

2009年と2003年の福岡豪雨における浸水被害と降雨の時空間変動

加藤 敦*・三隅良平*・平野洪賓*・川田真也*

Time-space Variation of Rainfall and Flood Damages during the Fukuoka Heavy Rainfall in July 2009 and July 2003

Atsushi KATO, Ryohei MISUMI, Kohin HIRANO and Shinya KAWADA

*Storm, Flood and Landslide Research Department,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan
a-kato@bosai.go.jp*

Abstract

Localized heavy rainfall that occurred in the northern part of Kyushu of Japan from July 24 to 26 caused serious damage, mainly in Fukuoka prefecture, that include 10 deaths and the flooding of over 5,000 buildings. The prefecture, which had already suffered flooding of over 5,000 buildings in 2003, had therefore been hit again by serious flooding only six years later.

This report outlines the results of a disaster survey describing the flood damage, and the results of initial analysis on spatiotemporal changes in precipitation using radar-measured rainfall in the metropolitan area of Fukuoka. The report concludes that, in order to discuss the mechanism of occurrence of flooding in the metropolitan area of Fukuoka, it is necessary to perform a detailed survey on the relationship between the spatiotemporal changes in precipitation in the catchment area and the flooding incident, and the relationship between the topographical line-shaped precipitation area in the western part of Kyushu and heavy rainfall in the metropolitan area of Fukuoka.

Key words : Rainfall variation, Radar analysis, Flood damages, Fukuoka heavy rainfall, Rainband

1. はじめに

2009年7月21日から27日にかけて、日本海に停滞する梅雨前線に向かって南から湿った空気が流入し、中国・九州北部地方を中心に豪雨となった。この豪雨により、全国で死者35人（うち山口県22名、福岡県10名）、住宅被害12,246棟（うち福岡県5,544棟、山口県4,721棟）などの被害（総務省2010年3月26日現在）が生じた。豪雨被害の甚大さから気象庁はこの豪雨を「平成21年7月中国・九州北部豪雨」と命名した。

近年の福岡県の災害状況を見ると、頻繁に浸水被害に見舞われている。1999年には5,718棟の住宅被害が生じるとともに、福岡市の中心部である福岡駅周辺に冠水、都市機能が麻痺し、地下街などの地下空間への浸水、地下室で溺死者が出るなど、都市型水害が目立つ契機となった（例えば、井上ほか、1999, 2000）。そのわずか4

年後の2003年、再び豪雨が襲い、福岡中心部が冠水するとともに、1999年を上回る6,759棟の住宅被害が生じた（例えば、牛山、2004）。そしてその6年後にあたる今回の豪雨では、福岡地下街の冠水は免れたものの福岡空港が冠水、福岡県での浸水被害は5,544棟に達した。このように、わずか10年の間に3度、5,000棟を超える被害が生じたことになる。

また、今回の豪雨において、各地で観測史上最大の時間雨量（福岡116.0mm；篠栗100.5mm）、もしくはそれに近い時間雨量（博多71.5mm）を記録するとともに、3日間の雨量でも各地で観測史上最大（篠栗518mm、博多517mm、太宰府618mm）に達するなど、観測雨量においても福岡県を中心に記録的なものになった。

防災科学技術研究所では、2009年7月29日～8月3日に第1回目の調査を行い、浸水被害が生じた福岡市（本報

*独立行政法人 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部

告)、飯塚市、山口市(本報告書内:平野ほか, 2009)、土砂災害が生じた防府市(本報告書内:三隅ほか, 2009;若月ほか, 2009:川田ほか, 2009)を調査した。そのうち本報告では、福岡市を中心とした都市圏の被害の状況を報告するとともに、降雨分布特性について2003年の福岡豪雨との比較を中心として初期解析を行ったのでその結果を速報する。

2. 気象概況

2.1 2009年7月24日から26日

24日は、対馬海峡に停滞する梅雨前線に向かって、暖かく湿った空気が流れ込み、前線の活動が非常に活発化した。25日には、梅雨前線の活動がやや弱まったが、26日には九州北部地方に停滞する前線上に低気圧が発生し、再び活動が活発化した。

福岡県では、24日の夕方から夜のはじめ頃を中心に大雨となり、19時25分までの1時間に博多(福岡空港)で116.0 mmの記録的な雨が降るなど、19時頃から21時頃にかけて福岡地方、筑豊地方の各地で1時間110 mm以上の記録的短時間大雨が発生した。また、17時から21時までの4時間に飯塚で243.5 mm、小倉で220.0 mm、篠栗で213.5 mm、博多で205.0 mmなど、200 mmを超える大雨となった。

25日の昼前には一旦雨も弱まったが、26日朝から昼過ぎにかけて再び非常に激しい雨が降り、1時間に80 mmを超える猛烈な雨となった所もあった。24日から26日までの総雨量は、太宰府で618.0 mm、飯塚で568.0 mm、那珂川町九千部山で562.0 mm、篠栗で517.5 mm、博多で517.0 mmとなっており、7月の平年の月降水量の2倍近く降った所もあった。最大時間雨量を観測した博多アメダスにおける時間雨量と累積雨量の時系列を図1(a)に示した。

2.2 2003年の7月18日から21日

7月18日から21日にかけて、九州北部付近に停滞していた梅雨前線に向かって南から暖かく湿った空気が流れ込み、梅雨前線の活動が活発化した。

このため、九州地方を中心に局地的に1時間に80 mm以上の猛烈な雨を含む豪雨となった。この期間の総降水量は、所々で300 mmを超えるなど、広い範囲で200 mm以上の大雨となった。特に、福岡県の太宰府では19日4時50分までの1時間に104 mmの猛烈な雨を含めて、3時以降1時間60 mm以上の激しい雨が3時間続いた(図1(b))。

3. 福岡都市圏の周辺地理

3.1 九州北西部および福岡平野の地理

図2に福岡平野を含む九州北西部の地理を示す。福岡平野は多々良川・那珂川・御笠川・室見川などの河川長の短い河川の堆積によって形成された沖積低地を中心としたもので、その面積は約250 km²と大きくない(図2(a))。また、関東平野・濃尾平野・大阪平野など他の都市圏のようにゼロメートル地帯がないことも特徴の一つである。

