自然災害科学 *J. JSNDS 41-2 145-175 (2022)*

2021年８月の秋雨前線豪雨により佐賀県の六角川で発生した洪水災害の被害調査

山本晴彦[1]・兼光直樹[2]・古場杏奈[1]・辻本ひかり[3]・縞居和哉[1]・坂本京子[1]・岩谷潔[1]

Damage Investigation of Flood Disaster in Rokkaku River, Saga Prefecture by Heavy Rainfall of Autumnal Rain Front of August, 2021

Haruhiko YAMAMOTO[1], Naoki KANEMITSU[2], Anna KOBA[1], Hikari TSUJIMOTO[3], Kazuya SHIMAI[1], Kyoko SAKAMOTO[1] and Kiyoshi IWAYA[1]

Abstract

In 2021, from August 11th to the 14th, the autumnal rain front developed with continuous rainfall, and an area of heavy precipitation was observed with a period maximum measurement of 1,000 mm in the east-to-west direction of Higashisonogi in Nagasaki Prefecture to the Chikugo area of Fukuoka Prefecture. The daily precipitation measurement in Ureshino Amedasu on August 14th was 439.5 mm with a return period of about 600 years, showing an extremely rare precipitation phenomenon. The water level of the Rokkaku River at the Shiomi Bridge point exceeded the estimated high-water level of 4.00 m before the three o'clock on the same date and continued to exceed the level for six-and-a-half hours, with maximum level of 4.85 m by seven o'clock. Due to the high water level, the drainage pumping stations in seven locations were not fully operated for a total of eight-and-a-half hours; however, they were not able to drain the rainwater in the floodplain of the Rokkaku River, resulting in the flood inundation. In the Asahicho district of Takeo city, the maximum flood depth was 160 cm, and this level was equivalent to the flood disaster in 2019; however, the measurement exceeded over the 200 cm in many locations at Tachibanacho, and the level surpassed the 2019 flood level by maximum of over 1 m. In Kitakatamachi and Omachicho, peak flood depths exceeding 2019 levels were also observed.

キーワード：秋雨前線豪雨，大町町，洪水災害，佐賀県，武雄市，内水氾濫，六角川

Key words: Heavy Rainfall of Autumnal Rain Front, Omachi Town, Flood Disaster, Saga Prefecture, Takeo City, Inland Flood, Rokkaku River

[1] 山口大学大学院創成科学研究科
Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University

[2] 山口大学大学院創成科学研究科（現 山口県庁）
Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University

[3] 山口大学農学部（現 長崎県庁）
Faculty of Agriculture, Yamaguchi University

本稿に対する討議は 2023 年 2 月末日まで受け付ける。

１．はじめに

2021年８月11日から19日にかけて，秋雨前線が九州付近に停滞し，前線に向かって太平洋高気圧の周辺から暖かく湿った空気が流れ込んだ影響で，九州および山口県では大気の状態が非常に不安定となった。特に12日未明から15日明け方にかけて，局地的に猛烈な雨が降るなど九州北部地方（山口県を含む）で記録的な大雨となった。佐賀県嬉野のアメダスでは，14日４時20分までの３時間に162.5 mm，11時30分までの24時間降水量は555.5 mmの大雨となり，長崎県，佐賀県，福岡県には大雨特別警報が発表された（福岡管区気象台，2021：佐賀地方気象台，2021ab）。佐賀県では，神埼市で土砂崩れが発生したのをはじめ，県西部の六角川水系では大規模な内水氾濫が発生し，流域の武雄市で1,247棟，白石町で525棟，小城市で451棟，大町町で319棟，江北町で177棟などの住家被害が発生した（消防庁災害対策室，2021；佐賀県，2021；武雄市，2021；大町町，2021；九州地方整備局，2021）。

ここでは，佐賀県西部の六角川流域の武雄市と大町町を対象に，筆者らが収集した降水データに基づく秋雨前線豪雨の解析，雨量・水位・防災情報の時系列解析，筆者らの現地での浸水深調査に基づく被災実態の解析，2019年水害による実績浸水深との比較等について報告する。

２．秋雨前線豪雨の概要

図１には，2021年８月14日６時の地上天気図（気象庁，2021a）と７時の気象衛星「ひまわり」の赤外画像（高知大学，2021）を示した。秋雨前線が中国の華中から東シナ海，九州北部，山陰，中部，関東地方へと東西の長い範囲に停滞し，前線に向かって太平洋高気圧の周辺から暖かく湿った空気が流れ込んだ影響により，九州および山口県では大気の状態が非常に不安定となった。「ひまわり」の赤外画像からも，日本列島を東西に発達した雲域が確認できる。

佐賀県内には気象庁のアメダスが８か所，さらに六角川・嘉瀬川・松浦川の３つの一級河川の流域を中心に，国土交通省九州地方整備局が31か所，佐賀県河川砂防課が125か所の雨量計を設置（すい防くん）しており，県内164か所で雨量観測が実施されている（国土交通省，2021；佐賀県県土整備部河川砂防課，2021）。また，隣接する福岡県や長崎県でもアメダス（42か所），国土交通省の九州地方整備局や県の河川関係部署が所管する雨量計が設置されている（福岡県県土整備部河川

