

長崎県諫早地方における地形性ライン状降雨と 移動性降雨系との合体による豪雨の発生

荒生 公雄*・松原 卓美**

Severe Rainfall Events Induced by Combinations of the Traveling Rain Systems and the Stationary Line-shaped Rainbands at Isahaya Region in Nagasaki Prefecture

Kimio ARAO* and Takumi MATSUBARA**

Abstract

The line-shaped stationary rainbands over the Isahaya region in Nagasaki Prefecture, which are supposed to be generated and developed by an orographical effect of the Nagasaki Peninsula, are sometimes modified their intensity of precipitation by another traveling rain systems at their combining stage. In this paper, then, we studied two cases of heavy rainfalls which occurred over the Isahaya region due to the combination of the linear stationary rainband and a traveling rainband from west to east. The main results of this study are as follows.

(1) The heavy precipitation on 23 July 1999 was induced by a cold front-type rain system associated with a tropical depression, which traveled from the west and combined with the stationary rainband over the Isahaya region, and recorded the maximum rainfall amount of 417 mm in a day.

(2) The severe rainfall on 12 July 2001 also took place under the influence of a traveling rain system moving from west to east. The daily maximum of precipitation amounted to 309 mm.

(3) These two events more or less suggest the probability that the Tara mountain chain, which is situated near the linear stationary rainband region and having an altitude of 1058m at the summit of Gokahara-dake, strengthens effectively the downdraft of the traveling rain clouds along the southern or southeastern mountain slopes, and then newly-born convective rain cells develop rapidly near there by the southerly humid surface wind.

1. はじめに

長崎県南部地方はしばしば集中豪雨に見舞われる地域である。その豪雨の発生に寄与する要因として最も重要なものは梅雨前線に沿って発達する低気圧の活動であるが、単にそればかりではなく、本地方

の地理的地形的条件もかなり強い影響を及ぼしていると考えられる。これまでに筆者らが報告してきたように（荒生ほか，1997；荒生・壺井，2000），長崎半島南東側の海岸付近から発生し、北東方向（諫早湾方向）に伸びる停滞性ライン状降雨とその周辺からの移動性降雨系との合体または衝突（以下、合体と記述する）の影響も、また、豪雨発生メカニズムに関与すると考えることができ、注意深く監視すべき大気現象の一つである。

本報告では、このような観点から、諫早市周辺の地形性ライン状降雨と、西方から移動して来る別の降雨系の合体による降雨活動の強化の可能性を、近年発生した2例の大雨現象に関する解析を通して考察することにした。

* 長崎大学環境科学部

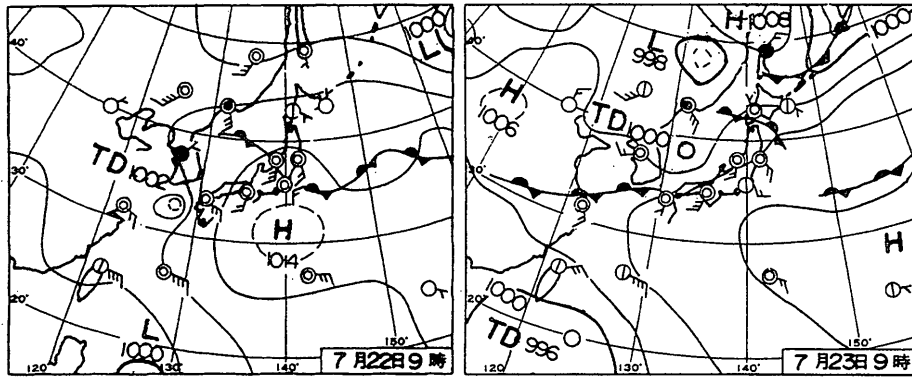
Faculty of Environmental Studies, Nagasaki University; araok@net.nagasaki-u.ac.jp

**名古屋大学大学院環境学研究科（博士課程前期）

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University.

受領年月日 2003(平成15)年12月3日

受理年月日 2004(平成16)年2月16日



22日(木)梅雨明け

九州北部～東海は平年比6～3日遅く梅雨明け。関東南部を中心に雷雨。都庁北棟41階の北西角部分の外壁が落雷ではがれる。JRの予約システムも落雷で一時ダウン。

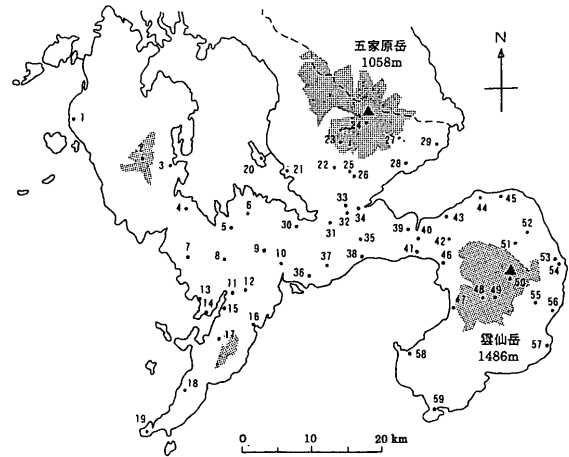
23日(金)長崎 大雨

活発な雨雲の停滞で長崎県南部を中心に未明から大雨。時間雨量は佐賀県多良岳8時103mm、長崎県諫早10時101mm。関東甲信、九州南部梅雨明け。富山max36.9℃。

第1図 1999年7月22日09時(左)と23日09時(右)の地上天気図と解説記事(ともに気象年鑑による)

2. 解析の基礎データ

本研究の基礎的データは長崎海洋气象台、日本気象協会、気象業務支援センター、建設省長崎工事事務所(現在、国土交通省長崎河川道路事務所)などから提供していただいた。特に気象庁の資料は本解析の根幹を成している。また、近年においてはインターネットのウェブ上からも質の高い気象情報が入手できるようになったので、それらも可能な限り活用した。しかし、インターネット情報の入手には時間的な制約や受信上のトラブルがあるため、必要不可欠な資料は気象業務支援センターから入手した。その他、長崎県総合農林試験場、市役所・町役場および消防防災機関などからも雨量や風向・風速に関する資料を御提供いただいた。さらに、本研究室も独自の雨量計を5か所に設置したので、それらの雨量記録も解析に利用した。



第2図 1999年7月23日の解析に用いた雨量計の位置図(番号は第1表と対応する) 影を施した領域は標高500m以上の山地。

3. 1999年7月23日の諫早・多良見地区の豪雨

3-1 気象の概況

1999年7月23日諫早地方は激しい豪雨となった。

第1図は7月22日と23日の09時における地上天気図とその解説記事である。解説記事に記載されているように、22日には九州地方から東海地方にかけて広い範囲で梅雨明けとなった。22日09時に五島列島西方にあった中心気圧1002hPaの熱帯低気圧(TD)はその前日(21日)09時には奄美大島付近にあって、23日09時には日本海中西部に進んだ。この1日の間に、熱帯低気圧の中心気圧は2hPa低下しているの、衰