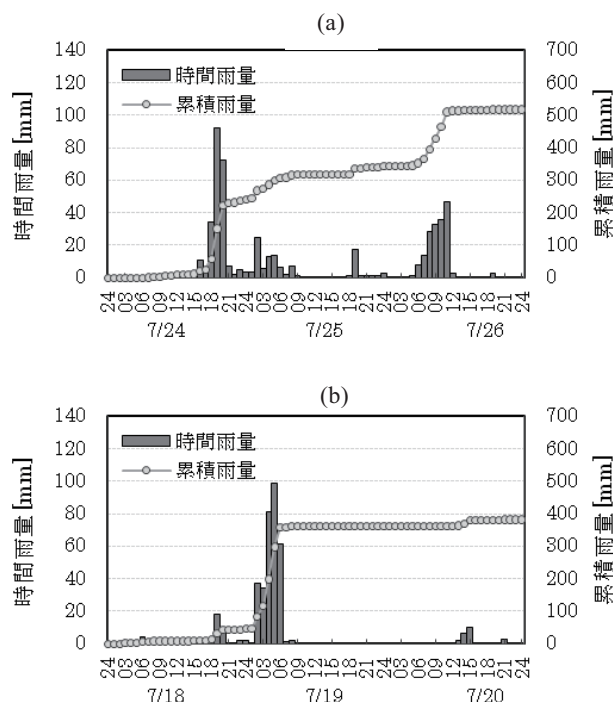


図1 最大時間雨量観測点の雨量時系列。(a)2009年博多アメダス、(b)2003年太宰府アメダス

Fig. 1 Time change of hourly rainfall amount at maximum observation point. (a) Hakata AMeDAS, 2009, (b) Dazaifu AMeDAS, 2003.

博多平野は、北方に博多湾、玄界灘を望み、南西・南東には標高1,000 mクラスの山々をもつ脊振山脈・三群山脈が迫り、扇形の形状をもつ。

背振山脈のさらに南西方向には、標高500 m程度の山々や半島・島々が多数存在し、九州西部特有の複雑な地形となっている(図2(b))。

3.2 福岡平野の都市河川流域

福岡平野には、多々良川・御笠川・那珂川・室見川などの、流域面積100 - 200 km²程度の主要河川があり、福岡市内を貫流し博多湾に注いでいる。また、流域面積30 km²を下回る樋井川などの河川も数多くある。以下、主な河川の概要を記述する。

御笠川は、その源を福岡県太宰府市の宝満山に発し、鷲田川、大佐野川、牛頸川、諸岡川、上牟田川等の支川を合わせ、福岡市において博多湾に注ぐ幹川流路延長24 km、流域面積94 km²の二級河川である。

那珂川は、福岡県の北西部に位置し、その源を福岡県福岡市早良区と佐賀県神埼郡脊振村の境にある脊振山に発し、佐賀県の大野川と、福岡県の梶原川、若久川、薬院新川等の支川を合わせて博多湾に注ぐ幹川流路延長35 km、流域面積124 km²の二級河川である。

多々良川は、その源を粕谷郡宇美町の砥石山に発し、猪野川、長谷川、久原川、宇美川、須恵川、綿打川、吉塚新川等の支川を合わせ、福岡市において博多湾に注ぐ幹川流路延長18 km、流域面積167.9 km²の二級河川である。

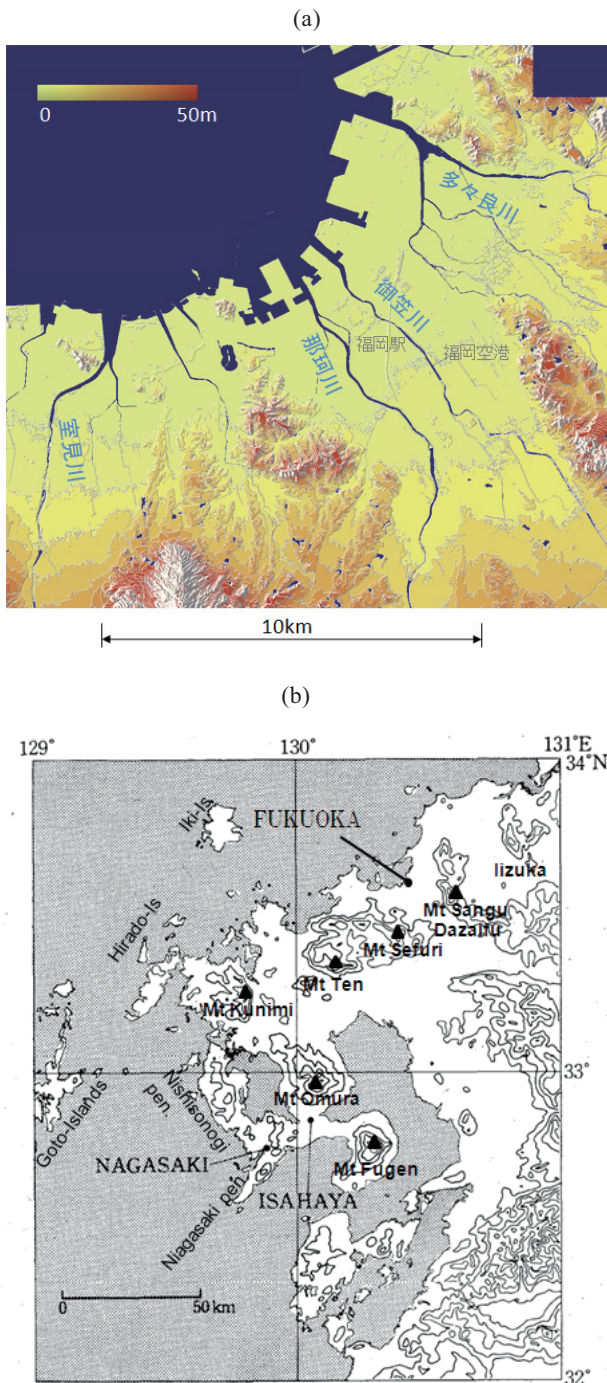


図2 (a)九州北西部の地形(Ogura1985に加筆), (b)福岡平野の詳細な地形(国土地理院 1:25000 デジタル標高地形図)
 Fig. 2 (a) Topography of north-west Kyushu, (b) Detailed topography of the Fukuoka Plain.