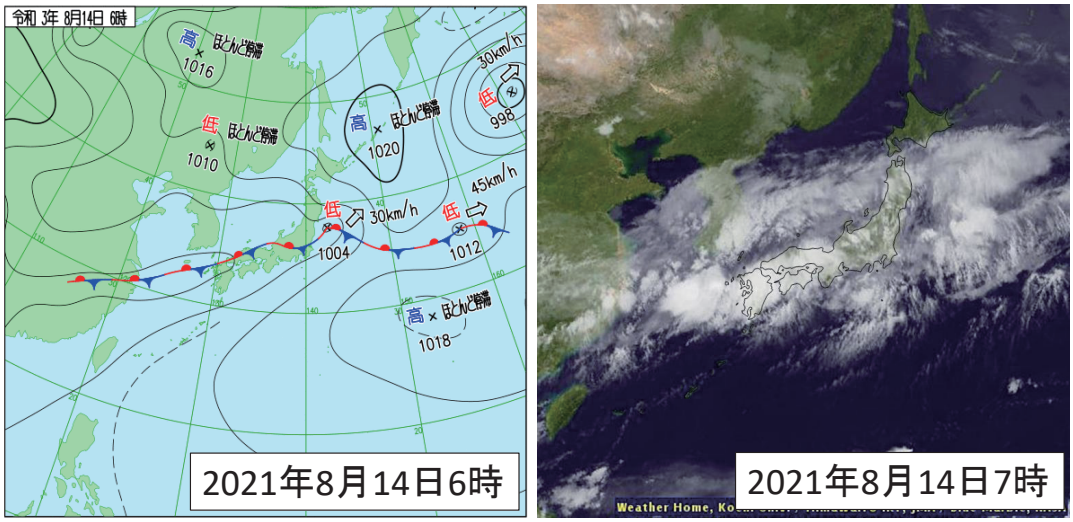


図１　2021年８月14日６時の地上天気図（気象庁，2021a）と７時の気象衛星「ひまわり」の赤外画像（高知大学，2021：日本列島の輪郭は筆者が加筆）

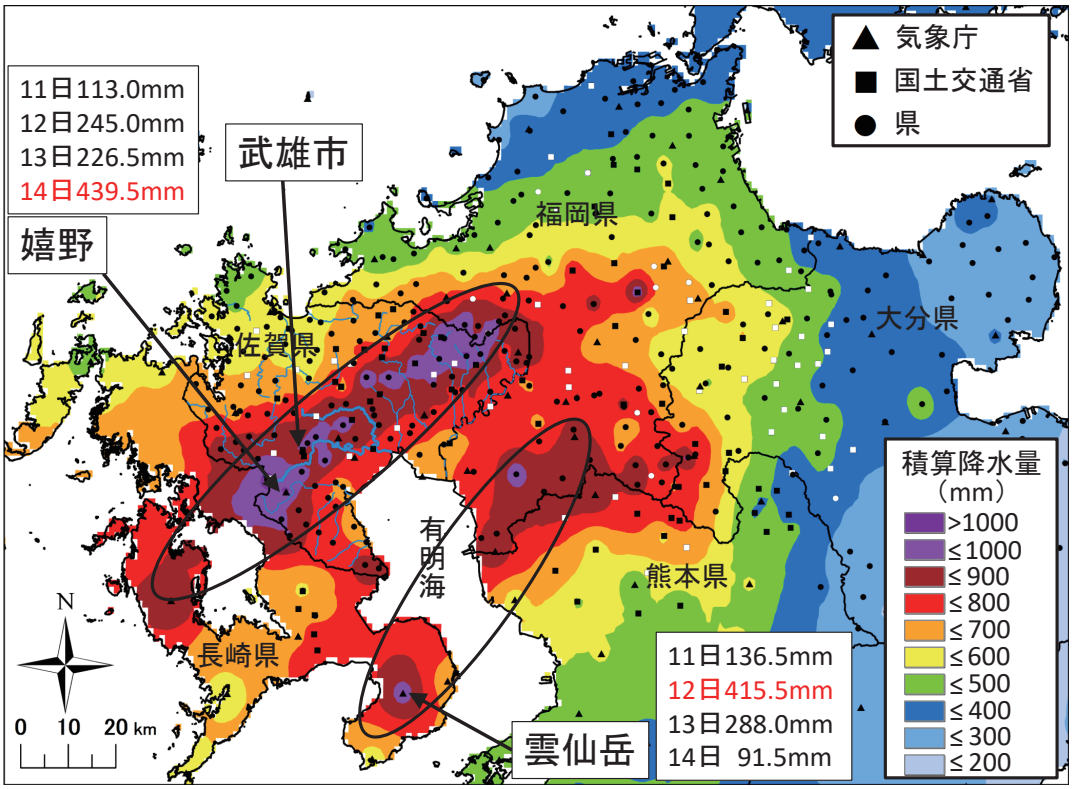


図２　2021年８月11日～14日（４日間）の積算降水量の分布図

管理課，2021；長崎県土木部河川課・砂防課，2021）。福岡管区気象台が発表している８月11日～19日の９日間の積算降水量の分布図（図は省略）は，アメダスによる雨量観測地点が少ないため，九州北部では長崎県の長浦岳（1,159.5 mm），雲仙岳（1,291.5 mm），佐賀県の嬉野（1,178.5 mm），福岡県の大牟田（1,049.5 mm），熊本県の鹿北（1,043.5 mm）に降水量の多雨地点が認められている（福岡管区気象台，2021）。しかし，図２に示した高密度の雨量計から筆者らが作成した2021年８月11日～14日（４日間）の積算降水量の分布図では，長崎県の東彼杵から佐賀県の杵藤・伊西地区，福岡県の筑紫山地（背振山地）へと東西に帯状の豪雨域が確認できる。また，長崎県の島原半島の雲仙岳から有明海を越えて，福岡県と熊本県の県境付近にも豪雨域が出現しており，南北に２つの豪雨域が認められる。また，前者は14日に日降水量の最大値（嬉野：439.5 mm），後者は12日に日降水量の最大値（雲仙岳：415.5 mm）を観測している。

図３には，再現期間（リターンピリオド）の分布図（2021年８月14日24時までの72時間）を示した（国立研究開発法人防災科学技術研究所，2021）。なお，図３には今回の豪雨の降水データは含んでいない。100年以上の再現期間（紫色で表示）は，長崎県五島列島の福江島から西海市・佐世保市，佐賀県の嬉野市・武雄市，福岡県の筑豊南部，もう一つは長崎県の野母崎から島原半島の北部，福岡県と熊本県の県境付近に帯状に分布しており，前掲した２つの帯状の豪雨域によりもたらされたものと推察される。前者の豪雨により武雄市では72時間の降水量が100年を超える再現期間となっており，この稀な降水現象により六角川流域では洪水災害が発生した。