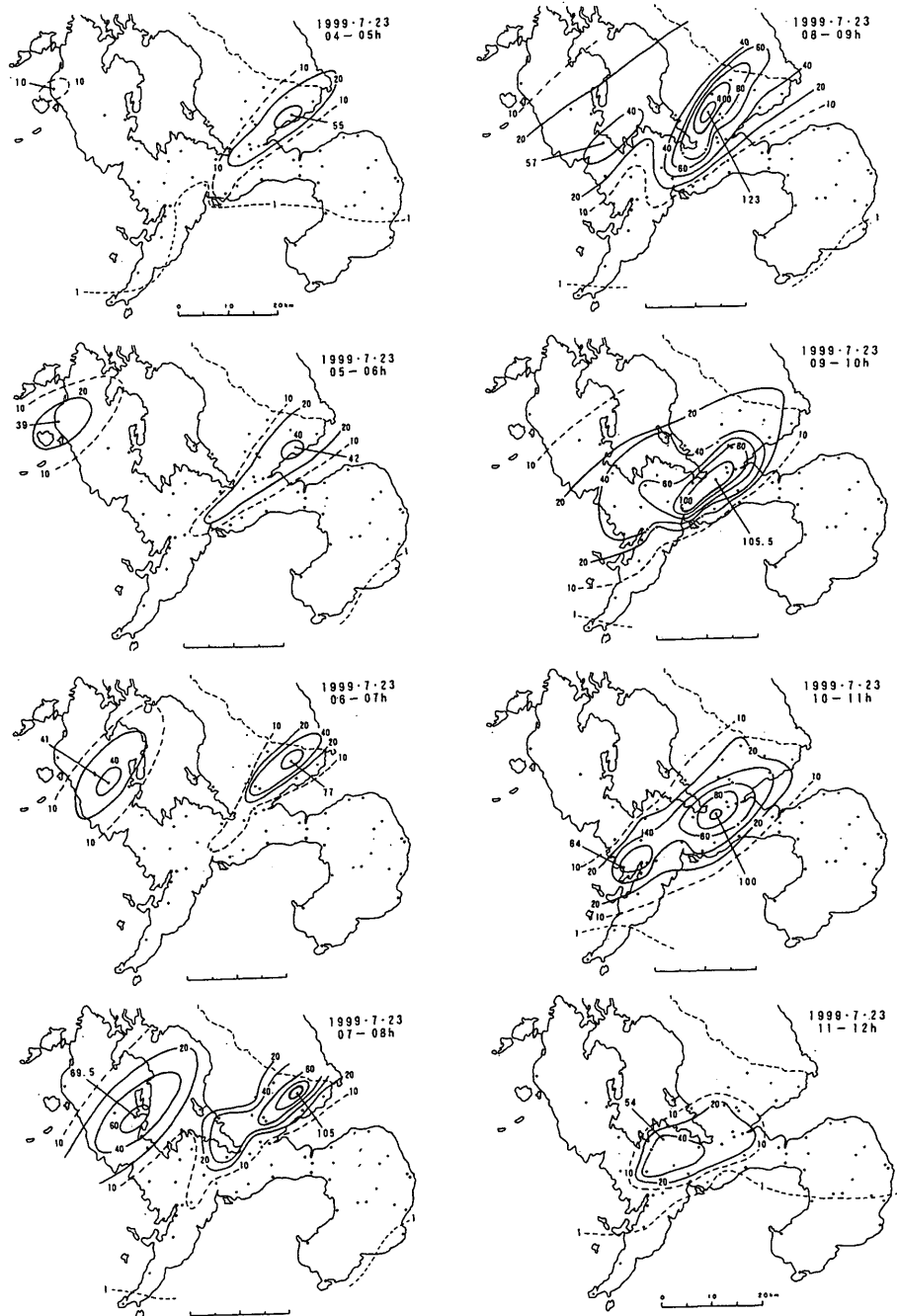
弱段階ではなかった。しかし、地上天気図には描かれていなかったが、気象庁レーダーアメダス合成図で見ると、熱帯低気圧の南南西側には寒冷前線を思わせる帯状の強雨域が延々と延びていて、熱帯低気圧の北上とともに、その帯状降水系が次第に南東進して、23日04時頃に西彼杵半島に到達した。22日午後から23日午前中にかけて、全般的に、長崎県地方は熱帯低気圧の北上とともに、温暖で湿潤な南風にさらされていた。以下、補足のために、23日の概況を“気象年鑑2000年版”(日本気象協会、2000)の記事から原文のまま引用する。

“23日は、日本海西部の熱帯低気圧が太平洋高気

長崎県諫早地方における地形性ライン状降雨と移動性降雨系との合体による豪雨の発生

第1表 1999年7月23日の1時間降水量(午前中)と日降水量

番号	観測機関	1 時間 雨 量 <1999年7月23日; mm>												日雨量
		01	02	03	04	05	06時	07	08	09	10	11	12時	
1	アヲ大瀬戸	0	2	3	2	10	39	4	3	5	5	1	6	125
2	アヲ長浦岳	0	2	2	2	6	8	41	57	39	15	1	1	186
3	琴海町役場	0	0	1.0	1.0	3.0	3.0	19.0	69.5	27.5	9.5	1.0	1.5	143.0
4	(県)中山ダム	1	0	1	0	4	3	2	25	57	53	1	-	172
5	長与町役場	0.5	0	1.0	0.5	3.5	3.5	4.5	6.0	15.0	61.5	22.5	39.5	158.0
6	(県)長与ダム	0	0	0	0	0	0	0	2	0	49	14	54	120
7	(県)式見ダム	0	0	0	1	2	3	4	3	27	48	5	-	110
8	長崎大環境	0	0	0.5	1.0	2.0	3.5	4.5	2.0	6.0	47.5	54.5	44.5	166.0
9	J R現川駅	0	1	0	1	2	4	4	17	22	62	58	44	215
10	(消防)矢上	0	0	0	0	0	23	10	5	32	100	35	20	239
11	長崎市消防局	0	0	0	0.5	1.5	4.0	4.0	4.5	4.5	41.0	63.0	4.0	127.0
12	(消防)蛭茶屋	0	0	0	1	0	8	3	17	10	18	22	6	85
13	(消防)福田	0	0	0	1	0	8	1	4	6	44	64	7	135
14	(消防)小櫛	1	0	0	1	0	6	2	6	4	20	40	2	82
15	長崎海洋气象台	0.5	0	0	0.5	1.5	4.0	4.0	7.0	5.0	27.5	48.5	1.0	99.5
16	(消防)茂木	1	0	0	10	0	4	1	3	7	9	14	0	49
17	(県)鹿尾ダム	0	0	0	0	3	5	4	8	11	18	17	1	67
18	(県)黒浜ダム	0	0	1	1	3	3	3	2	4	5	0	0	22
19	アヲ野母崎	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3
20	長崎航空測候所	0	0.5	1.0	1.0	2.5	2.0	2.5	15.5	38.5	53.5	6.5	8.0	139.5
21	大村市役所	0	0	1	2	2	7	7	43	39	26	11	14	152
22	(建)本野	1	1	3	2	3	5	2	53	123	44	35	23	305
23	(建)小野	0	3	5	2	4	5	3	16	101	35	30	7	226
24	アヲ五家原岳	2	1	14	6	3	7	13	48	98	31	21	3	258
25	長崎大学レーダー	0.5	0.5	2.0	4.0	14.5	15.5	46.5	-----	停電のため不明	-----	-----	-----	-
26	(建)清水	0	1	2	4	19	26	44	70	88	85	59	14	417
27	(農)黒新田	0.5	0.5	2.0	4.0	20.5	33.0	77.0	105.0	52.0	29.5	15.5	2.0	348.5
28	高来町役場	1.0	0	3.0	7.0	55.0	42.0	18.0	25.0	30.0	22.0	40.0	4.0	252.5
29	小長井町役場	0.5	0.5	0.5	2.5	26.0	36.0	17.0	14.5	20.5	11.0	16.5	4.5	161.5
30	多良見町役場	0	0	1.0	0	3.0	3.0	6.0	57.0	80.0	91.0	77.0	42.0	361.0
31	(県)総合農試	0.5	0	1.0	2.0	27.0	25.5	16.5	13.5	90.5	105.0	100.0	26.5	409.0
32	アヲ諫早	0	1	0	2	36	23	8	10	44	101	93	23	342
33	諫早消防署	0.5	0	1.0	1.5	36.0	20.0	6.0	8.5	53.0	102.5	88.0	21.5	339.5
34	(建)諫早	0	0	1	2	32	23	7	9	41	95	91	22	325
35	(建)夫婦木	1	0	1	1	4	10	1	3	9	44	67	11	152
36	飯盛西小学校	0	0	0.5	1.0	10.5	6.0	3.0	2.5	4.0	17.5	55.0	4.0	104.0
37	飯盛町役場	0	0	1.0	1.0	7.0	1.5	3.0	0.5	3.0	23.0	51.0	0	91.0
38	有喜中学校	0	0	0.5	1.5	2.0	4.5	1.0	2.0	4.0	9.5	32.5	7.0	64.5
39	諫早東高校	0.5	0	0.5	1.5	2.5	4.5	0	2.0	2.5	7.5	12.0	3.5	37.5
40	愛野町役場	0.5	0	0.5	1.5	2.5	4.0	0.5	1.5	3.0	6.5	6.5	3.0	30.5
41	(県)愛野支場	0.5	0	0	1.0	4.0	4.0	0.5	1.5	2.5	5.5	2.5	3.5	26.0
42	(農)山田	0	0	0.5	1.5	3.5	4.0	0.5	1.5	1.5	4.5	2.5	1.5	22.0
43	吾妻町役場	0	0	2.0	2.0	4.0	0.5	1.5	1.0	4.5	5.5	1.5	1.5	24.0
44	瑞穂町役場	0	0	0	0	0	3.5	1.0	1.0	2.0	5.5	4.5	4.0	22.0
45	国見町北消防	0	0	1.0	1.5	6.0	3.0	0.5	1.5	2.5	-	-	-	-
46	千々石町役場	0	0	0.5	1.0	1.5	3.5	0.5	2.0	2.0	4.0	1.5	2.0	18.5
47	小浜町役場	0	0	0	0	0	2.5	1.0	1.0	2.5	2.5	1.5	0.5	11.5
48	アヲ絹笠山	0	0	0	1	1	4	2	2	4	4	3	1	22
49	雲仙岳測候所	0	0	0	1.0	2.0	5.5	2.0	1.5	5.0	4.0	3.5	0.5	25.0
50	アヲ普賢岳	1	0	0	1	2	6	2	2	8	5	4	0	31
51	有明町環境衛生	0	0	0	0	1.0	5.0	1.0	1.0	2.0	5.0	2.0	1.0	18.0
52	有明町第4分団	0	0	0	1.0	0	5.0	1.0	1.0	6.0	5.0	2.0	1.0	22.0
53	島原市役所	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.5	13.0	3.5	0.5
54	アヲ島原	0	0	0	0	1	6	2	1	6	12	3	1	32
55	アヲ深江	0	0	0	1	0	7	2	1	7	6	3	1	28
56	深江町役場	0	0	0	0	1.5	1.5	0.5	2.0	3.5	2.0	0	0	29.5
57	布津町役場	0	0	0	0	0	0.5	1.5	0.5	0	2.5	1.5	0.5	7.0
58	南串山町役場	0	0	0	0	0.5	3.0	1.5	2.0	2.5	2.0	1.0	0	12.5
59	アヲ口之津	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	1	0	9



