

## 2003年7月19日～21日の九州における豪雨災害の特徴

Characteristics of Heavy Rainfall Disaster in the Kyushu district from July 19 to 21, 2003

牛山素行\*

Motoyuki USHIYAMA\*

## Abstract

A heavy rainfall caused by a baiu-front (stationary front) occurred in Kyushu district from July 19 to 21, 2002. In Minamata city, Kumamoto prefecture, an hourly precipitation of 91mm was recorded on July 20 and the total precipitation amounted to 428 mm. The highest 1 hour precipitation records in the last 23 years were revised at 3 observatories, and the highest 24-hour precipitation was revised at 4 observatories based on the data of the Japan Meteorological Agency. In this heavy rainfall, 23 persons were killed, 104 houses were destroyed, and about 7,800 houses were inundated. The largest human damage due to this event occurred in Minamata city, Kumamoto prefecture. While the residents were taking shelter, debris flow killed 19 people in the city. The evacuation issue by Minamata city was announced after the debris flow occurred. In Fukuoka city, 1,352 houses were flooded when the Mikasa River overflowed its banks. A flood disaster had also occurred in the city in 1999. In a hotel, a disaster prevention plan based on Internet real-time rainfall and water level information was established after the disaster. Water sealing plates were installed according to this plan and this hotel escaped the present flood damage. It is important to examine methods of utilizing real time rainfall information.

キーワード: 豪雨災害, 土砂災害, リアルタイム雨量情報, 水俣市.

Key words: heavy rainfall disaster, sediment disaster, real time rainfall information, Minamata city.

## 1. はじめに

2003年7月19日から21日にかけて、梅雨前線の影響により、九州地方を中心に豪雨となった。この豪雨により、全国で死者23名(うち熊本県19名)、住家の全壊・半壊104棟、床上浸水3539棟、床下浸水4213棟などの被害を生じた(9月9日現在の総務省消防庁資料による)。23名の人的被害を生じた豪雨災害は、1999年6月の広島豪雨災害(全国の死者40名、牛山ら、1999)以来のことであり、近年の豪雨災害の中でも規模が大きい事例と考えられる。筆者は、被災地を7月22日に熊本県、鹿児島県内、7月31日に福岡県内を現地調査し、8月27日、28日に役所などで聞き取り調査を行った。本報では、降水量、被害状況、防災情報の面から見た、既往災害と比較しての本災害の特徴と課題について、現地調査並びに収集した資料をもとに報告する。

## 2. 降水量と被害の概要

## 2.1 気象概要

2003年の梅雨前線は、6月上旬以降、本州南岸に見られるようになり、6月9日～12日頃にかけて九州から東北までが梅雨入りした(気象庁、2003a)。西日本太平洋側では、6月中旬の降水量が平年を上回り、6月下旬から7月上旬は平年並みであった。西日本日本海側では、6月中旬から下旬の降水量は平年並みで、7月上旬は平年を上回った(気象庁、2003b)。

7月中旬に入ってしばらく、梅雨前線は九州に大きな影響をもたらさなかったが、18日夕方頃か

\* 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター

Disaster Control Research Institute, Graduate School of Engineering, Tohoku University.

ら九州に接近した。久保田(2003)によれば、梅雨前線付近では、大陸方面からの水蒸気を含んだ西寄り下層ジェット及び、はるか南方の台風7号により多量の水蒸気を供給された太平洋高気圧縁辺流が、九州西方東シナ海上で収束し、寒気の残る700hpa高度や850hpa高度に暖かい水蒸気に富んだ空気が供給され、強い降水が継続する状態にあった。

この結果、福岡県を中心とした地域で、18日夕方から19日朝にかけて、激しい降雨が記録された。この雨域は、19日朝から午後にかけて、九州南部から海上に移動し、九州地方の降雨は一旦終了した。その後、20日0時頃から長崎、熊本県付近を中心に激しい降雨が生じ、20日午後まで降雨が継続した(図 1)。

全国の気象庁AMeDAS観測所のうち、1979年の観測開始から2002年までの間で、15年以上の統計値が得られる観測所で、今回の豪雨において1時間、24時間、48時間降水量の最大値を更新した観測所を表 1に示す。これに見るように、今回の豪雨において最大値を更新したのは、九州を中心とした5カ所と、比較的少ない。たとえば、前年の2002年7月の台風6号豪雨災害時には、全国で1時間降水量の最大値更新観測所が9ヶ所、24時間などの積算降水量の最大値更新箇所が30ヶ所前後である(牛山, 2002)。すなわち、今回の豪雨は、狭い範囲に記録的な豪雨をもたらすタイプの豪雨であったといえる。