室見川は、その源を福岡県太宰府市の宝満山に発し、金屑川、油山川、椎原川、小笠木川、坊主川、唐原川、蟹又川、小原川、新飼川、日向川、竜谷川、等の支川を合わせ、福岡市において博多湾に注ぐ幹川流路延長15 km、流域面積99.1 km²の二級河川である。

樋井川は、その源を福岡県福岡市の油山に発し、駄ガ原川、一本松川、片江川、七隈川等の支川を合わせ、福

岡市において博多湾に注ぐ幹川流路延長13 km、流域面積29 km²の二級河川である。

以上のように、福岡都市圏を流れる河川は、河川延長が10～20 kmと関東平野・濃尾平野・大阪平野など他の都市圏を流れる大河川に比べ短い。また、背後に背振山系や三郡山系がせまっており、河川勾配が急になっているという特徴がある。

また、近年の福岡都市圏の人口増加に伴い、各流域内の宅地開発が急速に進展している。例えば、福岡市の土地利用は、山林果樹園が約40%、田園・畑が約10%、公園空港等が5%、市街地・宅地が約45%となっている。特に、御笠川では那珂川などの近隣の河川に比べ、中上流部まで都市化が進行しており、流域の土地利用は、山林・果樹園が約30%、田園・畑が約5%、市街地・宅地が約60%、空港・公園等が約5%となっている。

4. 浸水被害

4.1 福岡県における浸水被害

表1に最近10年間で福岡県で発生した主要な豪雨災害(死者・行方不明者30名以上または住宅被害5,000棟以上)の被害数を示す。同表には同時期に被害が発生した都道府県および全国の被害数も示している。福岡県ではわずか10年間で5,000棟を越える浸水被害が生じたことになる。

今回の豪雨による人的被害(35名)は山口県(22名)と福岡県(10名)が中心であった。山口県の22名のうち19名は土石流や山崩れによる死者であり、3名が河川増水・洪水氾濫による死者であった。福岡県の10名のうち、7名が土砂災害、3名が河川増水・洪水氾濫による死者であった。

住宅被害は22日に山口県、24、26日に福岡県を中心に発生した。住宅被害件数は福岡県5,538棟、山口県4,721棟とほぼ同程度であった。住宅被害の大半は浸水によるものである。福岡県の被害の内訳は、8月5日の福岡県の資料によれば、被害数の多い順に、飯塚市(床上浸水409棟、床下浸水808棟)、福岡市(同279棟、627棟)、直方市(同210棟、390棟)となった。山口県では、8月6日の山口県の資料によれば、もっとも被害が大きかったのは山口市(床上浸水422棟、床下浸水1,599棟)で、次いで防府市(同55棟、709棟)の被害が大きかった。

表1 過去10年の主な水害

Table 1 Main flood damage over the past ten years in Japan.

	死者・行方不明(人)	住宅被害(棟)
1999年 6月	39	19315
福岡県	2	5718
広島県	31	4736
その他	6	8861
2003年 7月	23	8014
福岡県	1	6759
熊本県	19	533
その他	3	722
2009年 7月	35	12246
福岡県	10	5538
山口県	22	4721
その他	3	1987

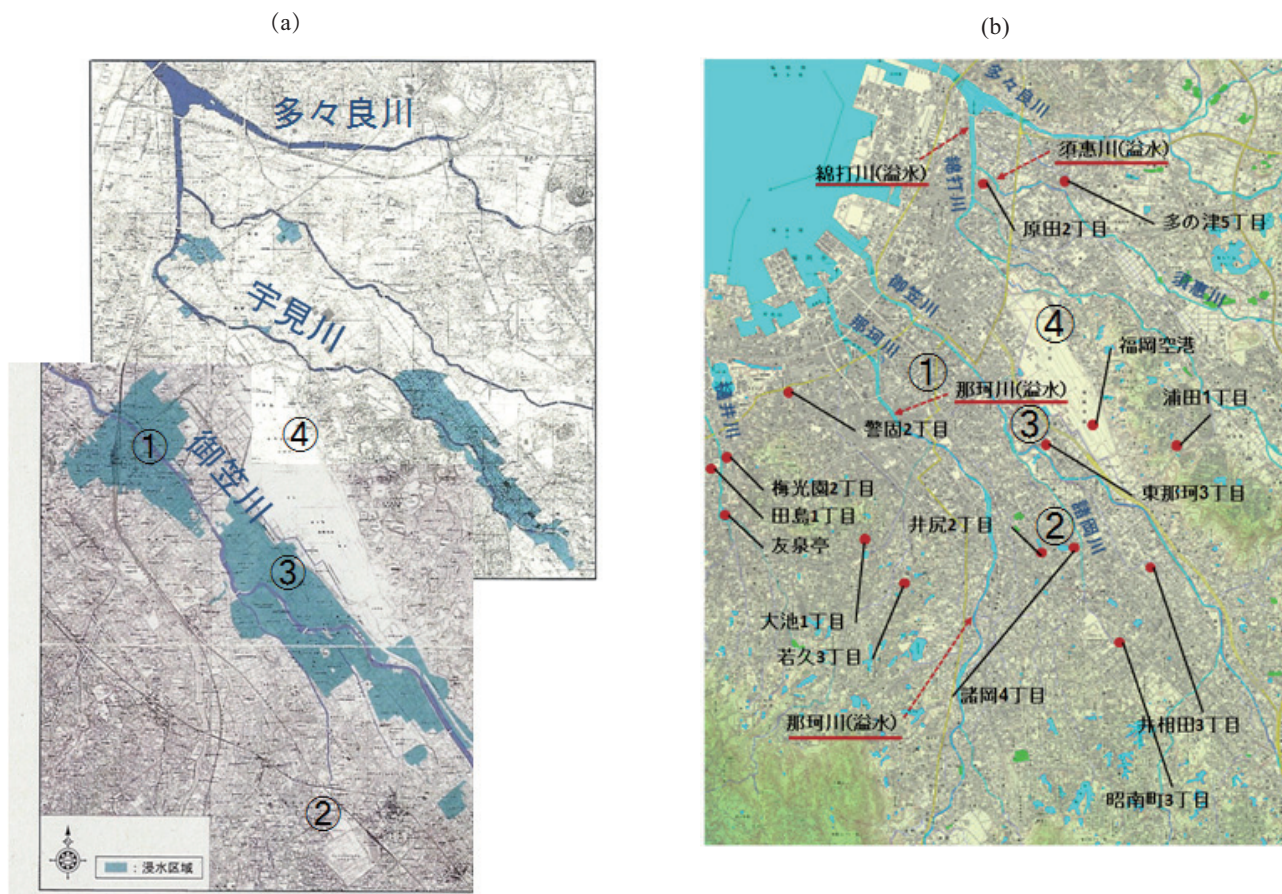


図3 (a)2003年の浸水被害状況(福岡市 2005, 2006), (b)2009年の浸水被害状況
 Fig. 3 Flood damages in the central area of Fukuoka metropolitan area.