第3図 1999年7月23日04~12時の1時間降水量の地理的分布 (20mm単位)

圧の縁を北東に進み、その後面の対馬海峡付近には前線が発生して、長崎県と佐賀県で大雨となった。中でも諫早市では、09時までの6時間に120mmを超える先行降雨があった後、10時と11時の前1時間降水量がそれぞれ101mm、93mmという猛烈な雨となった。諫早市では過去にも豪雨災害を経験していることもあり、09時15分に全市に避難勧告を出し、同45分には災害対策本部を設置して警戒に当たった。この豪雨で、諫早市で男子中学生が側溝に転落し、流されて死亡したほか、土砂崩れによる家屋損壊や浸水などの被害が発生した。”

なお、この記事では<熱帯低気圧に前線が発生した>と記されているが、寒冷前線とは書かれていない。熱帯低気圧に寒冷前線が発生するようになったのであれば、温帯低気圧に変わった、と解釈すべきかも知れない。

また、このときの降雨現象については、気象庁の田中(1999)も「ひまわり画像」の解析を行い、4枚の赤外画像の時系列を図示しながら、次のように記述している。

“この事例は、海上から発達中のCb(積乱雲:著者注釈)が流入し上陸地点で強まるという九州で発生する局地的豪雨の特徴を表している。”

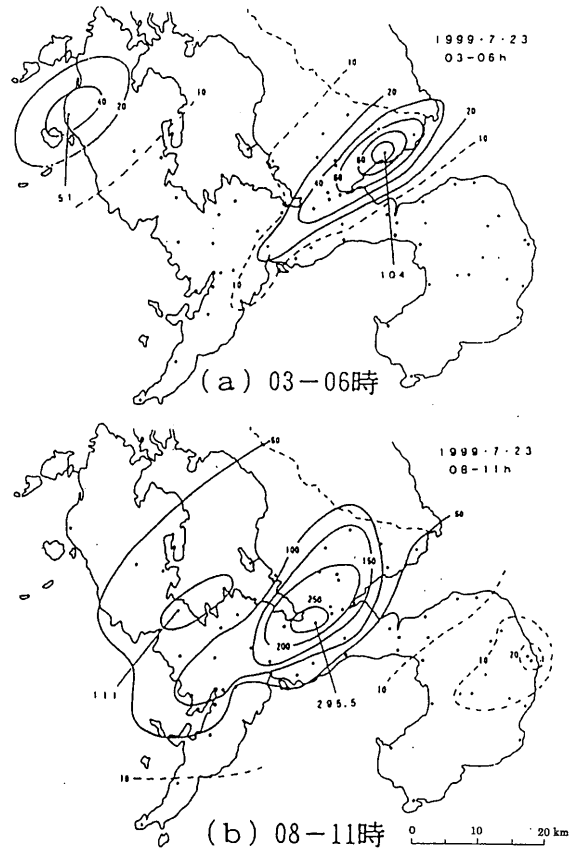
この記述に関連して一言付け加えると、すぐ後で示すように、本豪雨は停滞性ライン状降雨に熱帯低気圧から伸びる前線性降雨システムが接近し、合体することによって発生した、と筆者らは考えているので、<雨雲が上陸地点で強化される>というシナリオとはいくぶん異なる。

3-2 降雨の実態

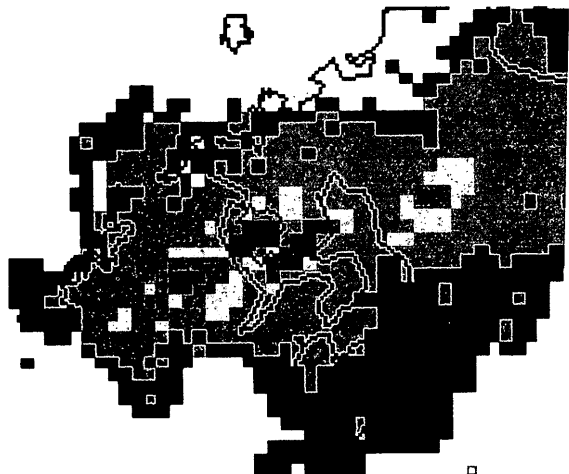
第2図は研究対象地域の雨量計の位置を示す。図中の番号は第1表の観測地点(機関)名と対応している。また、影を施した部分は標高500m以上の山地を示し、本地方の代表的な山地である多良山系と雲仙山系には、山頂の▲マークを記入した。なお、多良山系は、経ヶ岳(1076m)、五家原岳(1058m)、多良岳(983m)から成り、総称して、多良山系、もしくは単に多良岳とも呼ばれているが、第2図および第7図では、五家原岳(諫早市街地を貫流する本明川の水源地)をもって多良山系を代表させている。