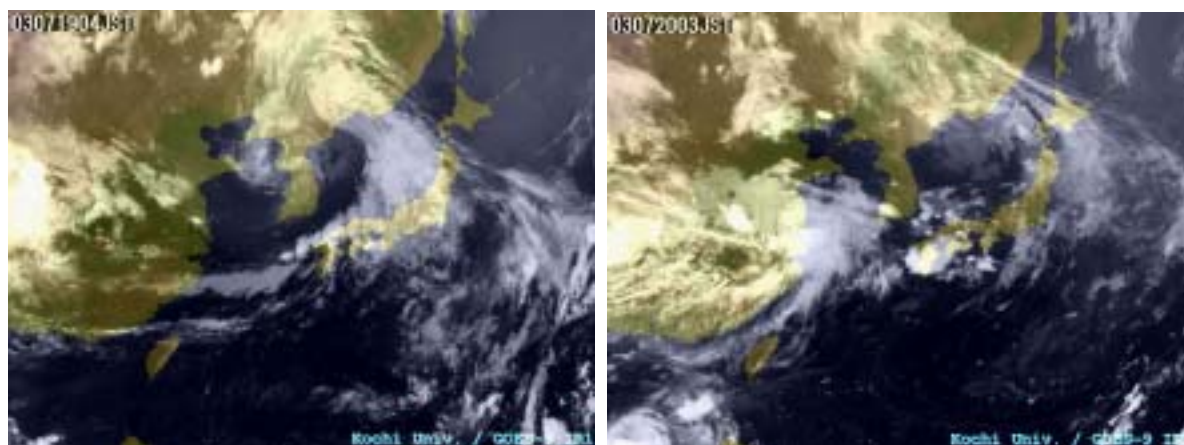


図 1 2003年7月19日04時(左)および7月20日03時(右)の気象衛星赤外画像  
菊地(2003)より引用。

表 1 最大記録を更新した AMeDAS 観測所

県名	観測所名	観測期間	今回の記録		過去最大記録	
			記録(mm)	記録日	記録(mm)	記録日
1時間降水量						
福岡県	飯塚	1979-2002	80	2003/7/19	60	1983/7/5
福岡県	太宰府	1979-2002	99	2003/7/19	77	1999/6/29
佐賀県	八幡岳	1979-2002	70	2003/7/19	66	2001/6/19
24時間降水量						
高知県	安芸	1979-2002	250	2003/7/19	247	1987/10/17
福岡県	飯塚	1979-2002	315	2003/7/19	270	1979/6/27
福岡県	太宰府	1979-2002	353	2003/7/19	230	1980/8/30
宮崎県	加久藤	1979-2002	369	2003/7/20	347	1997/9/16
48時間降水量						
福岡県	飯塚	1979-2002	329	2003/7/19	326	1979/7/1

## 2.2 全国の被害状況

8月14日現在の総務省消防庁資料による、全国の被害状況を表 2に示す。最近10年間(1993年以降)について、今回の災害より人的被害および床上浸水が多かった事例を抽出すると表 3のようになる。今回の災害は、人的被害、浸水被害が多かったことが特徴であり、人的被害については1999年6月の広島での豪雨以来(牛山ら, 1999)、浸水被害については、2000年9月東海豪雨以来(牛山

ら，2000)の規模である．ただし，最近10年の災害の中でも最大規模というほどではない．

人的被害のうち熊本県の19名は，水俣市宝川内・集地区(15名)，同市深川・新屋敷地区(4名)の2箇所で発生した土石流による犠牲者であり，被害の発生形態としては，1997年7月の鹿児島県出水市における土石流災害(死者・不明者21名)と似ている．このほか，福岡県の死者1名(太宰府市三条)，鹿児島県の死者2名(菱刈町前目)も土砂災害による犠牲者であり，人的被害のほとんどは土砂災害によるものであった．

浸水被害は福岡県に集中した．8月13日の福岡県資料によれば，もっとも被害が大きかったのは飯塚市(床上浸水1241棟，床下浸水705棟)で，このほか福岡市(同678棟，674棟)，穂波町(460棟，341棟)などで被害が目立った．

表 2 県別の被害状況

	死者 (人)	全壊 (棟)	半壊 (棟)	一部 破損 (棟)	床上 浸水 (棟)	床下 浸水 (棟)
岡山県						3
広島県				2	1	10
山口県				70	12	164
徳島県		1			82	241
愛媛県						6
高知県						13
福岡県	1	26	52	68	3305	3308
佐賀県				8	1	21
長崎県	1	2		7	3	63
熊本県	19	21	1	1	132	327
宮崎県						8
鹿児島県	2	1		3	49	
計	23	51	53	156	3539	4213