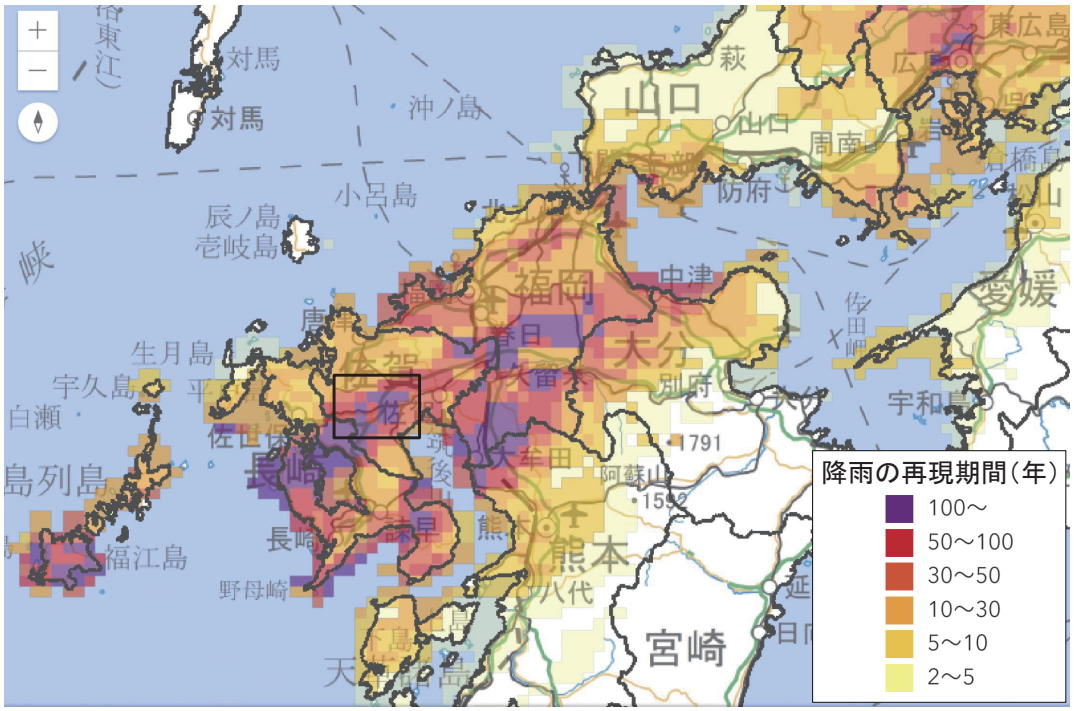


図３　再現期間（リターンピリオド）の分布図（2021年８月14日24時までの72時間）（防災科学技術研究所，2021より転載・加筆）（□枠は**図４**の範囲）

図２で示した積算降水量の分布図を拡大し，**図４**には佐賀県西部の六角川水系の六角川と牛津川流域に設置された雨量計で観測された８月11日～14日（４日間）の積算降水量の分布図（「川の防災情報」（国土交通省，2021）を基に，筆者らが作成）を示した。また，**表１**には武雄市および周辺市町における降水量の概要を示した。分布図中には，気象庁のアメダス観測所は白石と2019年の水害後の設置された大町の２か所のみ（図中には（気）と表記）であるが，国が管轄する雨量計（河川４か所・道路１か所），佐賀県河川砂防課が設置した雨量計（30か所）があり，高密度の雨量観測が行われている。４日間の積算降水量は六角川上流の矢筈（国）で1,083 mmの最大値を観測し，六角川（流域面積341 km^2）起点の矢筈ダム（1,053 mm）をはじめ焼山では1,054 mmと，近傍（六角川から南方約２km）の嬉野アメダス（1,024 mm）よりも六角川上流域の降水量の方が多かったことがわかる。

中流の武雄市街地では武雄（県土木（事務所），968 mm），武雄（国河川（事務所），948 mm），杵島消防本部（923.0 mm，**図４**には未掲載），高橋（922 mm），杉橋（904 mm）と900 mm台の降水量を観測している。また，六角川水系の牛津川流域の井上（971 mm），南渓（911 mm），小城（国，911 mm），三岳寺橋（902 mm）でも900 mm台の降水を観測しており，六角川水系の南西－北東方向の楕円形の長さ30 kmを超えるエリアで900 mmを超える積算値が認められた。さらに，その周辺部で600～800 mmの豪雨を観測しており，六角川水系を中心に豪雨域が形成されていることがわかる。特に８月14日の日降水量は，武雄市焼山で454 mm，小城市三岳寺橋で403 mmを観測したのをはじめ，六角川流域で300 mm台の豪雨を記録しており，最大１時間降水量は焼山で78 mm（14日２時），矢筈ダムで70 mm（14日４時）を観測するなど，50 mm/h以上の雨量強度を記録している。