第1表は59地点(機関)における7月23日00時~12時の1時間降水量と日雨量の一覧表である。これらの雨量計のなかには、本研究室の雨量計が5台含まれている(長崎大学環境、長崎大学レーダーサイト、飯盛西小学校、有喜中学校、諫早東高校)。

23日の日降水量を大きい方から順に並べると(カッコ内の数字は地点番号)、



第4図 1999年7月23日の特徴的な時間帯における降水量
(a) 03~06時: 南東進する移動性降雨とライン状降雨(20mm単位)
(b) 08~11時: 豪雨最盛期に対応する降雨(50mm単位)



第5図 1999年7月23日08時のレーダーアメダス合成図(5kmメッシュ); 内部のやや黒い領域が1時間40mm以上、その外側の半透明域が20~40mm、かなり白い領域が10~20mmを示す。最外縁の最も黒い領域は0~1mm未満の弱い降雨域。

- <1> 417 mm 建設省清水 (26)
 - <2> 409 mm 長崎県総合農林試験場 (31)
 - <3> 361 mm 多良見町役場 (30)
 - <4> 348.5mm 農林水産省黒仁田 (27)
 - <5> 342mm アメダス諫早 (諫早市役所; 32)
- となる。これらの5地点は、多良山系の南側に位置する諫早市から多良見町までの地域に限られ、あとに示す第4図 (b) で200mm以上の多雨域とほぼ一致する。

第3図は7月23日04時～12時の毎時の1時間降水量分布を示す。図中の最初の1時間降水量である04時～05時において、諫早湾北岸に沿って伸びるライン状降雨が既に存在しており、その後08時頃までほとんど同じ地域に停滞していたことがわかる。この降雨は筆者らが「長崎半島付近から発生するライン状降雨」と呼んできたものであり、暖湿でかなり強い南寄りの地上風が地形の影響を受けて引き起こされる可能性が高い (荒生ほか, 1996; 荒生ほか, 1998, Yoshizaki et al., 2000)。メソ気象学の研究者からは、しばしば「諫早ライン」とも呼ばれている。そのライン状降雨とは別に、04～05時の段階で、西彼杵半島北端にかかり始めた前線性降雨が見られる。西彼杵半島の降雨は熱帯低気圧の南西に発生した前線に伴うものと考えられ、図から明らかのように、次第に南東進して、08時過ぎにはライン状降雨と合体した。第3図は、前線性降雨の合体前の段階においても、ライン状降雨の1時間降水量はかなり強かったことを示すとともに (04～05時最大55mm; 05～06時42mm; 06～07時77mm; 07～08時105mm)、合体後において、ライン状降雨が存在していた地域で降雨が一層強まったことを示している (08～09時123mm; 09～10時105.5mm; 10～11時100mm)。また、南下してきた前線性降雨もライン状降雨に接近するにつれて降雨が強まり (05～08時: 39→41→69.5mm)、接近とともに両者の強度が強化される傾向を示した。

第4図は7月23日の2つの特徴的な時間帯における降水量分布である。図中の等雨量線の値が異なることに留意していただきたい。(a)の03～06時は寒冷前線タイプの移動性降雨域と諫早湾周辺の持続型ライン状降雨がほとんど独立に存在していた時期であるが、ライン状降雨の中心域に当たっていた高来町役場では3時間で104mmの大雨となった (04～06時の2時間: 97mm)。一方、(b)の08～11時は2つの降雨系が合体していた時期であり、豪雨最盛期であった。長崎県総合農林試験場では3時間295mmの豪雨となっていた。この豪雨のため、長崎と諫早を結ぶ国道34号線は冠水により通行不能とな

ったため、主要道路で大渋滞が発生した。

第5図は23日08時の気象庁レーダー・アメダス解析雨量である。元来カラー6段階表示であるものを白黒で表示したのであまり鮮明ではない。しかし、大村湾上に前線性降雨の中心域、諫早市～小長井町にライン状降雨の中心域が検出でき (カラーでは赤紫40～60mm, 赤60mm以上の領域に当たる)、第3図の07～08時の雨量分布とかなりよく対応する。その1時間後のレーダー・アメダス解析雨量では多良山系の南斜面と琴海町が赤色を呈し、やはり08～09時の降水量分布とよく対応していた。なお、本研究には、気象庁レーダーエコー合成図 (10分間隔) と気象庁レーダー・アメダス解析雨量 (1時間間隔) も解析に利用したが、第5図に代表的な画像を例示したように、レーダーの雨域および強雨域と、雨量計から得られる降水量分布の傾向とは、全般的によく一致していた。ただし、本研究では、どちらかと言えば、レーダーエコー図よりも降水記録に解析の重点を置く立場を選択したので、気象庁レーダーの表示については代表的な時刻における画像を例示するのみにとどめた。

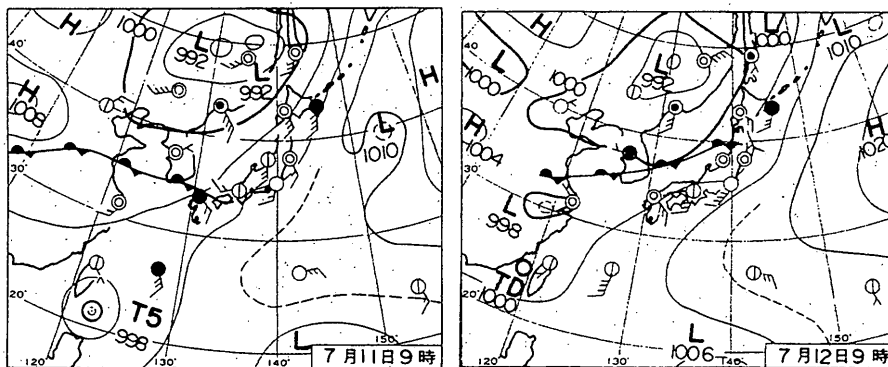
写真1と写真2 (第11図の後に掲載) は諫早市の中心街を流れる本明川の水位の写真である。実は、22日夕方まで長崎大学環境科学部のRHIレーダー (地点番号25) は熱帯低気圧の大雨を警戒して観測を行っていたが、梅雨明けとなったので、22日夕刻にレーダー観測を停止した。翌23日早朝の大雨に、レーダーを稼働させるために車を走らせたが、大渋滞に遭遇し走行困難に陥った。時間ばかりが経過し、諫早市内の本明川を渡ったときには11時半になっていた。その時、に車内からリアウィンドー越しに撮影したものが写真1である。新橋は危機一髪の状態にあり、水防団員があちこちで警戒に当たっていた。橋脚の根元まで達した水は、道路面すれすれにまで及んでいた。写真2は通常の状態である。

4. 2001年7月12日の吾妻・瑞穂町の豪雨

4-1 気象の概況

第6図は2001年7月11日と12日の09時における地上天気図である。12日の記事には諫早で1時間71mm、日雨量200mm以上になっていたことが記されている。梅雨前線の北上に伴い、11日と12日の両日にわたって長崎半島付近から持続型ライン状降雨が発生したことが最も重要な特徴であった。ただし、ライン状降雨は11日から12日にわたって時間的に連続して存在していたのではなく、気象庁レーダーエコー合成図の解析から、次の3～4つのやや複雑な時間帯に分かれて出現した。

11日: 00時～07時に諫早湾北岸沿いにライン状降



11日(水)関東甲信 梅雨明け
 南海上に伸びていた梅雨Fが東海上で消滅。平年比9日早い梅雨明け。沖縄・奄美に次いで今季3番目の梅雨明け。西日本では、大陸から再び梅雨Fが伸びて来て●に。

12日(木)西日本 雨続く
 九州には暖湿流入り早朝に長崎県諫早71mm, 熊本県阿蘇乙姫60.5mmなど非常に激しい●。日雨量は福岡県大牟田や諫早で200mmを超える。関東は猛暑。八王子市で39.0℃。