表 3 最近 10 年間の主要豪雨災害による被害

県名	災害の期間	死者・ 不明者 (人)	全壊 (棟)	半壊・ 一部 破損	床上 浸水 (棟)	床下 浸水 (棟)	気象状況
鹿児島県	1993/7/31-8/2	23	148	108	1167	4809	停滞前線「平成5年8月豪雨」
鹿児島県	1993/8/6-8/6	49	305	174	8535	2516	停滞前線「平成5年8月豪雨」
鹿児島県	1993/9/2-9/3	33	209	626	1376	3645	台風
鹿児島県	1997/7/6-7/13	21	20	4	3	90	停滞前線・出水市土石流
高知県	1998/9/23-10/1	8	25	116	8341	8966	台風，停滞前線
広島県	1999/6/23-6/30	32	145	367	1258	2569	停滞前線
山口県	1999/9/23-9/24	2	82	993	3425	7502	台風
愛知県	2000/9/11-9/12	7	18	483	23896	39544	台風，停滞前線・東海豪雨
福岡県	2003/7/19-7/20	1	26	120	3305	3308	停滞前線
熊本県	2003/7/19-7/20	19	21	2	132	327	停滞前線

2003年の事例は消防庁資料，他の事例は気象庁資料による．

死者19名以上または床上浸水3300棟以上の事例を抽出．

\* 「東海豪雨」は通称．「平成5年8月豪雨」は気象庁による正式名称．

### 3．各地の状況

#### 3．1 7月19日九州北部の豪雨と災害

##### 3．1．1 降水状況

気象庁AMeDAS観測所，および国土交通省所管観測所のデータを用いて，九州北部の7月17日24時～7月19日24時の48時間降水量分布図を作成すると，図2のようになる．九州北部に，東西に延びる帯状の多雨域があり，特に福岡県北東部で激しい豪雨が記録された．もっとも大きな降水量を記録したのは福岡県の太宰府で，48時間361mm，24時間315mmであった．また，飯塚(同329mm，2

67mm) など筑豊地方でも豪雨が記録された。

今回の豪雨は、ほぼ7月19日1時～6時の5時間ほどの間に集中して発生した(図 3)。太宰府(気象庁AMeDAS)では、7月18日夕方に33mmほどの降水が記録された後、7月19日1時頃から1時間30mm以上の激しい雨となった。7月19日04時には81mm、05時には99mmの猛烈な雨が記録されている。太宰府の1979～2002年の最大1時間降水量は77mmであり(表 1)、2時間にわたってこの記録を上回ったことになる。

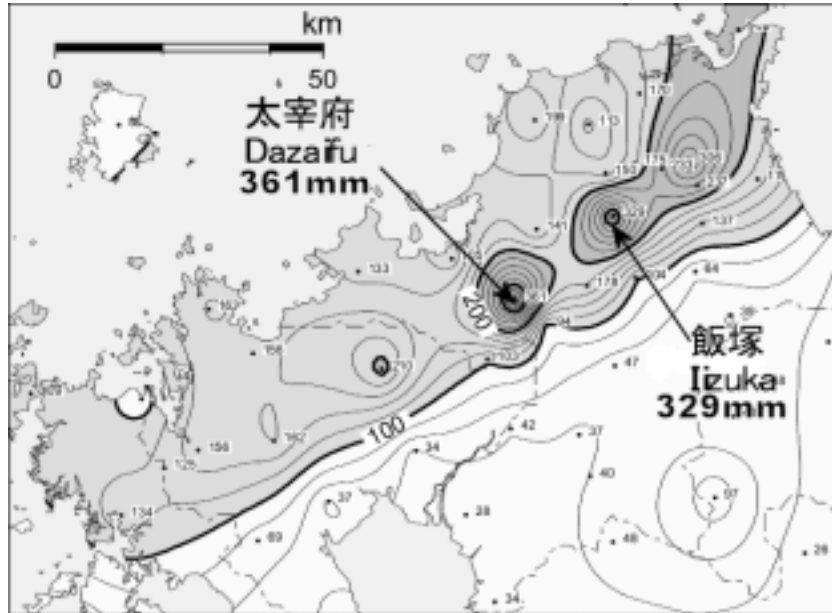


図 2 2003年7月19日24時の48時間降水量分布

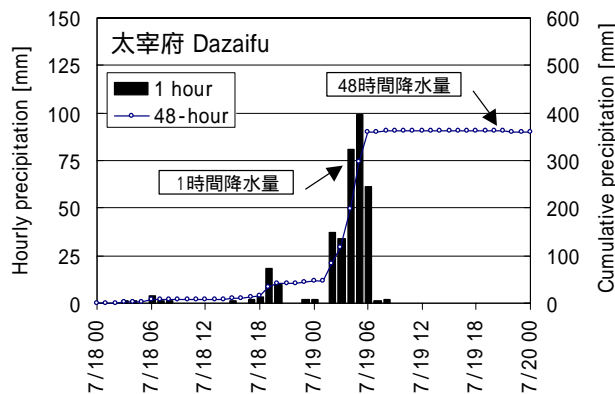


図 3 太宰府の1時間・48時間降水量

### 3.1.2 被害状況

この豪雨により、福岡県内の各地で斜面崩壊、土石流が発生した。特に、7月19日05時43分頃に、太宰府市三条1丁目で発生した土石流は、40棟に被害を与え、1名が死亡した(消防庁資料による)。この土石流は、御笠川支川原川流域で発生したもので、原川上流の水瓶山山頂付近から、御笠川合流部まで、約1km以上を流下したものと見られる。上流部からの谷出口の扇状地上が住宅地となっており、この付近の住家を損壊するとともに(写真 1)、500mほど下流の御笠川合流部付近でも、住家に損壊を与えた。