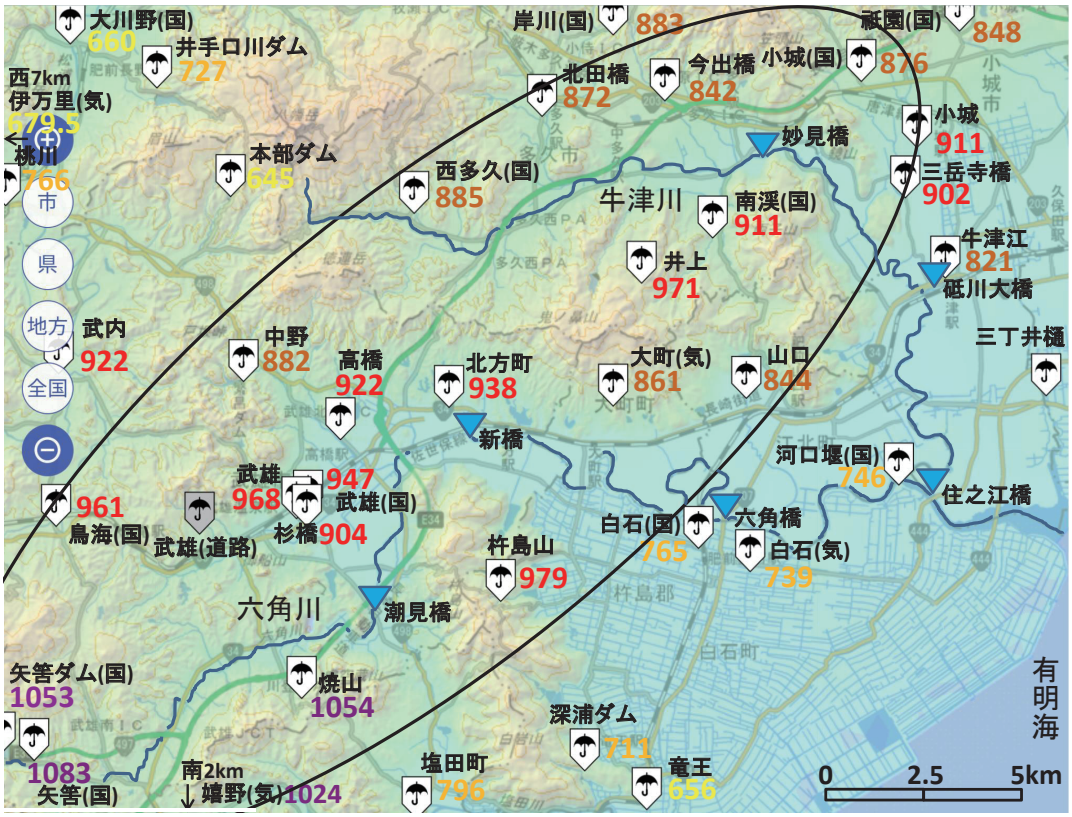


図 4　2021年 8 月11日～14日（ 4 日間）の積算降水量（mm）の分布（「川の防災情報」（国土交通省，2021）を基に，筆者らが作成）（楕円形は積算降水量が900 mm 前後の範囲）

六角川流域ではないが，六角川上流の矢筈から南東に約4.4 km の地点に位置する嬉野のアメダス（1977年 2 月 1 日観測開始）と，筆者らが構築したアメダス以前に設けられていた嬉野の区内観測所（1911年 1 月 1 日～1977年 1 月31日，佐賀県茶業試験場の委託観測）における過去の日降水量のデータベースを統合して，1911年 1 月から2021年 8 月までの日降水量の順位等を**表 2** に示した。嬉野では区内観測所からアメダスに観測が引き継がれて，1911年 1 月 1 日からの約110年間にわたる日降水量のデータが蓄積されており，今回の豪雨で観測された日降水量は，8 月12日245.0 mm（第12位），13日226.5 mm（第19位），14日439.5 mm（第 1 位）と 3 日間の日降水量が20位の中で 3 日も占めており，3 日間にわたり稀な降水が降り続いていたことがわかる。さらに，日最大10分間降水量も20.0 mm で第 1 位（2008年 3 月 1 日統計開始），日最大 1 時間降水量も80.5 mm で第 3 位（1977年 2 月 1 日統計開始）であり，両者から雨量強度も強い降水現象であったことが伺える。

アメダス地点については，開設以前に区内観測所として気象観測を委託していたケースも多いが，気象庁においては観測データがデジタル化されていない。このため，筆者らは西中国（広島県・山口県）と九州 7 県について，1896年からの日降水量のデジタル化とアメダスデータとの接続・統合を進めている（矢野ら，2009）。このデータベースを用いることにより，嬉野の区内観測所では1957年 7 月25日に梅雨前線に伴う389.9 mm の日降水量が観測されており，20位までに半分の10日がランクされることから，区内観測所のデータの重要性が改めて認識された。

表１　武雄市および周辺市町における降水量の概要

市町名	観測所	所管	河川名	日降水量（mm）				積算降水量（mm）	最大１時間降水量（mm）[1]
				８月11日	８月12日	８月13日	８月14日		
六角川水系（六角川）									
武雄市	矢筈ダム	管理事務所(県)	六角川	113	258	304	378	1,053	70（14 4）[2]
	矢筈	武雄河川(国)	六角川	111	259	319	394	1,083	65（14 4）
	焼山	杵藤土木(県)	焼山川	130	249	221	454	1,054	78（14 2）
	杉橋	杵藤土木(県)	武雄川	113	216	221	354	904	50（14 5）
	武雄	杵藤土木(県)	武雄川	120	235	235	378	968	53（14 245）[3]
	武雄	武雄河川(国)	武雄川	117	230	232	368	947	54（14 5）
	杵藤	杵藤消防本部	武雄川	109.5	225.0	228.5	360.0	923.0	63.0（14 5:43）
	中野	杵藤土木(県)	高橋川	113	209	230	330	882	51（14 5）
	高橋	杵藤土木(県)	高橋川	112	235	234	341	922	53（14 5）
	北方町	杵藤土木(県)	六角川	115	234	233	356	938	55（14 5）
大町町	大町	気象庁	六角川	106.5	202.5	177.5	374.5	861.0	67.0（14 2:00）
白石町	白石	気象庁	六角川	116	196	171.5	255.5	739.0	47.0（14 2:38）
	白石	武雄河川(国)	六角川	115	205	164	281	765	42（14 3）
江北町	山口	杵藤土木(県)	古川	108	208	177	351	844	61（14 2）
	河口堰	武雄河川(国)	六角川	118	206	189	233	746	35（13 16）
六角川水系（牛津川）									
多久市	西多久	武雄河川(国)	牛津川	122	207	242	314	885	55（14 6）
	北田橋	佐賀土木(県)	中通川	110	202	249	311	872	59（14 6）
	岸川	武雄河川(国)	牛津川	113	221	245	304	883	60（14 6）
	井上	佐賀土木(県)	西山川	113	245	220	393	971	61（14 5）
	南渓	武雄河川(国)	牛津川	108	229	208	366	911	58（14 2）
小城市	小城	武雄河川(国)	牛津川	108	213	213	342	876	55（14 5）
	小城	佐賀土木(県)	牛津江川	107	208	201	398	911	51（14 5）
	祇園	武雄河川(国)	祇園川	103	209	196	340	848	58（14 5）
	三岳寺橋	佐賀土木(県)	晴木川	103	190	206	403	902	59（14 2）
	牛津江	佐賀土木(県)	牛津江川	100	192	196	333	821	59（14 2）
松浦川水系									
武雄市	鳥海	武雄河川(国)	小越川	129	210	264	358	961	56（14 5）
	狩立日ノ峯ダム	管理事務所(県)	狩立川	127	215	219	342*	903*	51（14 1）
	宮野	杵藤土木(県)	網ノ内川	135	181	232	271	819	38（14 5）
	武内	杵藤土木(県)	松浦川	112	235	234	341	922	42（14 6）
	本部ダム	管理事務所(県)	川古川	102*	153*	216	276*	645*	44（14 6）
伊万里市	伊万里	気象庁		111.0	132.0	182.0	254.5	679.5	52.0（14 5:02）
皿屋谷川水系									
嬉野町	嬉野	気象庁		113.0	245.0	226.5	439.5	1,024.0	80.5（14 1:50）