第6図 2001年7月11日09時(左)と12日09時(右)の地上天気図と解説記事(ともに気象年鑑による)

雨出現;ただし, 0150~0330には移動性降雨系の北上と重なり, 停滞性ラインの判別は困難

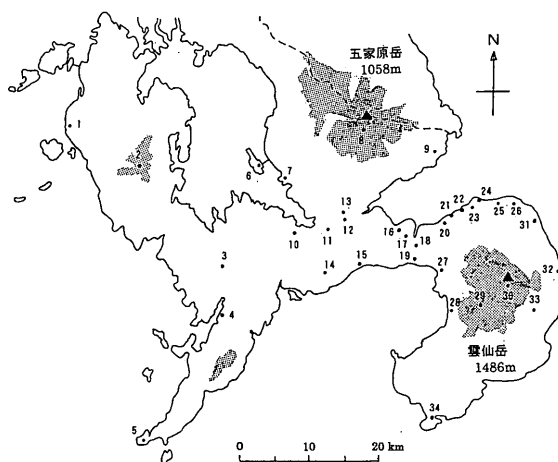
- 12日: 01時~03時に北岸にライン状降雨出現
- 03時~07時には移動性降雨系の東進と重なり判別困難
- 07時~11時に南岸沿いにライン出現(ほかの降雨系が消滅したにもかかわらずラインのみ残る)

ここでは, 特に12日の豪雨に注目するが, 11日の強雨にも若干言及することにした。

4-2 降雨の実態

第7図は7月11~12日の解析に用いた雨量計の位置である。このケースでは諫早湾南岸地区に焦点を絞ったので, 長崎県西海岸地域の雨量記録の収集数は少ない。また, 本研究室のレーダー装置は2000年8月をもって廃棄処分となり, 同時にレーダーサイトも廃止となったこと, 高来町役場のデータが欠落したことなどのために, 諫早湾北岸もかなり希薄である。しかしながら, 本研究室の雨量計を吾妻町と瑞穂町に合計3台設置したので, 諫早湾南岸地区については, これまでにない稠密な雨量観測ラインを形成することができた。

第2表は7月11日の降水量, 第3表は12日の降水量の一覧表である。これらの雨量計のなかには, 本研究室の雨量計が5台含まれている(有喜中学校, 諫早東高校, 内田技研, 瑞穂営農センター, 瑞穂漁業組合)。さらに, 第8図は11日(左)と12日(右)の日降水量分布を示す。11日の諫早湾南岸地区の降雨



第7図 2001年7月11~12日の解析に用いた雨量計の位置図(番号は第2・3表と対応する) 影を施した領域は標高500m以上の山地。

は午前中に限られるが, 諫早市内と北岸地区では夜おそい時間帯にもかなりの降雨があった(第3表参照)。それゆえ, 諫早市内と北岸地区の日降水量から35~40mmを減算すれば, 実際上, 11日午前中の雨量分布なるので, 午前中の南岸の雨量は諫早市内や北岸よりもかなり多く, しかも多雨域が細長い带状に分布していて, ライン状降雨の存在を容易に想像させる。実際に, 同日午前中の10分間隔のレーダーエコー合成図から, 南岸地区がライン状降雨の影響下にあったことが確認できた。12日には移動性降雨がライン状降雨に合体して大雨となったものであり, 最大日降水量は309mm(内田技研)に及んだ。

第9図は12日01~09時の1時間降水量の時系列であ

第2表 2001年7月11日の1時間降水量(午前中)と日降水量

番号 観測機関	1 時間 雨 量 <2001年7月11日; mm>												日雨量	
	01	02	03	04	05	06時	07	08	09	10	11	12時		22-24時
1 アメダス大瀬戸	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0	27
2 アメダス長浦岳	0	1	0	0	0	0	11	3	1	1	2	3	1	45
3 長崎大教育	0	25.0	1.5	0	0	0	5.0	9.5	1.5	0	3.0	0	0	45.5
4 長崎海洋气象台	0	33	6	0	0	0	0	17	2	0	6	2	0	68
5 アメダス野母崎	3	11	0	0	0	0	0	7	0	1	2	0	0	29
6 長崎航空測候所	0	10	2	0	0	0	8	14	0	0	0	0	1	37
7 大村消防署	0	7.5	1.5	0	0	0	6.5	12.0	1	0	0	0	1.0	29.5
8 アメダス五家原岳	0	11	24	1	0	1	0	17	5	2	2	6	0	71
9 小長井町役場	0	3.0	29.0	3.0	0	56.0	7.0	5.0	6.0	1.0	0.5	3.5	36.5*	113.5
10 多良見町役場	0	0	14.0	27.0	16.5	4.0	2.5	2.5	11.0	2.0	0	0	0	79.5
11 (県)総合農試	0	10	24.5	0	0	0	0	10.5	3.5	1.0	4.0	2.0	2.5	64.5
12 アメダス諫早	1	10	25	0	0	0	0	8	3	1	5	2	37*	101
13 諫早消防署	0.5	10	23.0	0	0	0	0.5	8.0	2.5	1.0	0.5	4.5	39.5*	104.5
14 飯盛町役場	9.5	1.5	29.5	6.5	0	10.5	5.0	3.0	12.0	1.5	0	1.0	3.0	88.0
15 有喜中学校	10.0	17.0	26.0	24.0	11.5	2.5	9.0	21.0	6.0	1.0	1.0	2.0	2.0	140.5
16 森山町役場	16.5	9.5	30.0	9.0	13.5	7.0	0.5	23.5	6.5	1.5	0.5	2.0	2.0	131.5
17 諫早東高校	9.5	7.0	26.5	49.0	4.0	2.0	0	12.0	6.0	1.0	0.5	3.0	0.5	128.0
18 愛野町役場	5.0	2.0	32.5	60.0	3.0	2.0	0	9.0	7.5	2.5	0.5	2.0	0	133.0
19 (県)愛野支場	1.0	0	32.0	43.5	0.5	0	0	0	10.0	2.5	0.5	3.0	0	106.5
20 吾妻町役場	1.5	2.0	27.0	48.5	6.0	2.0	0	7.5	7.5	2.5	0	2.0	0	112.5
21 内田技研	0	5.0	19.0	39.0	35.0	5.0	0	0	16.5	4.0	0.5	2.0	0	134.0
22 瑞穂営農センター	0.5	4.5	22.5	59.5	17.0	2.0	0.5	9.0	11.0	3.5	0	1.5	0	136.5
23 瑞穂町役場	0	4.0	19.0	54.0	19.5	2.5	0	8.0	10.0	2.0	0	1.0	0	123.5
24 瑞穂漁業組合	0	3.5	16.5	41.5	39.0	6.0	0	0	24.0	3.5	1.0	1.0	0	140.5
25 国見町北消防	0	4.0	11.0	—	—	記録	不鮮明	—	—	—	—	—	—	126.5
26 国見町役場	0.0	0.5	7.0	45.5	20.5	2.0	0	0	24.0	2.0	0.5	1.0	0	106.0
27 千々石町役場	0	0	14.0	27.0	16.5	4.0	2.5	2.5	11.0	2.0	0	0	0	79.5
28 小浜消防署	0	0	2.5	3.0	0	0	0	0	10.5	2.5	0.5	4.0	0	42.5
29 アメダス絹笠山	0	0	7	5	0	0	0	0	14	4	1	10.0	0	65
30 アメダス普賢岳	0	1	11	4	1	0	0	1	4	2	0	11.0	0	42
31 有明町役場	0	0	10.0	15.0	6.0	0	0	0	12.0	2.0	0	0	0	50.0
32 アメダス島原	0	0	3	3	2	0	0	0	0	5	2	6.0	0	32
33 アメダス深江	0	0	4	3	1	0	0	0	8	5	1	17.0	0	58
34 アメダス口之津	0	0	2	0	0	0	0	0	20	5	3	17.0	0	60