御笠川下流の福岡市街地では、降水量自体はそれほど多くなかったが(7月19日24時の48時間降水量105mm)、上流域の豪雨の影響で、堤防未改修区間の一部で越流するなどして、浸水被害(床上

浸水678棟，床下浸水674棟)をもたらした．福岡市博多区の山王橋観測所では，7月19日3時50分頃に危険水位(4.7m，計画高水位7.2m)を越え，6時頃に最大水位(5.9m)を記録した．山王橋の1kmほど下流のJR博多駅周辺では，5時頃から浸水が始まったもようであり(日本気象協会九州支社，2003)，博多駅地下街や市営地下鉄など，多くの施設が被害を受けた(写真 2)．福岡市中心部では，1999年6月にも豪雨による大規模な浸水被害(地下室での死者1名，床上浸水305棟，床下浸水735棟など．福岡市，2001)を受けているが，今回も同程度の被害を受けたものと言ってよい．



図 4 福岡県内被害箇所略図



写真 1 太宰府市三条 1 丁目の土石流被災状況

2003 年 7 月 31 日筆者撮影．



写真 2 JR 博多駅筑紫口付近の浸水痕跡

2003 年 7 月 19 日 16 時頃，日本気象協会九州支社撮影．地下に溜まった水の汲み出し作業中．

### 3.2 7月20日熊本県南部付近の豪雨と災害

#### 3.2.1 降水状況

気象庁AMeDAS観測所，国土交通省所管観測所，熊本県所管観測所のデータを用いて，熊本県南部付近の7月18日24時～7月20日24時の48時間降水量分布図を作成すると，図 6のようになる．熊本・鹿児島県境付近で豪雨が発生しており，熊本県水俣市付近，宮崎県えびの市付近の2箇所特に激しい豪雨が記録されている．

水俣市付近でもっとも大きな降水量を記録した観測所は深川(熊本県所管)で，最大24時間降水

量397mm, 48時間降水量428mmを記録した。豪雨は7月20日0時～6時の6時間にほぼ集中し, 4時には87mm, 5時には91mmという猛烈な豪雨が記録された。深川観測所から4kmほど離れた水俣市街地の48時間降水量は250mmであり, 48時間降水量400mm以上の雨域は半径2,3km程度の狭い範囲に限定されたものと思われる。深川の過去の記録は十分整備されていないので, 水俣市街地にあるAMeDAS水俣の記録を見ると, 1979～2002年の最大1時間降水量は75mm(1989年7月10日)であり, この記録と比較すれば, 2時間にわたってこの記録を上回ったことになる。AMeDAS水俣の最大24時間降水量は377mm, 同48時間降水量は486mm(いずれも1997年7月11日)であるので, 今回の深川の記録はこれらと同程度かやや下回っている。すなわち, 今回の豪雨は, 短時間の降水量の多さに特徴があった事例と思われる。

48時間降水量で見ると, えびの市付近の方が, 深川など水俣市付近より大きな降水量を記録している。ただし, 図7の, 京町(えびの市)の記録や, 付近の記録を見ると, 40～50mm前後の降水が続いており, 深川で見られたような90mm前後の激しい降水は記録されていない。