＊：欠測を含む。１）最大１時間降水量は，気象庁と杵藤消防本部は１分値，国・県は１時間値。
２）「14 4」は８月14日４時の時間降水量。３）「14 4 245」53 mm が２時・４時・５時に観測。

なお，水文統計ユーティリティー（国土技術研究センター，2021）における Gumbel 法で求めた日降水量の再現期間（リターンピリオド，今回の豪雨の降水データは含んでいない）は，嬉野の８月14日の日降水量439.5 mm は SLSC（Standard Least Squares Criterion，標準最小二乗規準）では0.083ではあるが，約600年ときわめて稀な降水現象であったことがわかる。また，最大12時間降水量（383 mm：８月14日0:00～12:00）の再現期間は約200年（SLSC：0.056），最大６時間降水量（283.5 mm：８月14日0:00～6:00）の再現期間は約80年（SLSC：0.044）であり，６時間や12時間の短時間の降水現象から見ても，稀な降水であったことが明らかになった。なお，六角川下流の白

表 2　嬉野のアメダスと区内観測所における降水量の極値順位

順位	日降水量[1]		備考	日最大10分間降水量		日最大１時間降水量	
	(mm)	年月日		(mm)	年月日	(mm)	年月日
1 位	***439.5***	***2021/ 8/14***	***秋雨前線（本豪雨）***[2]	20.0	2021/ 8/14	84.5	2018/ 7/ 6
2 位	389.9	1957/ 7/25	梅雨前線	20.0	2008/ 6/19	83.5	2008/ 6/19
3 位	**366.0**	**1990/ 7/ 2**	**梅雨前線**[3]	19.0	2020/ 8/22	80.5	2021/ 8/14
4 位	**354.0**	**1980/ 8/29**	**秋雨前線・台風12号**[4]	18.5	2019/ 8/27	72.0	1990/ 7/ 2
5 位	307.4	1955/ 4/15	低気圧	18.5	2017/ 8/14	70.0	2003/ 8/26
6 位	280.0	1954/ 9/25	秋雨前線・台風15号	18.5	2016/ 6/22	67.0	1991/ 9/27
7 位	**272.5**	**2018/ 7/ 6**	**梅雨前線（平成30年７月豪雨）**	18.5	2012/ 7/ 4	66.0	2016/ 9/18
8 位	270.0	1953/ 6/25	梅雨前線	18.5	2009/ 7/24	66.0	1986/ 7/10
9 位	**261.0**	**1979/ 6/29**	**梅雨前線**	18.0	2020/ 7/24	64.5	2020/ 7/10
10位	257.0	1948/ 8/25	気圧の谷	18.0	2010/ 9/23	64.5	2017/ 8/14
11位	252.5	1956/ 8/27	秋雨前線				
12位	***245.0***	***2021/ 8/12***	***秋雨前線（本豪雨）***[2]				
13位	241.0	1933/ 4/25	低気圧				
14位	**240.0**	**2016/ 9/18**	**秋雨前線・台風16号**				
15位	239.0	1962/ 7/ 7	梅雨前線				
16位	**234.5**	**2020/ 7/ 6**	**梅雨前線（令和２年７月豪雨）**				
17位	233.5	1948/ 9/11	秋雨前線				
18位	**227.5**	**2016/ 6/22**	**梅雨前線（平成24年７月九州北部豪雨）**				
19位	***226.5***	***2021/ 8/13***	***秋雨前線（本豪雨）***[2]				
20位	226.0	1914/ 8/24	台風				
統計開始		1911/ 1/ 1[1]			2008/ 3/ 1		1977/ 2/ 1

1）日降水量は，1911年１月１日～1977年１月31日（区内観測所）。1977年２月１日～（アメダス，ゴチック体で表記）。
2）今回の本豪雨（2021年８月12日・13日・14日）は斜字で表記。
3）武雄の日降水量311.0 mm・６時間流域雨量251.6 mm，家屋損傷47棟 / 床上浸水3,028棟・床下浸水5,658棟。
4）武雄の日降水量185.7 mm，床上浸水1,670棟・床下浸水3,165棟。

石のアメダスでは８月14日に日降水量が255.5 mmで，観測史上第５位を記録しているが，嬉野と同様に Gumbel 法で求めた再現期間は10年に１度であり，稀な降水現象ではなかった。

気象庁では本豪雨を含む８月の記録的な大雨について，「令和３年８月の記録的な大雨の特徴とその要因について」（気象庁，2021b）として発表しており，要因として「①日本の北で発達したオホーツク海高気圧と平年より南に偏って南海上に張り出した太平洋高気圧との間で対流圏下層気温の南北差が強まって，盛夏期にもかかわらず梅雨の後半のような大気の流れとなり，西日本～東日本に前線帯が形成された，②そこに中国大陸からと太平洋高気圧の縁辺に沿った水蒸気の流入が集中する状態が続いた，③西日本～東日本への大量の水蒸気の流入をもたらした太平洋高気圧の南偏には，対流圏上層の亜熱帯ジェット気流が東アジア域で平年より南下し，日本の西方で顕著に南に蛇行したことが関わっており，その影響で日本付近では上昇気流が起きやすく，降水活動が維持されやすい状況となっていた」ことなどを挙げている。

3．降水量と水位の推移

図 5 には，2021年８月11日～14日の降水量・河川水位，注意報・警報，避難情報等の推移を示した。降水量は六角川上流から矢筈（国土交通省武雄河川事務所），武雄（国土交通省武雄河川事務所），大町（気象庁アメダス），六角川河口堰（国土交通省武雄河川事務所）の４か所，水位は上流から潮見橋（武雄市橘町，河口から30.35 km），新橋（武雄市北方町，24.10 km），六角橋（白石町，11.30 km），住之江橋（小城市芦刈町，3.80 km）の４か所である。