(*備考) 23~24時の1時間:小長井町役場28.5, アメダス諫早28, 諫早消防署28.5

る。また、第10図にはレーダー・アメダス解析雨量(12日02時)を示す。第10図は、第9図の最初の時間帯と対応するものであり、第9図では読み取りにくい西方からの移動性降雨域の接近を明示している。さらに湾北岸のライン状降雨の状況もよく一致している。ただし、第9図01~02時のアメダス大瀬戸は空白状態であるが、この1時間に2mmの降雨を観測していた(第3表参照)。その後、西方のレインバンドがライン状降雨域に接近し、ライン状降雨域で豪雨最盛期を迎えた。

第3表や第9図から明らかのように、12日早朝の豪雨では、05-06時の1時間に吾妻町(内田技研111mm)と瑞穂町(瑞穂営農センター100.5mm)で100mmを超えたのをはじめ、国見町(北消防分署)でも97mmを観測し、諫早湾南岸の吾妻-瑞穂-国見町を結ぶ帯状の地域でかなり烈しい集中豪雨となった。ちなみに、正時2時間では内田技研の170.5mm(04-06時)が最多であった。さらに、11~12日の2日間総雨量の順位は次の通

りである(カッコ内の数字は地点番号)。

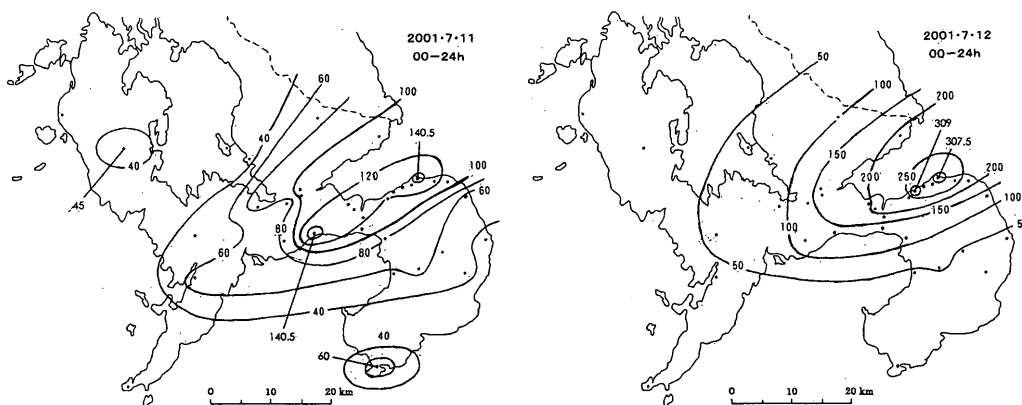
- <1> 448 mm 瑞穂漁業組合(24)
- <2> 443 mm 内田技研(21)
- <3> 425 mm 瑞穂営農センター(22)
- <4> 407.5mm 国見町北消防(25)
- <5> 387.5mm 瑞穂町役場(23)

これらに次ぐものは、諫早東高校(357.5mm)、国見町役場(349.5mm)、吾妻町役場(346.5mm)などであり、これらの上位8地点のほとんどは諫早湾南岸域であった。なお、諫早湾北岸の2日間総雨量の最多は小長井町役場の335mmであった。また、気象庁管轄地点の最多雨量はアメダス諫早の291mmであり、瑞穂漁業組合とは約150mmの違いがあったが、それはおもに12日の雨量の違いによる。

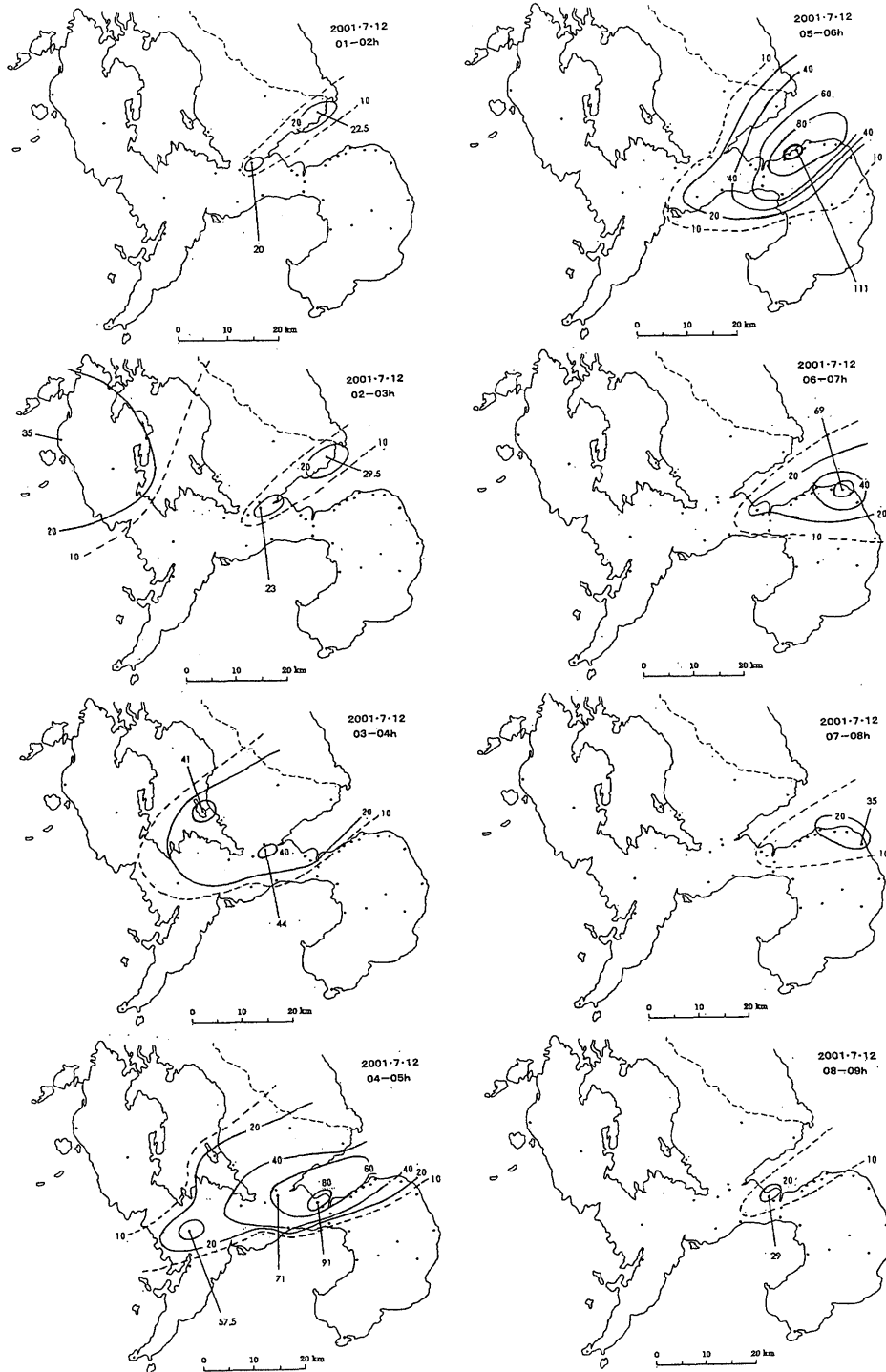
第11図は最多雨域の3地点における12日00~18時の10分間降水量の時系列を示す。これら3地点は本研究室の同一の記録器(アメンボRF-3)によって収録され、同一の手続きで処理されたも