図5 水俣市付近略図

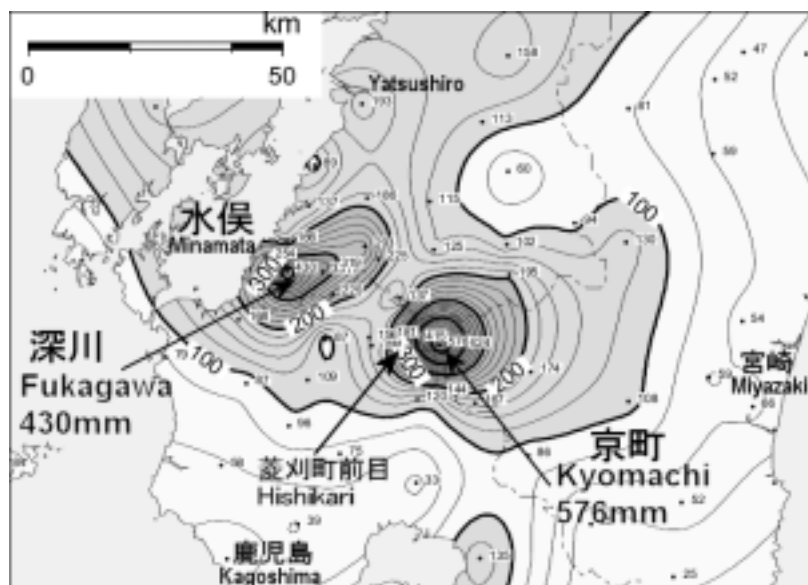


図6 2003年7月20日24時の48時間降水量分布

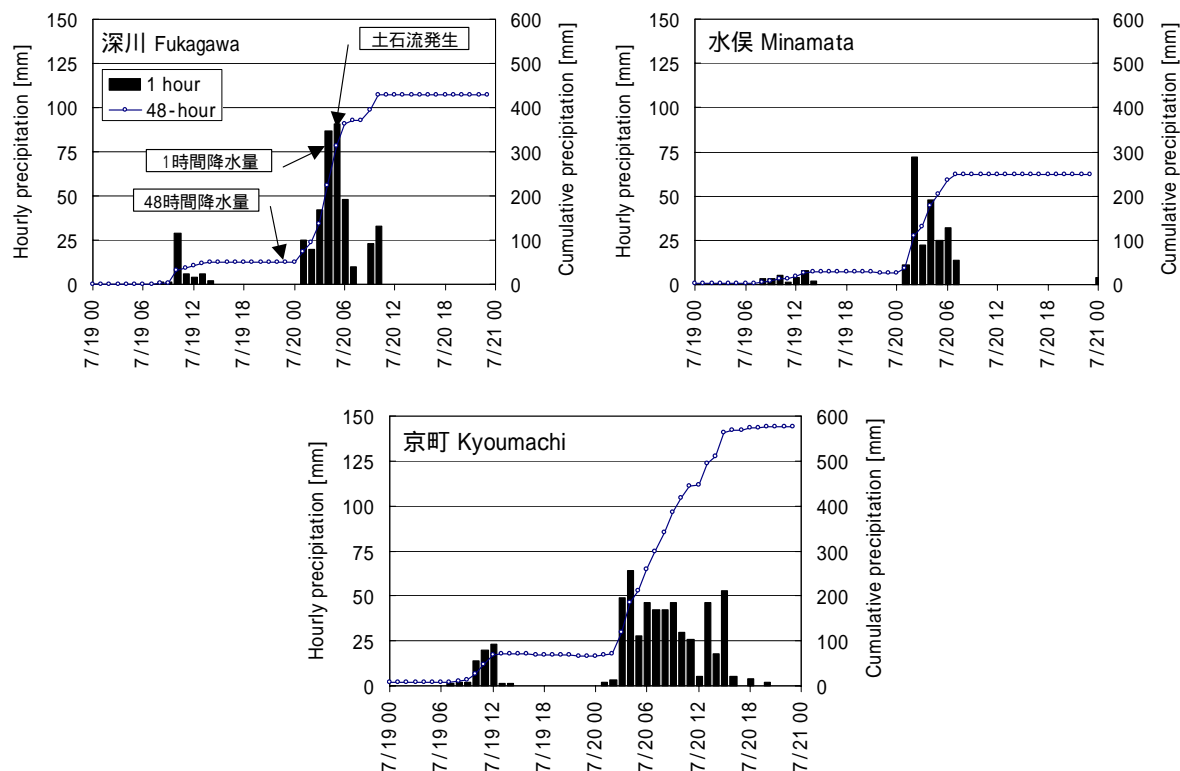


図 7 深川，水俣，京町の 1 時間・48 時間降水量

### 3.2.2 被害状況

この豪雨によるもっとも大きな人的被害は、水俣川支川宝川内川流域の水俣市宝川内・集(ほうごうち・あつまり)地区での土石流災害によって発生した。砂防学会(2003)によれば、崩壊の規模は幅80~100m、斜面長約170m、最大崩壊深15~20m、崩壊土量5~10万立方メートルと推定されている。集落付近でも、直径1m以上の巨礫が見られた。崩壊源頭部から集落付近まで、約1kmほどを流下したと思われる。



写真 3 集地区の被災状況

7月22日筆者撮影。元の川の位置は右下付近で、ブルドーザ付近にも家屋があった。右上の小丘部を土石流が乗り越えた痕跡がある。



写真 4 集川・宝川内川合流部付近

この土石流が集落付近に達したのは、7月20日4時20分頃で、この土石流により17棟が全壊、15名が死亡した(7月30日現在、熊本県資料による)。現地付近では豪雨を警戒し、宝川内地区を担当

する消防団第六分団10部長(集地区在住)の判断で、20日1時30分～2時頃から消防団が見回りなどの活動を開始しており、消防団の誘導や独自の判断で、特に川に近いところに住む住民は親戚宅などに避難を始めていたようである(水俣市役所の後日の調査による)。しかし、全員の避難が終わる前に土石流が集落内に到達し、避難を誘導していた消防団員3名を含む多くの人命が失われる結果となった。

今回の豪雨では、集地区ばかりでなく、水俣川流域付近に数多くの斜面崩壊・土石流の発生が見られた。水俣川支川湯出川流域の水俣市新屋敷地区では、7月20日4時15分頃に土石流が発生し、4棟が全壊、うち1世帯4人が死亡した(写真 5)。現場は集落内でも20度ほどの急傾斜地で、土石流は幅10～15m、流下した距離330m、崩壊源頭部から流下端(湯出川河床)までの比高160mほどの規模であった(7月22日の筆者の現地簡易測量による)。また、写真 6のような表層崩壊も多数見られた。