武雄（河川事務所）の11日から14日の４日間の時間降水量を見ると，11日の日中，12日の明け方

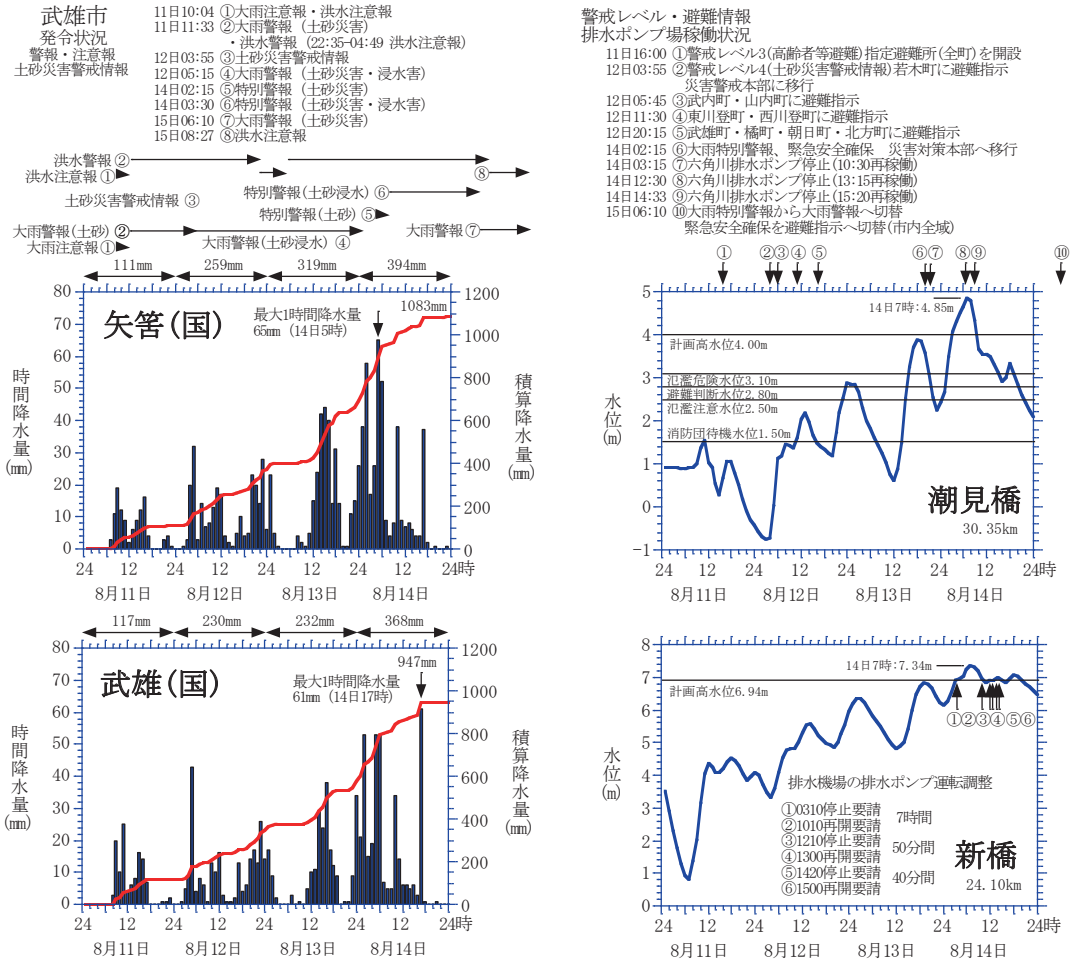


図５　2021年８月11日～14日の降水量・河川水位，注意報・警報，避難情報等の推移

から昼過ぎ，同日夕方から翌13日未明，同日昼頃から夜のはじめ頃，そして14日未明から夕方と，５つの降水のピークが認められ，上流の矢筈，中流の大町，下流の六角川河口堰でもほぼ同様な傾向が確認できる。特に５番目の降水のピークである14日未明から夕方にかけては最大１時間降水量が武雄，矢筈，大町では60 mm を超える強雨に見舞われている。このような降水状況により，武雄市には大雨注意報・洪水注意報が11日10時４分に発令され，１時間半後の11時33分には大雨警報（土砂災害）・洪水警報に切り替えられている。さらに，16時には武雄市内に警戒レベル３の高齢者等避難が発令され，指定避難所が市内の全町に開設されている。その後，降水が弱まり始めたことにより，洪水警報は11日22時35分に洪水注意報へ切り替えられたが，翌12日の３時55分には警戒レベル４（土砂災害警戒情報）が発令され，４時49分には再び洪水警報へと切り替わっており，５時15分には大雨警報に浸水害が追加されている。武雄市内の山間部（若木町，武内町，山内町，東川登町，西川登町）では12日３時55分から随時，避難指示が発令され，20時15分には市街地の武雄町，橘町，朝日町，北方町でも避難指示が発令されている。降水の５つ目のピークに遭遇した14日の２時15分には特別警報（土砂災害）が発令され，３時30分には浸水害が追加されている。