4.2 福岡都市圏の浸水被害

被害地域の中核都市である福岡市および周辺市町村について浸水被害の状況を報告するとともに、2003年の浸水被害状況と比較する。図3に2003年、2009年の浸水被害状況を示す。同図には2009年8月3日に調査した地点を記載した(①～④)。①福岡駅周辺、②諸岡地区、③東那珂地区、④福岡空港周辺である。2003年の福岡水害のときは、御笠川を中心に各地で溢水・越水が生じ、福岡市内の広い範囲で浸水被害が生じた(床上678棟、床下674棟)。特に福岡駅周辺および地下街などに深刻な浸水被害を引き起こした。一方、福岡都市圏内の他の河川については、多々良川支流である宇見川上流の一部などで浸水被害が報告されているが御笠川ほど大規模なものではない。

図3(b)に2009年の浸水被害地点(赤点は福岡市調べ)および今回の聞き取り範囲を加筆している。2003年に大きな浸水被害が生じた地域である①福岡駅周辺、③東那珂地区周辺では浸水被害が比較的少なかったといえる。一方、2003年に浸水被害が報告されていない、②諸岡地区、④福岡空港周辺では浸水被害が生じている。また、福岡県の報告によれば、2009年の浸水被害の内訳は床上浸水279棟・床下浸水627棟、2003年の浸水被害の内訳は、床上浸水678棟・床下浸水674棟であり、2009年の床上

浸水件数は2003年の1/2～1/3程度であった。

河川の溢水・越水に関しては、御笠川では報告されていない。一方、福岡都市圏の他の河川では溢水・越水が報告され、御笠川の西に隣接する那珂川では、福岡市内で3箇所、上流側の那珂川町で13箇所の溢水・越水があった。福岡空港をはさんで御笠川の東に隣接する多々良川流域でも、福岡市内2箇所、上流部の筑紫野市4箇所、宇美町4箇所であり、筑紫野市では橋梁の流出も報告されている。その他の河川についても数カ所程度の報告がある。

以上のように、2003年の豪雨では福岡都市圏の中央部を流れる御笠川に被害が集中し甚大な浸水被害をもたらしたが、2009年の豪雨では御笠川流域での被害は限定的であった。一方で被害範囲としては2009年の方が分散して分布していたものと考えられる。

5. レーダ解析

5.1 レーダ雨量

5.1.1 国土交通省解析雨量

国土交通省の解析雨量(気象庁, 1995)は、以前はレーダー・アメダス解析雨量と呼ばれていたもので、全国に展開する気象庁や河川局、道路局のレーダ雨量を、アメダス雨量計(17km間隔)や自治体の雨量計(例えば、東京

都では5 km 間隔)で補正し、合成したもので、世界的にも稀な広域かつ高精度な雨量分布である。補正は観測範囲全域に対する線形的な全体バイアス補正と距離と降雨強度を考慮したアメダス近傍の局所バイアス補正の両者をおこなっている。次項で説明する全国合成レーダー・エコー強度 GPV に比べ、定量的精度に優れるため、積算雨量の評価に有用である。ただし、2009年現在は1 km 格子の分解能をもっているが、2003年当時は2.5 km 格子の分解能であるため、比較には注意が必要である。

5.1.2 気象庁全国合成レーダー・エコー強度 GPV

気象庁全国合成レーダー・エコー強度 GPV (以下、JMA レーダ雨量)は、気象庁が全国に展開するCバンドのレーダ観測網の情報を、アメダス雨量計を用いて補正し生成される。生成過程の概要を以下に示す(気象庁観測課毛利氏との私信)。

反射因子 [dBZ] をレーダ雨量強度 [mmh^{-1}] に変換する係数は $B=200$ 、 $\beta=1.6$ である。各仰角のデータをもとに、最低高度面(山岳域以外は、ほぼ2 km)のCAPPIを生成する。補正は10分前のアメダス雨量計の観測データを用いて、解析雨量と同様、全体バイアス補正と局所的な補正の二つをおこなっている。最後に雨量強度の大きいレーダの情報を優先しながら合成をおこない、GPVを生成する。国土交通省解析雨量との違いをまとめると、1)過去の雨量情報による補正係数を用いる、2)アメダス雨量計のみを使い自治体の雨量計は用いない、という点である。この雨量はリアルタイム処理を重視しているため、定量的誤差が大きい点に注意が必要である。

5.2 降雨の時空間変動

5.2.1 総雨量分布

まず、2009年福岡豪雨の総雨量分布として、2009年7月24日から26日にかけての72時間雨量分布を図4(a)に示す。図に用いたレーダ雨量は国土交通省解析雨量である。図によれば、総雨量400~600 mm程度の積算降雨域が帯状に2本存在していることがわかる。そのうち南側の帯状の積算降雨域は、幅約5 km、長さ約200 km、という細長い形状を持つ。この帯状積算降雨域は長崎半島東岸から諫早周辺を通り、筑後平野・三郡山地、福地山地を通り、山口に至っている。また、この帯状積算降雨域は諫早湾付近を通過後、有明海の上空で最大の幅になり、その後やや幅を狭めつつ北東方向に直線的に続いている。

上記の帯状積算降雨域の30~40 km北方にもう一本の帯状積算降雨域がある。この帯状積算降雨域は西彼杵・北松浦半島あたりから発生し、背振山脈、福岡平野、三郡山地、関門海峡を通り、山口に達している。その長さは、上述の帯状積算降雨域とほぼ同等であるが、その幅は比較的広く20 km程度ある。特に背振山脈を越え、福岡平野に達したあたりで強度・幅ともに大きくなっている。この帯状積算降雨域は福岡平野の大部分を含んでおり、今回の浸水被害を考える上で重要であろう。

次に、図4(b)には比較のため2003年の福岡豪雨時の総雨量分布を示す。2009年の福岡豪雨に比べ、最大雨量が300 mm程度であるなど、1/2から1/3程度の雨量であった。