写真 5 水俣市新屋敷地区で発生した土石流

写真 6 水俣市湯出川流域で見られた伐採跡地の表層崩壊

激しい雨とともに、雷も激しかったようである。7月22日の現地付近での住民への聞き取りによると、(1)激しい雷の音のため、雨脚など周囲の状況がわからなかった、(2)落雷への恐怖心から避難行動を躊躇した、などの声が聞かれた。写真 7の現場では、住家の目前に土砂や多量の立木が流出していたにもかかわらず、落雷の音に紛れて、この土砂流出が発生したことに住民は気がつかなかったとのことである。

このほか、水俣市内では水俣川からの越流によると思われる浸水が発生し、床上浸水109棟、床下浸水242棟の被害を生じた(7月30日現在の熊本県資料による)。

宮崎県えびの市を中心とした豪雨域内では、鹿児島県菱刈町前目・前田地区(図 6)で、7月20日8時15分頃斜面崩壊が発生し、1棟が被害を受け、この家にいた2名が死亡した(写真 8)。現地での簡易測量によれば、崩壊の幅は約40m、斜距離120m、高さ40mほどであった。このほか、えびの市内では、京町地区で8棟が床下浸水したが、家屋被害や人的被害は生じなかった。



写真 7 水俣市井良迫地区で見られた土砂流出

写真 8 鹿児島県菱刈町で発生した斜面崩壊



### 3.2.3 1997年豪雨災害との比較

水俣付近での近年の豪雨イベントとしては、1997年7月10日未明に、隣接する鹿児島県出水市の針原地区(図 5)で土石流災害(死者21名)を発生させた豪雨が思い浮かぶ。AMeDAS水俣観測所の観測開始(1979年)以降最大24時間降水量、48時間降水量もこの日に記録されたものである。ただし、この豪雨によって水俣市内では目立った土砂災害は発生しなかった。

この豪雨と比較するため、1997年豪雨時のAMeDAS水俣における降水状況と、今回の深川における降水状況を、同じ5日間でグラフにしたところ、図 8のようになった。API48は、土砂災害の発生基準雨量などでよく使われる、半減期48時間実効雨量である。また、両豪雨イベント時(2003年は土石流が発生した7月20日5時までの記録)の継続時間毎の最大降水量(DD関係)を図 9に示す。これらの図に見るように、1~6時間降水量は2003年豪雨の方が大きい、48時間降水量、実効雨量は1997年豪雨の方が大きい。先行降雨は1997年豪雨の方が遙かに多く、2003年豪雨では、前日の7月19日に50mm程度の雨が降ったものの、それ以前の4日間はほとんど降水がない状態であった。また、半減期を3日~180日まで変化させて実効雨量の計算を試みたほか、気象庁が用いている土壌雨量指数も計算してみたが、いずれの場合も、2003年豪雨時の深川の記録は、1997年豪雨時のAMeDAS水俣での記録を上回ってはいなかった。

すなわち、2003年豪雨は、先行降雨を考慮すると大きな値にならないが、短時間降水量が大きかったことが大きな特徴といえる。しかし、短時間降水量の強さだけで、集地区で見られたような大規模な崩壊に結びつくかどうかはよくわからない。1997年の豪雨時の針原地区での土石流は、降雨終了数時間後に発生したのに対して、今回の集地区や新屋敷地区の土石流は、降雨がもっとも激しかった時間帯に発生したという違いもある。地質特性なども考慮し、今後検討を進めていくべき課題である。