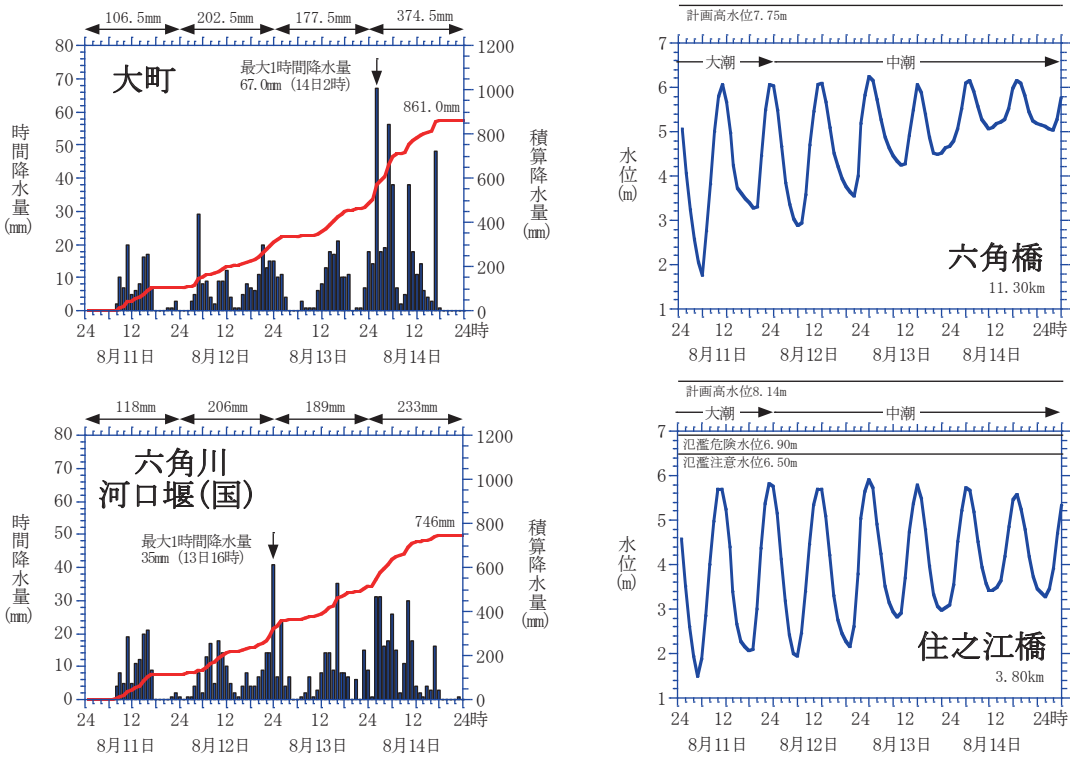


図5　続き

六角川の水位を見ると，武雄市の潮見橋では降水のピークに連動して水位が上昇し，13日夜の豪雨により避難判断水位の2.80 m を下回っていた水位が急激に上昇して氾濫危険水位の3.10 m を翌14日の１時半頃に，計画高水位の4.00 m を３時前に越え，７時には最高水位の4.85 m を観測し，計画高水位の4.00 m を６時間半も越えた。このような六角川の高水位により，排水ポンプの運転調整を要請した排水機場は７か所にも上った（武雄河川事務所，2021a）。たとえば，**図5** に示した新橋水位観測所では１回目の排水ポンプの停止要請３時10分－再開要請10時10分（７時間），２回目の停止要請12時10分－再開要請13時（50分），３回目の停止要請14時20分－再開要請15時（40分）と，排水ポンプの停止時間が延べ８時間30分にも及んでおり，その他のポンプ場でも同様な状況であった。豪雨の期間は大潮（８月11日）から中潮（14日）で，有明海では高潮面（満潮時の潮位）が高いため六角川では河川水や氾濫水の排水が困難であった（武雄河川事務所，2021a）。この結果，六角川では堤防の決壊や損傷の危険性が生じており，前掲したように排水機場の排水ポンプを稼働停止したことにより，堤内地の内水氾濫を招く要因にもなったと推察される。なお，今回の水害は内水氾濫のみで越水などの外水氾濫の発生は認められなかった。

六角川流域では，上流の矢筈から下流に六角川河口堰へと西から東に下るにつれて，積算降水量が1,083 mm（矢筈）から948 mm（武雄），861.0 mm（大町），746 mm（六角川河口堰）と100 mm 前後の間隔で減少しており，上流域で1,000 mm を超える豪雨に見舞われたことが，洪水災害を拡大させる要因の一つに挙げられる（**図4** 参照）。2021年８月14日７時と７時30分における指定河川洪水予報と洪水害の危険度（気象庁，2021a）では，７時には六角川流域での豪雨により支流で浸水害の

危険度が「警戒」「非常に危険・極めて危険」と表示されているが，本流の六角川では警戒レベル４相当の「氾濫危険情報」となっている。しかし，その30分後の７時30分には支流では「警戒」へと警戒レベル２相当に軽減されている反面，支流から流入した雨水により六角川は警戒レベル５の「氾濫発生情報」へと変更されており，わずか30分間で河川の状況が大きく変化していることがわかる（図は省略）。

４．六角川水系における水害の特徴と治水対策

4.1　六角川の概要

図６には，六角川水系（六角川，牛津川）の３D 地図（地理院地図より作成・加筆）（台形枠は図７の範囲と一致）を示した。六角川は，佐賀県武雄市山内町の神六山（標高447 m）に発し，武雄川等の支川を合わせて低平な白石平野を蛇行しながら貫流し，下流部において牛津川を合わせて有明海に注ぐ，幹川流路延長47 km，流域面積341 km^{2}の一級河川である。流域の地形は，脊振・天山山系，八幡岳，神六山等が連なる丘陵性山地に囲まれ，上・中流部は山地部から細長い武雄市街地の平地を経て，下流部には有明海特有の大きな潮汐作用等による自然干陸化と古くからの干拓によって形成された白石平野が広がり，河口部には高潮の防御を行う六角川河口堰が1983年に完成している。六角川の河床勾配は，上流部で約1/60程度，中流部は約1/150～1/1,000程度で，下流部で特に約1/1,500～1/45,000程度の緩やかな勾配となっている。また，有明海特有の大きな干満差による潮位変動の影響が中流部まで及んでおり，長い感潮区間には有明海より遡上する浮遊粘土（ガタ土）が低水路に多く堆積している（武雄河川事務所，2021b）。

4.2　六角川流域における地形の特徴と防災情報の発令状況

図７（上）には治水地形分類図（嘉瀬川・六角川・松浦川流域統合図）（国土地理院，2021），図７（下）には六角川水系（六角川・牛津川・武雄川）洪水浸水想定区域図（洪水ハザードマップ：計画規模（基準となる６時間雨量：256 mm））（武雄河川事務所，2016）を示した。治水地形分類図では六角川と牛津川の流域は「氾濫平野」に分類され，旧河道も数多く認められ，河道の付け替え（ショートカット）も行われており，幾度となく氾濫を繰り返して形成された「氾濫平野」の地形の特徴を有している。また，六角川と牛津川の合流付近は「干拓地」であり，江戸時代からの新田開発により有明海を干拓して出来上がった低平地となっている。洪水浸水想定区域図（計画規模）