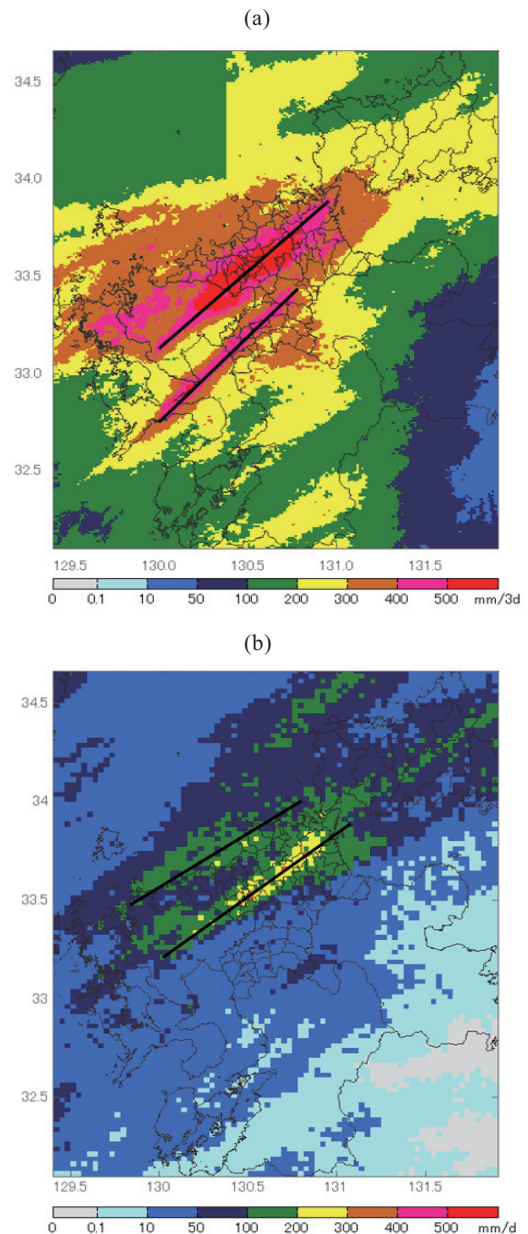


図4 降雨イベントの総雨量分布。(a)2009年7月24日00:00から26日24:00(UTC)、(b)2003年7月18日00:00から同日24:00(UTC)

Fig. 4 Horizontal distribution of total accumulated rainfall for the heavy rainfall event. (a)24-26 July 2009 (UTC), (b)18 July 2003.

積算雨量の分布の形状は、2009年と同様に、北東方向に伸びる帯状の積算降雨域が複数みられる。なかでも北松浦半島付近からでている帯状積算降雨域は、背振山脈、福岡平野南部、三郡山地、関門海峡を通り、山口に至っており、福岡での浸水被害に直接関わっていたものと考えられる。この帯状積算降雨域の幅は5 km程度であった。

以上のように、2009年と2003年の福岡豪雨はともに、九州北部で北東方向に伸びる数本の帯状積算降雨域が生じ、その中で福岡平野を含む帯状積算降雨域が浸水被害につながっていたものと考えられる。

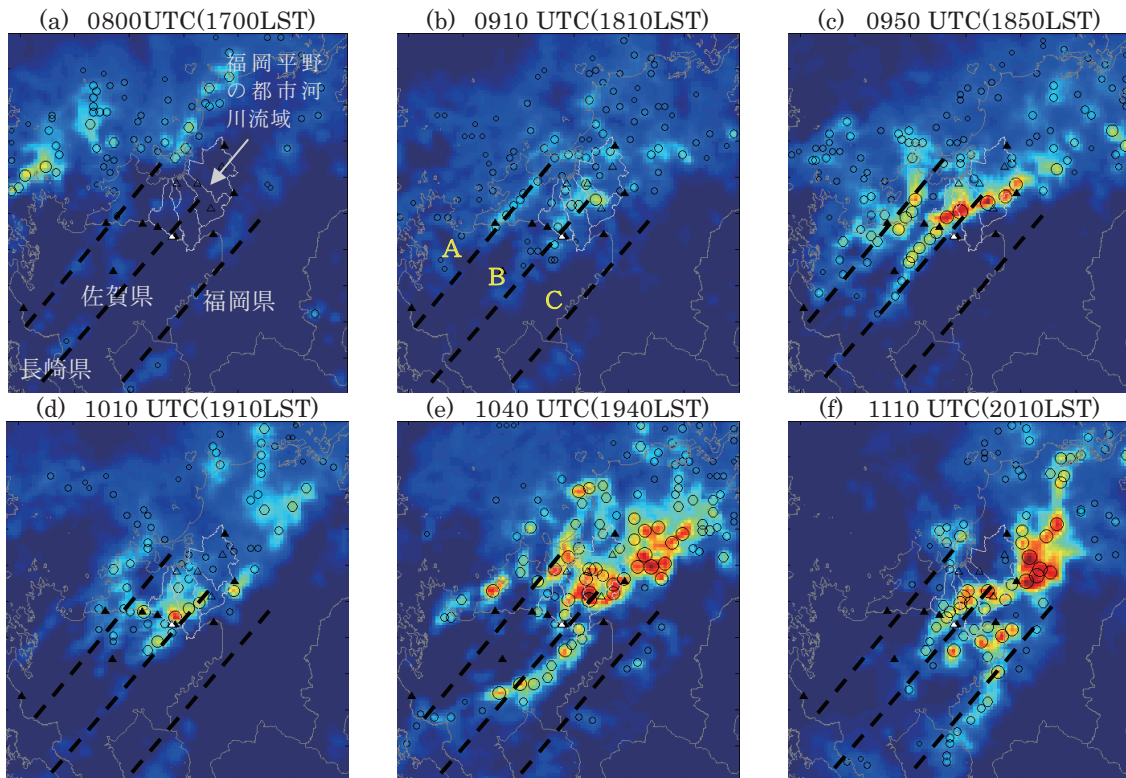


図5 レーダ雨量強度の時系列(2008年7月24日)
 Fig. 5 Horizontal distribution of radar rainfall rate (24 July 2008).

5.2.2 降雨強度分布

今回の大雨の期間のうち、2008年7月24日の17:00以降、特徴的な変化をみせていたため、ここで詳細に報告する。図5に2008年7月24日8:00～12:00UTC(17:00～21:00LST)期間の特徴的な時刻におけるJMAレーダ雨量とセル状の強雨域を示す。セル状の強雨域は雨量強度分布(JMAレーダ雨量)の極大値を抽出することで求めている。丸の大きさはその極大値の大きさに比例させている。

図5(a)～(f)をみると数本の線状の降水域がみられる。このような線状の降水域は降雨イベントを通じて何本もみられる。これら線状の降水域は互いに平行し、長さがほぼ50～100km程度、という共通した特徴がみられる。図5(a)～(f)には、これら線状の降水域のうち、顕著なもの位置を点線で示し、北からA、B、Cと記号で示した。

さて、線状降水域の中で、図の下端から生じているものがある(線状降水域C)。図の範囲外になるがこの線状降水域は長崎半島付近から生じている。個々のセル状強雨域の強さは大きくないが、図5(a)～(f)のすべての時刻で見られる。