第3表 2001年7月12日の1時間降水量(午前中)と日降水量

番号 観測機関	1 時間 雨量 <2001年7月12日;mm>												日雨量	
	01	02	03	04	05	06時	07	08	09	10	11	12時		
1	アヲ大瀬戸	0	2	35	7	2	0	0	0	0	1	0	47	
2	アヲ長浦岳	4	0	29	5	0	0	1	0	0	0	0	39	
3	長崎大教育	0	0	0	19.0	57.5	0.5	0	0	0	0	0	77.0	
4	長崎海洋気象台	0	0	0	3	8	1	0	0	0	1	0	13	
5	アヲ野母崎	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	
6	長崎航空測候所	7	0	2	41	34	3	0	0	0	1	3	95	
7	大村消防署	5.0	0	2.5	37.0	29.0	3.0	0	0	0	0	1.5	81.5	
8	アヲ五家原岳	0	0	0	31	38	5	4	2	3	3	2	99	
9	小長井町役場	20.0	22.5	29.5	31.0	30.0	50.5	9.0	2.0	0	1.0	11.0	221.5	
10	多良見町役場	0	0	0	21.0	47.0	7.0	1.0	0	0	0	0	76.0	
11	(県)総合農試	6.5	9.0	18.0	33.5	43.5	13.5	0.5	0.5	0	0	8.5	135.0	
12	アヲ諫早	6	20	23	44	71	11	1	0	0	0	11	190	
13	諫早消防署	3.5	16.5	19.5	36.0	68.0	9.0	1.0	0	0	0	10.5	167.0	
14	飯盛町役場	0	0	0	4.5	13.0	36.0	7.0	7.0	7.0	36.0	0	121.5	
15	有喜中学校	0	0	0	16.5	39.5	35.0	8.0	3.5	5.0	0.5	0.5	22.0	147.0
16	森山町役場	0	0	1.0	24.5	91.0	54.0	20.5	14.0	29.0	18.5	0	22.5	199.0
17	諫早東高校	0	0	0	21.0	79.5	58.0	12.5	11.5	16.5	5.0	1.0	21.0	229.5
18	愛野町役場	0	0	1.0	6.0	43.5	76.0	14.5	11.5	9.0	1.0	0.5	28.5	192.5
19	(県)愛野支場	0	0	0.5	0.5	10.5	63.0	12.0	3.5	2.5	2.0	0.5	23.0	118.0
20	吾妻町役場	0	0	0	6.5	56.5	90.0	22.0	12.5	14.0	5.5	0.5	24.5	234.0
21	内田技研	0	0	0	0.5	59.5	111.0	39.5	17.0	11.5	28.0	1.0	20.5	309.0
22	瑞穂菅農センカ-	0	0	0	9.5	58.5	100.5	37.5	12.0	19.5	24.5	1.0	24.0	289.0
23	瑞穂町役場	0	0	0	7.0	52.0	87.5	34.5	15.5	14.0	27.0	0.5	23.0	264.0
24	瑞穂漁業組合	0	0	0	0.5	52.0	91.0	43.5	29.5	15.0	42.0	2.5	20.0	307.5
25	国見町北消防	0	0	0	6.0	41.0	97.0	50.0	24.5	9.0	6.0	6.0	5.0	281.0
26	国見町役場	0	0	0	0	25.0	85.5	69.0	21.5	7.0	18.0	1.5	14.0	243.5
27	千々石町役場	0	0	0	0	2.5	61.5	9.5	0.5	0.5	8.5	21.0	0	104.0
28	小浜消防署	0	0	0	0	1.0	5.5	2.0	1.0	0	18.5	0.5	16.5	45.5
29	アヲ絹笠山	0	0	0	0	1	9	4	2	0	14	2	19	55
30	アヲ普賢岳	1	0	0	0	1	10	6	1	1	6	2	7	39
31	有明町役場	0	0	0	0	0	5.0	45.0	35.0	7.0	3.0	14.0	4.0	131.0
32	アヲ島原	0	0	0	0	1	9	10	3	0	3	1	6	38
33	アヲ深江	0	0	0	0	1	3	4	2	1	2	1	6	22
34	アヲ口之津	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	7	9



第8図 2001年7月11日(左)と7月12日(右)の日降水量分布
ただし、11日の等雨量線は20mm単位、12日は50mm単位。



第9図 2001年7月12日01~09時の1時間降水量の地理的分布 (20mm単位)



第10図 2001年7月12日02時のレーダーアメダス合成図 (2.5kmメッシュ)；灰色の濃淡は第5図と同じ。諫早市付近のライン状降雨の雨量は1時間10～20mmの範囲と表示されている。

のなので、器差や時刻差はほとんどない。図からわかるように、最大10分間降水量24mmを記録した内田技研では、30分間にわたって10分間20mm以上の強雨となり、30分間68mm(0510-0540)の短時間豪雨となった。ただし、内田技研の10分刻みでとった最大1時間降水量は111mm(0500-0600)であった。また、同地点の最大2時間降水量は179mm (0410-0610)、最大3時間降水量は215.5mm (0410-0710)であった。さらに興味深いのは、最初の降雨の開始時刻や強雨のピーク時刻が西から東(内田技研→瑞穂営業センター)に向かうようには起こっていないことである。もちろん、3地点の上空を強雨中心域が確実に通過したという保証はないので、厳密な解析には限界がある。しかし、内田技研より先に瑞穂営業センターに最初の強雨があり、豪雨本体とも言える10分間20mmの強雨も瑞穂営業センターで最も早く発生していたことは降水雲の活動や微細構造の観点から注目に値する。

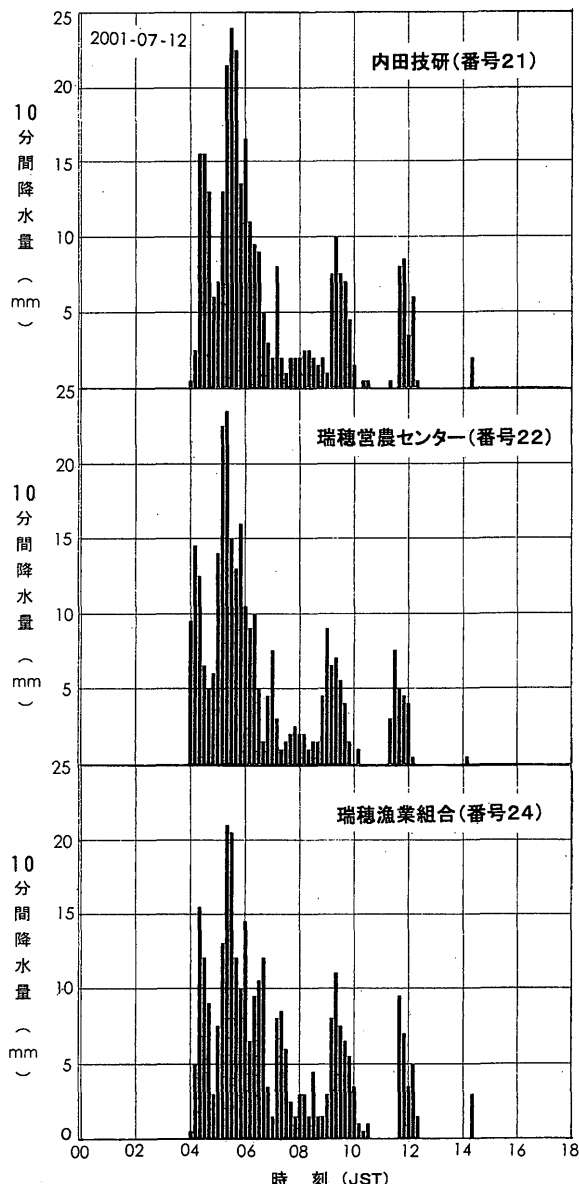
5. 考察

上に報告した2つの事例にはかなり共通した特徴がある。すなわち、

(1) 諫早付近の停滞性ライン状降雨に移動性レインバンドが接近・合体し、かなりの大雨をもたらした。

(2) その合体時に最も烈しい豪雨となり、1時間100mm以上、3時間200～300mmの豪雨となった。

このような諫早付近のライン状降雨とその他の降雨系との相互作用としては、2本のライン状降雨の一方が他方を刺激して強雨となる事例(荒生ほか, 1997)や、前線性降雨域にライン状降雨が次々と衝突