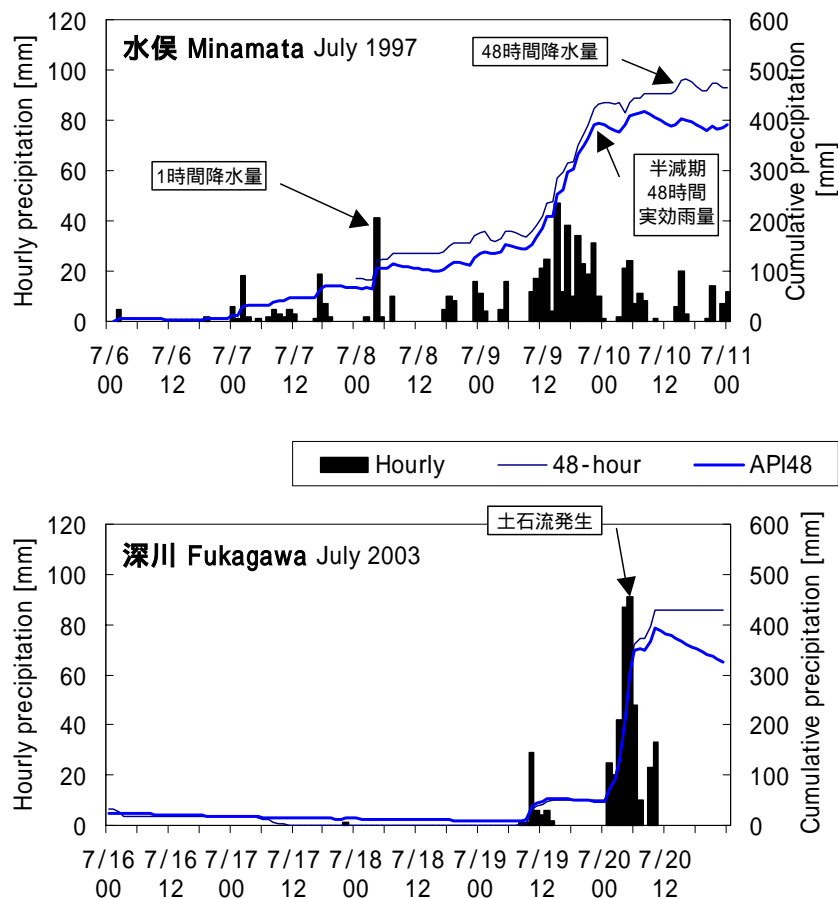


図 8 1997年豪雨と2003年豪雨の比較

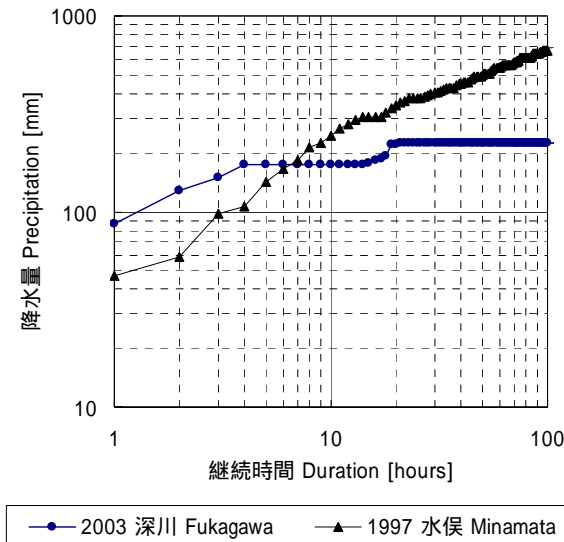


図 9 1997 年豪雨と 2003 年豪雨の比較(DD 関係)

#### 4 . 防災情報に見られる特徴

##### 4 . 1 水俣市に関する状況

近年豪雨災害に関する防災情報の収集・伝達体制の整備は急速に進んでいるが、これらの情報が必ずしも十分生かされていないことは、牛山ら(2003)などで指摘してきた。

今回大きな被害を生じた熊本県でも、「熊本県雨量・気象情報サービス」というシステムが公開されており(<http://www.pref.kumamoto.jp/existence/kishou/tenkou.htm>)、熊本県所管145箇所の雨量観測所のデータがリアルタイム公開されている。この情報は、インターネット、携帯電話双方から参照可能である。無論、熊本県内の気象庁、国土交通省系のデータも「川の防災情報(<http://www.river.go.jp/>)」「防災情報提供センター(<http://www.bosaijoho.go.jp/>)」などからリアルタイム公開されている。しかし、これらの情報が有効に活用されたという話は、現時点で確認できていない。

新聞報道では、集地区に近い熊本県深川雨量観測所における観測値が、「通報基準1時間20mmを越えていた」にもかかわらず、この情報が熊本県から水俣市に伝わっていなかったらしいことが報じられている(7月23日西日本新聞社説など)。また、水俣市役所に設置されていた熊本県の雨量観測所のデータを受信する情報端末が、約1年前から故障したままになっていたとも伝えられている(7月23日共同通信)。この報道を単純に聞くと、深川観測所の観測値が、専用端末などでしか受信することができず、県からの連絡がなければ市役所などで知ることができない状態であったかのような印象が持たれる。しかし、深川観測所の観測値は、「熊本県雨量・気象情報サービス」のページでリアルタイム公開されており、分布図としても、生の数値としても、インターネットに接続さえできれば、誰でも見ることはできるはずである。この事実が知られていなかった可能性もある。

今回の事例は、リアルタイム情報を公開しただけでは、本当に必要な利用者に有効に活用されるわけではないことを示す事例と思われる。事実関係の確認や、どのようにしたら情報が活用されるようになるかについて、検証・提案していく必要がある。

##### 4 . 2 博多都ホテルにおける情報活用例

一方、博多市街地の豪雨では、情報を活用して被害を未然に防いだ事例が確認できた。JR 博多駅筑紫口にある博多都ホテルでは、1999 年 6 月の豪雨災害によって 3 週間あまり休業する被害を受けたことを契機に、ホテルの 9 箇所の入り口に止水板を設置していた。また、豪雨が予想される際には、福岡市ホームページに整備されている市内の雨量・水位情報を当日の勤務者が確認し、必要に応じて止水板設置を行うことを「止水板設置作業運営要領」として取り決め、訓練も行った。