図5(a)～(f)の左端(西彼杵半島や北松浦半島付近)からも線状の降水域が複数本みられる(線状降水域A、B)。これら線状降水域は福岡都市圏(福岡平野)の位置と一致し、今回の豪雨被害と関連していると考えられるため、詳しく見ていく。

図5(a)の8:00UTC(17:00LST)の画像を見ると、メソ α スケールの降水システムが対馬海峡付近にみられる。こ

の降水域は、西南西の方角に移動している(図5(a)～(f))。

図5(b)は9:10UTC(18:10LST)の画像である。50分前に壱岐水道付近にあったメソ α スケールの降水域の西端部は福岡平野に達している。それに伴い、2本の線状の降水域AおよびBが明確にみられる。Aは福岡平野の西部に、Bは福岡平野中央よりやや南西に位置している。

注意深くみると、線状降水域Aは、1時間以上前にすでに発生しており(図5(a))、図の左端(西彼杵半島・北松浦半島の北部)からでてきている線状降水域のほぼ延長線上にある。この線上の降水域はその後も持続し、1時間後の10:00LST(19:00LST)過ぎまで持続している(例えば、図5(c))。この地区には前原アメダス点があり、時間雨量92mm(19:20LST前一時間雨量)を記録している。

次に、線状降水域Bに注目する。線状降水域は、図の左端やや下側(西彼杵半島、北松浦半島の南部)を起点としている。この線状降水域は、図には示さないが、線状降水域Aよりやや遅れて、発生が確認できる。その後も線状構造を維持しながら約2時間後まで維持している(図5(f))。その後、南西側に新たな線状降水域Aが発達し(図5(e)(f))、線状降水域Bは衰弱していく。

5.2.3 5時間積算雨量

2003年と2009年の事例はともに、3から5時間程度持続している。そのため、ここでは5時間の積算雨量分布について報告する。図6に、(a)2003年7月19日02:00-7:00LST、(b)2009年7月24日16:00-21:00LST、(c)同26日7:00-12:00LST、の5時間積算雨量分布を示す。図

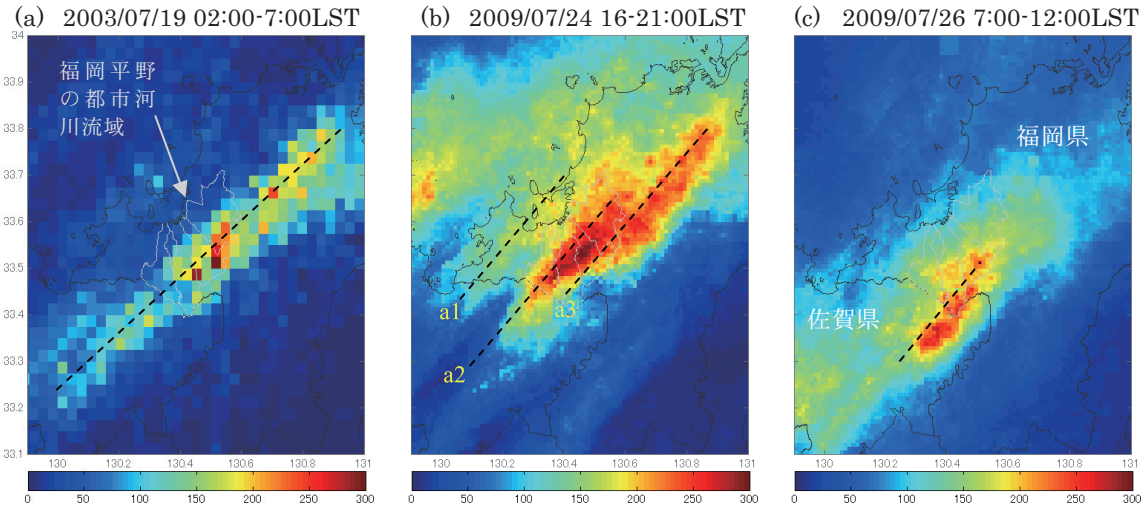


図6 国土交通省解析雨量による5時間積算雨量
 Fig. 6 Horizontal distribution of 5 hour accumulated rainfall calculated by MILT Radar Gauge rainfall analysis.

に用いたレーダ雨量は国土交通省解析雨量である。図には福岡都市圏の主な河川の流域界(左から室見川・那珂川・御笠川・多々良川)を白線で示した。図によれば、各時刻において、北東にのびる線状積算降雨域がみられる。これら線状積算降雨域は長さ約50-100 km、幅5 km、北東方向を向いている。また、図6(b)では複数の線状構造がみられ、それらは互いに平行している。

線状積算降雨域の方角に着目すると、2009年の豪雨の場合(図6(b)(c))、5.2.1で議論した2009年豪雨の帯状積算降雨域より、北よりの方角を示している。一方で、2003年の豪雨の場合(図6(a))は方角がほぼ対応している。

図6(b)の線状の降雨域a2は、同時刻帯の降雨域や別の時間帯(図6(a)(c))の線状積算降雨域の中で、最も雨量が多くなっている。この線状降雨域は、樋井川上流域、那珂川中流域、御笠川中流域、多々良川上流域を含んでおり、御笠川中流域で雨量が最大になっている。また、この地点周辺には、観測史上最大の時間雨量(116.0 mm)を記録した博多アメダス(博多空港)がある。

2003年7月19日7:00-12:00LSTと2009年7月26日02:00-07:00LSTとの積算雨量を図6(a)(c)に示す。両事例とも那珂川や御笠川の上流域にかかる線状積算降雨域がみられる。図6(b)に示したような複数の線状積算降雨域はみられなかった。

6. 考察

6.1 九州北部の豪雨と地形性の線状降水域

九州地方は、激しい豪雨が発生し、しばしば大きな災害が生じている(例えば、Ogura *et al.*, 1985)。そのため、九州地方での降水の研究は数多いが、そのなかでも地形性の線状降水域が注目され、盛んに研究がなされてきた。

九州北部では線状の降水エコー(以下、線状降水域)の観測が30年以上前から報告されている(例えば、福岡管区気象台, 1974)。この線状降水域は、梅雨前線が北方

にあって九州地方が暖域内にあるときよく観測され、幅5-20 km、長さ200 km以上のものが、等間隔(例えば30 km程度)にあらわれることが知られている。図7に九州北西部でよく観測される線状降水域の概略の位置を示した。図の南から甞島ライン(例えば、Kato, 2005)、諫早ライン・長崎ライン(例えば、Yoshizaki *et al.*, 2000; 荒生・壺井, 2000; 荒生, 2007)、西彼杵ライン(例えば、Yoshizaki *et al.*, 2000)、五島ライン(例えば、Kato, 2006)と呼ばれ、孤立島や半島が起源とされる形成過程や200 kmに及ぶ帯状域の持続過程の解明に関する研究がなされている。例えば、Yoshizaki *et al.* (2000)は、長崎ラインの生成を中心に解析をしており、長崎ラインは、スケール