第11図 諫早湾南岸の3地点(吾妻町～瑞穂町)における10分間降水量の時系列；上から順に、内田技研、瑞穂営業センター、瑞穂漁業組合を示し、この日の最大10分間降水量は内田技研24mm。

する事例(荒生・壺井, 2000)を報告したが、筆者らが今回のような事例に遭遇したのは初めてのことであった。ところが、日本気象学会誌上で既に Takahashi et al.(1996)が全く同様の事例を報告していた。西彼杵半島北部(西海町虚空蔵山)における彼らのドップラーレーダー特別観測による<1988年7月17日17～21時の状況>は今回の2例と酷似していて、アメダス諫早では同日18～20時の2時間に138mm(63+75mm)の強雨になったことが記されている。当時は諫早ラインという概念は存在しなかったが、“諫早周辺の停滞性降雨域に西方から移動してきた降雨系が合体して豪雨となった”と報告



写真1 1999年7月23日11時30分頃の本明川の水位
著者(荒生)の車のリアウィンドー越しに撮影
したもので、市中心部に架かる新橋が写っている。

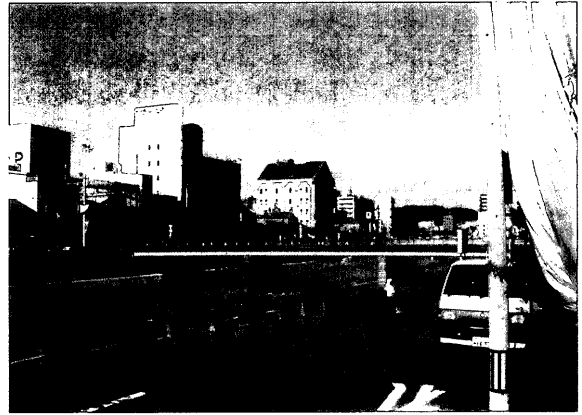


写真2 同じ地点から撮影した通常の本明川の水位
(2003年9月21日)

している(原文は英語)。

一般に、2つの降雨系が合体すると降雨が強化されることはよく知られている。たとえば、吉崎(1999)の解説では、1999年7月9～10日の出水豪雨の際も、“甌島から出水市の方向に見られた細くて顕著なバンド状の降水域に、西方から大きなスケールの降水域が接近し、ぶつかったときに降水が強まった”ことを報告している。このように、2つの降雨系の合体による降雨の増強は珍しいものではなく、むしろ定説の範疇に属する。それに関連して、筆者らが今回の解析の過程で気付いたことは、降雨系の合流する場所のすぐ近くに多良山系が存在することである。さまざまな降水強化過程の仮説の一つとして、次のようなメカニズムを追加できる、という考えに至った。すなわち、最初の1999年7月23日の場合には、寒冷前線型の移動性降雨系が多良山系にかかること、その強雨による低温の下降気流が山岳南斜面を降下し、暖湿な南風との間に陣風前線(小規模の寒冷前線)を形成する。それによって新規の活発な対流活動を引き起こす—という仮説である。一方、2001年7月12日の場合には、多良山系に到達した移動性降雨域によって、低温の下降気流が諫早湾方向(南東斜面)を流下し陣風前線となって南岸のライン状降雨の下にもぐり込み(10分間隔のレーダー図で見ると、04時30分頃からライン状降雨は南岸域にあった)、陣風前線によって強制上昇を受けたライン状降水雲が急速に成長発達する—という仮説である。現段階での立証は非常に困難であるが、同地域における各地点の気温・風向・風速の時間変化とは矛盾しないので、今後においても、このような観点からライン状降雨と他の降雨系との相互作用を観察していく意義は十分にあると考える。

最後に、写真1の本明川の危機的状況について若

干ふれておきたい。1999年7月23日の本明川は氾濫寸前の段階であった。第1表で本明川上流域(番号22, 23, 24, 26)の降雨の状況を見ると、08-09時の降雨が最も強く、建設省本野で123mm, 同小野101mm, アメダス五家原岳98mm, 建設省清水88mmという豪雨であった。しかし、その前後の時間帯における降雨は比較的弱く、07-10時の3時間では、本野210mm, 小野152mm, 五家原岳177mm, 清水243mmに止まっている。すなわち、3時間150～250mmの範囲であった。上流の激しい豪雨はほぼ1時間で止んだので、事なきを得たと言える。実は、長崎豪雨(1982年7月23日)の際も本明川は氾濫寸前の状態であった。このときの降雨状況を調べてみると、10分間隔で整理した最大3時間降水量は、本野170mm, 小野177mm, 五家原岳162mm, 清水211mmであった(荒生・宮崎, 1984)。4地点の3時間雨量を単純に平均すると、1999年195.5mm, 1982年180mmとなる。流域の詳細な降雨の時空間分布を4点から厳密に推定することには限界があるので、これ以上の議論は行わないが、流域面積に3時間に平均200mm以上の降雨があれば、危機的状況になる—という予想はかなり確かなものと考えられる。

謝 辞

本研究に関する気象資料の調査にあたっては、長崎海洋気象台、気象業務支援センター、日本気象協会などから多大の御援助を賜った。また、対象地域の気象観測記録は、本論中の表に示した機関から御提供いただいたものであり、関係者各位の御厚意に深く感謝申し上げます。

長崎県地方の降雨特性については、永年にわたり、武田喬男先生(名古屋大学名誉教授)、藤吉康志教授(北海道大学低温科学研究所)、吉崎正憲室長(気

象庁気象研究所) から有意義な御教示を賜ったことに深甚なる謝意を表します。また、本稿の査読者からも多くの貴重な御指摘を賜った。深く感謝申し上げます。さらに、本研究には科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業－地球変動のメカニズム(メソ対流系の構造と発生・発達メカニズムの解明, 研究代表者: 吉崎正憲博士) から御援助を賜ったことを明記し、関係者各位に感謝の意を表します。

参考文献(50音順)

- 荒生公雄, 宮崎義生, 1984: 長崎豪雨における10分間降水量の分布. 長崎大学教育学部自然科学研究報告, No.35, 33-44.
- 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, No.55, 9-22.
- 荒生公雄, 中根重勝, 藤吉康志, 武田喬男, 1997: 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, No.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年の持続型ライン状降雨. 長崎大学総合環境研究, 第1巻, 第1号, 149-166.
- 荒生公雄, 壺井美花, 2000: 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－. 天気, 47, 785-792.
- Takahashi, N., H. Uyeda, K. Kikuchi and K. Iwanami, 1996: Mesoscale and convective scale features of heavy rainfall events in late period of the Baiu season in July 1988, Nagasaki Prefecture. *J. Meteor. Soc. Japan*, 74, 539-561.
- 田中武夫, 1999: 1999年7月の“ひまわり画像”西日本及び東日本で発生した局地的豪雨. 気象, 1999年9月号, 20-21.
- 日本気象協会, 2000: 《トピックス》1999年7～8月の豪雨. 気象年鑑2000年版, 133-137.
- 日本気象協会(年刊): 気象年鑑2000年版, 2002年版の天気図日誌.
- 吉崎正憲, 1999: メソ対流系(Ⅱ). 天気, 46, 833-841.
- Yoshizaki, M., T. Kato, Y. Tanaka, H. Takayama, Y. Shoji, H. Seko, K. Arao, K. Manabe and members of X-BAIU-98 observation, 2000: Analytical and numerical study of the 26 June 1998 orographic rainband observed in western Kyushu, Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, 78, 835-856.