線性降雨が北上したあとには、同じ地域にライン状降雨のみが残り、1時間35mm程度のやや強い雨をもたらし、ライン状降雨の総雨量は多いところで177mmに達した。

(4) このような地形性降雨の活動様式を防災上の留意事項の一つとして十分に警戒するとともに、ライン状降雨の実態把握や監視体制に関する調査研究の発展が望まれる。

## 謝辞

研究の遂行にあたり格別の御指導と御支援をいただいた名古屋大学の武田喬男名誉教授と藤吉康志教授(現在、北海道大学)、坪木和久助教授に深甚なる謝意を表します。RHIレーダーの観測においては、中根重勝名誉教授(長崎大学)からの御指導と、諫早市の岩永政太郎氏および藤山雅照氏からの御援助を賜った。長崎県内の多くの観測機関からは各種の気象記録を御提供いただき、雨と風の観測にあたっては多くの学校に御協力を賜り、福岡管区気象台にも資料収集に便宜を図っていただいた。長崎大学の学生であった川鍋敬子さん、坂口千恵美さん、宮崎路子さんには解析の段階でさまざまな御協力を賜った。本誌編集委員会と査読担当者にもたいへんお世話になったことを感謝申し上げます。本研究には文部省科学研究費補助金および名古屋大学大気水圏科学研究所共同研究経費から御援

助をいただいた。

### 参考文献

- 荒生公雄, 中根重勝, 藤吉康志, 武田喬男, 1996: 長崎市東部から諫早市方面に伸びるライン状降雨エコーの解析と地形効果に関する考察, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, (55), 9-22.
- 荒生公雄, 中根重勝, 岩崎博之, 藤吉康志, 武田喬男, 1997a: 雲仙岳に大規模な土石流を発生させた豪雨の特徴, 自然災害科学, 16(1), 27-40.
- 荒生公雄, 中根重勝, 藤吉康志, 武田喬男, 1997b: 長崎県高来町周辺に豪雨をもたらした1995年7月11日の雷雨, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, (56), 13-24.
- 荒生公雄, 藤吉康志, 武田喬男, 1998: 長崎半島付近で発生した1996年6月の持続型ライン状降雨, 長崎大学総合環境研究, 1(1), 149-166.

- 福岡管区気象台, 1973: レーダーと集中豪雨, 福岡管区気象台要報, (28), 135-173.
- 福岡管区気象台, 1974: 福岡レーダーからみた九州の空, 天気, 21, 265-279.
- 福岡管区気象台, 1999: 九州・山口県の合成レーダーデータ集成 (CD-ROM 付), 福岡管区気象台要報, (54), 56 pp.
- 日本気象協会 (編), 1998: 気象年鑑, 1998年版.
- 大沢綱一郎, 尾崎康一, 1957: 諫早方面の大水害について, 天気, 4, 273-279.
- 大沢綱一郎, 尾崎康一, 1959: 諫早市の豪雨の解析, 気象庁研究時報, 11(10), 21-30.
- 武田喬男, 1999: 豪雨の形成過程のマルチスケール研究, 文部省科学研究費補助金研究成果報告書 (名古屋大学大気水圏科学研究所), 450 pp.

---

## Line-shaped Stationary Rain Echoes Extending from the Nagasaki Peninsula to the Isahaya Bay on 11 July 1997

Kimio Arai\* and Mika Tsuboi\*\*

\* (Corresponding author) Faculty of Environmental Studies, Nagasaki University, Nagasaki 852-8521, Japan.

\*\* Information Processing Center, Nagasaki University. (Present affiliation: Nagasaki Seido Primary & Middle School.)

(Received 7 October 1999; Accepted 8 September 2000)

---