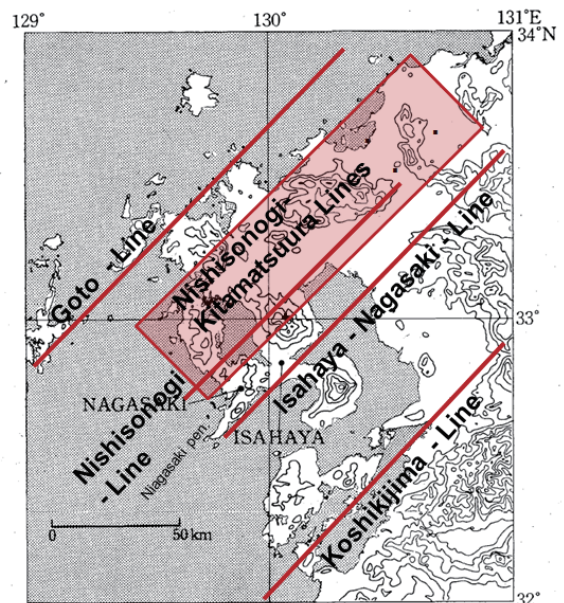


図7 九州北西部でみられる線状降水エコー
 Fig. 7 Line-shaped precipitation echos in northwestern Kyushu.

5 km, 寿命 40 分程度のセルで構成され、湿潤で対流不安定な下層大気、メソスケール収束、高さ 3 - 4 km に南西風ジェットを持ち、下層に強い鉛直シアがある、という環境場において、500 m 程度の低い長崎半島でも、対流セルが発生し線状降水域を生成することを示している。

さて、5.2.1 節で報告したように、2009 年福岡豪雨・2003 年福岡豪雨では、北東方向にのびる帯状積算降雨域が生じている。ここでは、上述の地形性の線状降水域と帯状積算降雨域との関係についての考察を試みる。

まず、図 4 (a) に示した 2009 年の長崎半島付近を起点とした積算降雨域であるが、先行研究で解析されている諫早ラインまたは長崎ラインと発生位置がほぼ一致する。また、帯状積算降雨域の水平スケールは幅 5 km であり、地形性の線状降水域を形成する降水セルの水平スケール 5 km (例えば、Yoshizaki *et al.*, 2000) とよく対応している。したがって、この帯状積算降雨域は諫早または長崎ラインにより形成されたものと考えていいであろう。

一方、図 4 (a) の西彼杵半島や北松浦半島付近を起点とする帯状積算雨量域についてであるが、降雨域の幅が 20 km 程度と長崎半島を起点とするものより広い。これは 5.2.2 節や 5.2.3 節で報告したような水平スケール 5 km, 長さ 50 - 100 km 程度の複数の線状降水域によって形成されているものと考えられる。ここで説明の便宜上、これら線状降水域の呼び方を定義する。これら複数の線状降水域は、福岡平野周辺で増幅がみられるものの、西彼杵半島と北松浦半島あたりから発生しているように見える。そのため、これら一連のラインを西彼杵・北松浦ライン群と呼ぶこととする。起点となっている西彼杵半島や北松浦半島は 500 m 程度の比較的低い山々で構成されているが、Yoshizaki *et al.* (2000) が示すように環境場の状態によっては地形性のトリガとなりうると考えられる。また、西彼杵・北松浦ライン群についての先行研究は Yoshizaki *et al.* (2000) に西彼杵半島南部を起点とする西彼杵ラインに関する記述が一部見られる程度で、これら複数のライン群に関する研究はほとんどみられない。今後詳細な検討が必要であろう。

6.2 都市河川水位の応答と降雨の流域内時空間変動

ここでは、5.2.3 節で報告した線状積算降雨域と御笠川水位応答との関係についての考察を試みる。図 8 に御笠川の水位ハイドログラフを示す。図 8 には、2009 年 7 月 24 日から 26 日の水位ハイドログラフを示すとともに、2003 年の水位ハイドログラフを最大値の時刻が一致するように上書きした。まず最大水位であるが、図によれば、2009 年の御笠川の最大水位は 2003 年に比べ小さい。これは御笠川流域の浸水被害や河川の溢水・氾濫状況とも一致する。さらに 2009 年の最大水位は、最大時間雨量や線状積算降雨域 (5.2.3 節) の強かった 24 日ではなく、26 日に生じている。

この要因については詳細な流出解析等が必要であるが、ここでは流域形状、特に流域幅との関係について少し考察を加える。御笠川は下流から上流にかけて流域幅が広がる形状を持つ。上記のように 2009 年 7 月 24 日の豪雨

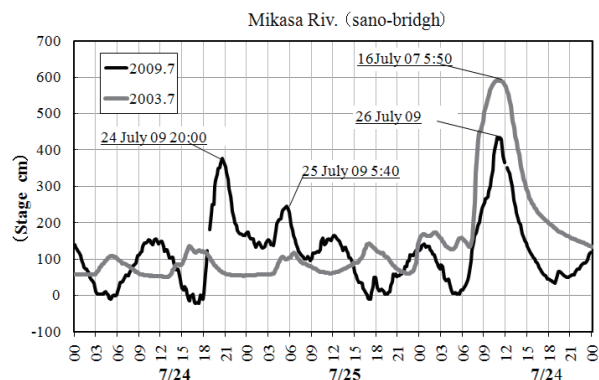


図 8 御笠川の水位ハイドログラフ
Fig. 8 Stage Hydrograph for Mikasa river.