ていた。今回も、福岡地方に大雨・洪水警報が発表された7月19日22時35分頃から、情報収集に入っており、実際に浸水が始まった20日5時頃には完全に止水板の設置を終えていたという(写真9)。付近のホテルや商業施設の多くは、今回の豪雨でも浸水被害を受けたが、同ホテルでは、実質的な被害がなく、20日昼から営業ができたとのことである。このようないわば成功事例についても、検証していく必要がある。



写真9 博多都ホテルの止水板取り付け金具指の位置まで浸水したとのこと。

## 5. まとめ

本災害の特徴を整理すると以下のようになる。

2003年7月19日から21日にかけて、梅雨前線により九州地方を中心に豪雨が発生し死者・不明者23名、床上浸水3,539棟、床下浸水4,213棟などの被害を生じた。人的被害が比較的多く、1999年6月の広島での豪雨災害以来最大であった。また、浸水被害は2000年9月東海豪雨以来最大規模であった。

人的被害のほとんどは、土砂災害によって生じ、特に熊本県水俣市宝川内・集地区では、土石流により15名が死亡した。住民は自主的に避難を始めていたが、間にあわなかった。

特に降水量が多かったのは、福岡県、熊本県南部などであり、48時間降水量が300mmを越えた。特に1時間など短時間降水量が大きく、福岡県太宰府で1時間99mm、水俣市深川で91mmなどが記録された。

今回の豪雨においてAMeDAS観測所で1時間降水量、24時間降水量、48時間降水量の最大値を更新したのは、九州を中心とした5カ所であり、これは前年の2002年7月の台風6号豪雨災害時よりはるかに少ない。狭い範囲に記録的な豪雨をもたらすタイプの豪雨であったといえる。

福岡市街地では、リアルタイム雨量・水位情報を利用して、ホテルの浸水を防いだ例があったが、熊本県ではリアルタイム雨量情報が活用された事例は確認されていない。リアルタイム情報を公開しただけでは、不十分であり、どのようにしたら情報が活用されるようになるかについて、検証・提案していく必要がある。

## 謝 辞

本稿の作成に当たっては、日本気象協会九州支社の原田恒夫氏、竹尾宗二氏はじめ社員の皆様から多大なご協力をいただいた。また、博多都ホテル、福岡市市民局危機対策室、水俣市総務企画部総務課防災消防対策室、熊本県土木部砂防課からは、災害時の状況について貴重なお話並びに資料をいただいた。仙台管区气象台からは気象資料の提供を受けた。アジア航測(株)からは、航空写真の提供を受けた。関係各位に対し、この場を借りて、厚くお礼を申し上げたい。

なお、本報告の一部は、平成15年度科学研究費補助金「インターネット時代の豪雨防災情報・防災教育による効果の定量的評価に関する研究」(研究代表者・牛山素行)、平成15年度科学研究費補助金「2003年7月九州豪雨災害に関する調査研究」(研究代表者・橋本晴行)によるものである。

## 参考文献

- 福岡市:1999.6.29福岡豪雨災害～博多駅周辺の状況～, <http://bousai.city.fukuoka.jp/19990629hakataeki.html>, 2001.
- 菊地時夫:高知大学気象情報頁, <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>, 2003.
- 気象庁:6月の天候, <http://www.data.kishou.go.jp/stat/tenko0306.pdf>, 2003a.
- 気象庁:7月の天候, <http://www.data.kishou.go.jp/stat/tenko0307.pdf>, 2003b.
- 久保田哲也:2003年7月の九州地方土砂災害調査速報(中間報告), <http://ffpsc.agr.kyushu-u.ac.jp/control/0307.html>, 2003.
- 日本気象協会九州支社:2003年7月18日～23日の九州各地の大雨, [http://www.jwaq.gr.jp/jwaq/s\\_g200301.html](http://www.jwaq.gr.jp/jwaq/s_g200301.html), 2003.
- 砂防学会:水俣土砂災害調査報告(速報), <http://www.jsece.or.jp/survey/20030720/sokuho.pdf>, 2003.
- 牛山素行・里深好文・海堀正博:1999年6月29日に広島市周辺で発生した豪雨災害の特徴, 自然災害科学, Vol.18, pp.165-175, 1999.
- 牛山素行・石垣泰輔・戸田圭一・千木良雅弘:2000年9月11～12日に東海地方で発生した豪雨災害の特徴, 自然災害科学, Vol.19, No.3, pp.359-373, 2000.
- 牛山素行:2002年7月9日～12日の台風6号による豪雨災害の特徴, 自然災害科学, Vol.21, No.3, pp.285-297, 2002.
- 牛山素行・今村文彦・片田敏孝・越村俊一:豪雨時の自治体における防災情報の利用, 水工学論文集, No.47, pp.349-354, 2003.