では、流域幅の比較的小さい中流域 (流域幅 2 ~ 3 km 程度) に降雨が集中したのに対し、同 26 日の豪雨や 2003 年の豪雨は、流域幅の広い上流域 (流域幅 6 ~ 8 km 程度) に生じていた。一般に流出応答に与える流域幅の影響は大きい。流域幅が大きいくほど、降雨流出のタイミングが集中し、流出応答が大きくなる。さらに御笠川流域は上流まで都市化され土地利用による流出率の空間変動は小さいものと考えられる。このような原因で線状降雨域の強さが直接対応していなかったものと考えられる。このように都市化された河川では流出率の空間変動が小さくなるため、このような降雨の流域内時空間変動の影響が重要になってくるものと考えられる。

7. まとめ

2009 年の福岡豪雨による浸水被害、降雨の時空間変動に関し、2003 年福岡豪雨との比較を中心に調査報告および初期解析を行った。

今回の豪雨災害により、福岡県ではわずか 10 年間で 5,000 棟を越える浸水被害が三度生じたことになる。しかし、現地調査の結果、2003 年の福岡豪雨では御笠川が溢水・越水をし、福岡市中心部の甚大な浸水被害をもたらしたが、今回の豪雨では御笠川流域での被害は少なかったといえる。一方で多々良川・那珂川・樋井川などのその他の福岡都市圏を通る河川で溢水・越水や浸水被害が生じており、都市圏全体に被害が分布していたことがわかった。ただし、地下街冠水がなく、床上浸水戸数も少なかったこともあり、全体の浸水被害は過去 2 事例に比べ甚大ではなかった。

気象庁のアメダス観測点では、今回の豪雨により、各地で観測史上最大の雨量を観測した。また、国土交通省の解析雨量においても、2003 年福岡豪雨に比べ、総雨量が多くなった。また、数時間スケールの積算雨量も 2009 年の方が多くなっている。これらは、浸水被害の規模と必ずしも一致していなかった。本報告では、この原因として、福岡都市圏内の主要河川 (特に御笠川) の流域内における降雨の時空間変動の影響を指摘した。

2003 年福岡豪雨と今回の福岡豪雨の総雨量の分布形状

の共通点として、帯状の積算降雨域が生じていたことを報告した。帯状の積算降雨域は、長崎半島、西彼杵半島、北松浦半島などの九州西部を起点として、北東方向に200 km以上の長さを持っていた。その生成要因については、九州北西部の地形性線状降水域との関連性について考察をおこなった。また、本報告では西彼杵・北松浦ライン群と福岡豪雨の関連性について報告をし、福岡都市圏の災害を考える上で重要であることを指摘したが、これまで詳細な解析をしている研究はほとんどない。そのため今後詳細な解析や観測による総合的な研究が必要であろう。

最後に解析を通して、JMAレーダ雨量の時系列情報の有用性を改めて認識する一方で、浸水被害や河川応答との関係を考える上で、その定量的な精度に不十分さを感じた。防災科学技術研究所では2000年からマルチパラメータレーダの研究を行い、定量的な雨量観測に関する研究を行ってきた。また、MPレーダとJMAレーダ雨量を用いて雨量計を使わず、定量的に精度の高い雨量強度分布情報をリアルタイムに得られる手法も開発されてきている(加藤ほか, 2009)。国土交通省では局地的豪雨に対する社会要請やこれら成果の結果を受けて、MPレーダを全国の都市圏に展開を始めている。今後これらの情報や手法を通して、災害発生メカニズム等の災害事例の実態把握に役立つことが期待される。

謝辞

現地調査にあたっては、福岡県庁および福岡市役所の防災担当の方々には、お忙しい中、我々の調査にご対応いただいた。また、福岡市役所の河川部からは貴重な水位データをいただいた。また、聞き取り調査にご協力いただいた福岡市民の方々には、ここに記し、心より感謝いたします。

また、報告書とりまとめにあたって、水・土砂防災研究部の真木雅之部長、岩波越副部長をはじめ、多くの方々にご助言をいただいた、感謝いたします。

さらに、読者の方には貴重なご意見をいただき感謝いたします。編集担当の樋山さんには文章校正等お世話になりました。

参考文献

1) 荒生公雄 (2007) : 長崎県南部地方における豪雨と地

形. 長崎大学総合環境研究, 環境科学部創立10周年記念特別号, 59-71.

- 2) 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-. 日本気象学会, 天気, **47**, 785-792.
- 3) 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, **21-6**, 265-279.
- 4) 福岡市 (2005) : 御笠川浸水想定避難図
- 5) 福岡市 (2006) : 多々良川浸水想定避難図
- 4) 井上和也・戸田圭一・市川 温 (1999) : 1999年6月福岡市の都市型水害. **18-2**, 177-182.
- 5) 井上和也・戸田圭一・市川 温・多田彰秀 (2000) : 1999年福岡市における都市水害について. 京都大学防災研究所年報, **43-B-2**, 307-322.
- 6) 加藤 敦, 真木 雅之, 岩波 越, 三隅 良平, 前坂 剛 (2009) : “Xバンドマルチパラメータレーダ情報と気象庁レーダ情報を用いた降水ナウキャスト”. 水文・水資源学会誌, Vol. 22, No. **5**, 372-385.
- 7) Kato, T. (2005) : Statistical Study of Band-Shaped Rainfall Systems, the Koshikijima and Nagasaki Lines, Observed around Kyushu Island, Japan. J. Meteor. Soc. Japan, **83-6**, 943-957.
- 8) Kato, T. (2006) : Structure of the Band-Shaped Precipitation System Inducing the Heavy Rainfall Observed over Northern Kyushu, Japan on 29 June 1999. J. Meteor. Soc. Japan, **84-1**, 129-153.
- 9) 中村綾子 (2004) : 湿潤場における地形性線状降水システムの構造と形成過程. 名古屋大学修士論文, 1-122.
- 10) Ogura, Y. Asai, T. and Dohi, K. (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, **63-5**, 883-900.
- 11) 牛山素行 (2004) : 2003年7月19日～21日の九州における豪雨災害の特徴. 自然災害科学, **22-4**, 1-13.
- 12) Yoshizaki, M., Kato, T. Tanaka, Y. Takayama, H. Shoji, Y. Seko, H. Arao, K. Manabe, K. 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, **78-6**, 835-856.

(原稿受理: 2010年5月7日)

要 旨

平成21年7月中国・九州北部豪雨では、7月24～26日にかけて九州北部を豪雨が襲い福岡県を中心に人的被害や浸水被害が発生した。福岡県では2003年にも5,000棟以上の浸水被害が生じており、わずか6年後の今回再び浸水被害に見舞われたことになる。

本報告では災害調査による浸水被害の概要を報告するとともに、福岡都市圏の河川応答、レーダ雨量を用いた降雨の時空間変動、に関する初期解析を行った。その結果、福岡都市圏の浸水被害の災害発生メカニズムを考える上で、降雨の流域内時空間変動と洪水流出との関係、九州西部の地形性線状降水域と福岡都市圏の豪雨との関係について、詳細に調査する必要があることを指摘した。

キーワード：福岡豪雨，レーダ解析，浸水被害，降雨の時空間変動，レインバンド