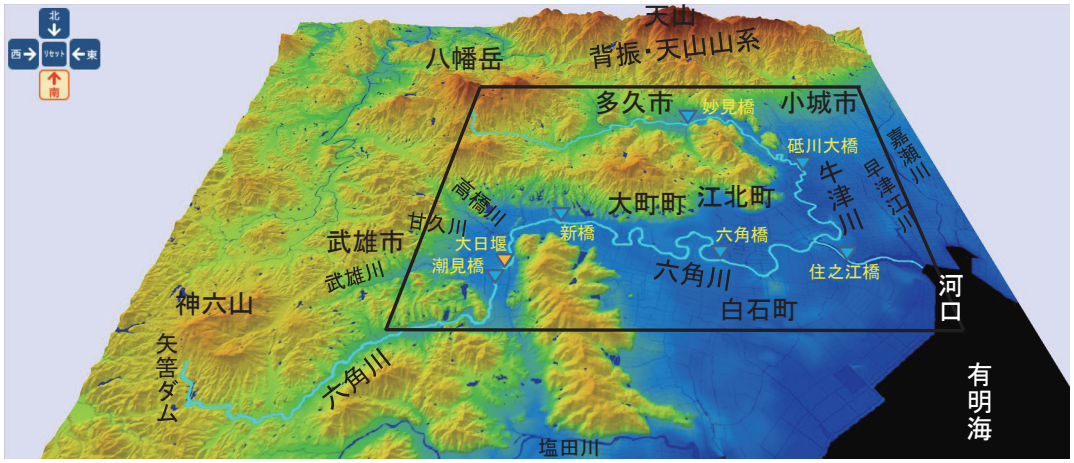


図６　六角川水系（六角川，牛津川）の３D 地図（地理院地図より作成・加筆）（台形枠は図７の範囲と一致）

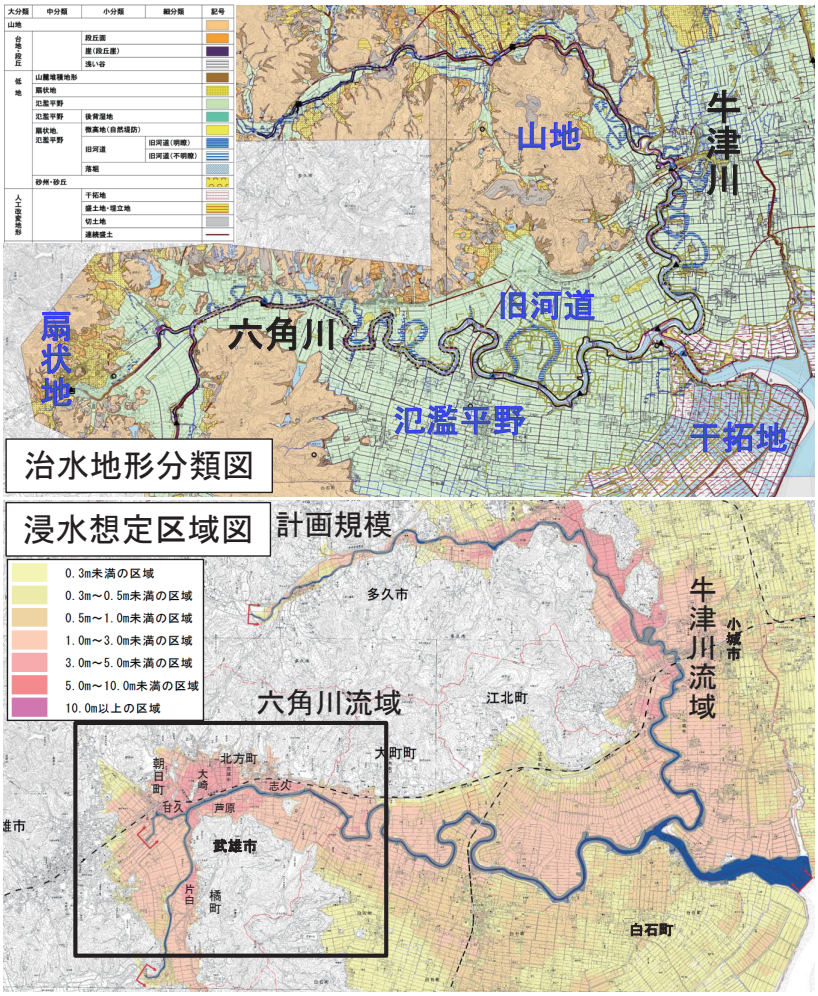


図 7　治水地形分類図　嘉瀬川・六角川・松浦川流域統合図（上）（国土地理院，2021）と六角川水系洪水浸水想定区域図（洪水ハザードマップ：計画規模）（下，□は図 9 の浸水深調査の範囲）（武雄河川事務所，2021c）

では，六角川流域は 3 ～ 5 m，牛津川の上流では 5 ～10 m の浸水深が想定されており，豪雨時には事前の避難を始め，低平地が広がる地域では避難所への避難経路の確保も重要となっている。なお，ここでは示していないが，想定最大規模（基準となる 6 時間雨量：424 mm）の洪水浸水想定区域図（洪水ハザードマップ）（武雄河川事務所，2016）では，5 ～10 m の浸水深が想定されている地域が武雄市の橘町片白，朝日町甘久，北方町大崎・芦原・志久などで確認できる。

5．六角川水系の浸水状況

図 8 には，令和 3（2021）年と令和元（2019）年における六角川・牛津川流域の浸水範囲を示した（武雄河川事務所，2021c）。図中の赤線で囲んで水色で塗った範囲が令和 3（2021）年 8 月，青色の線で囲んだ範囲が令和元（2019）年 8 月の浸水範囲を示しており，浸水面積は2021年が約5,400 ha，2019年が約5,800 haで，大町町や江北町の佐世保線・国道34号以南の東西のエリア，白石町の一部等を除いて，大きな差異は認められておらず，わずか 2 年で再び同じ地域で浸水被害に

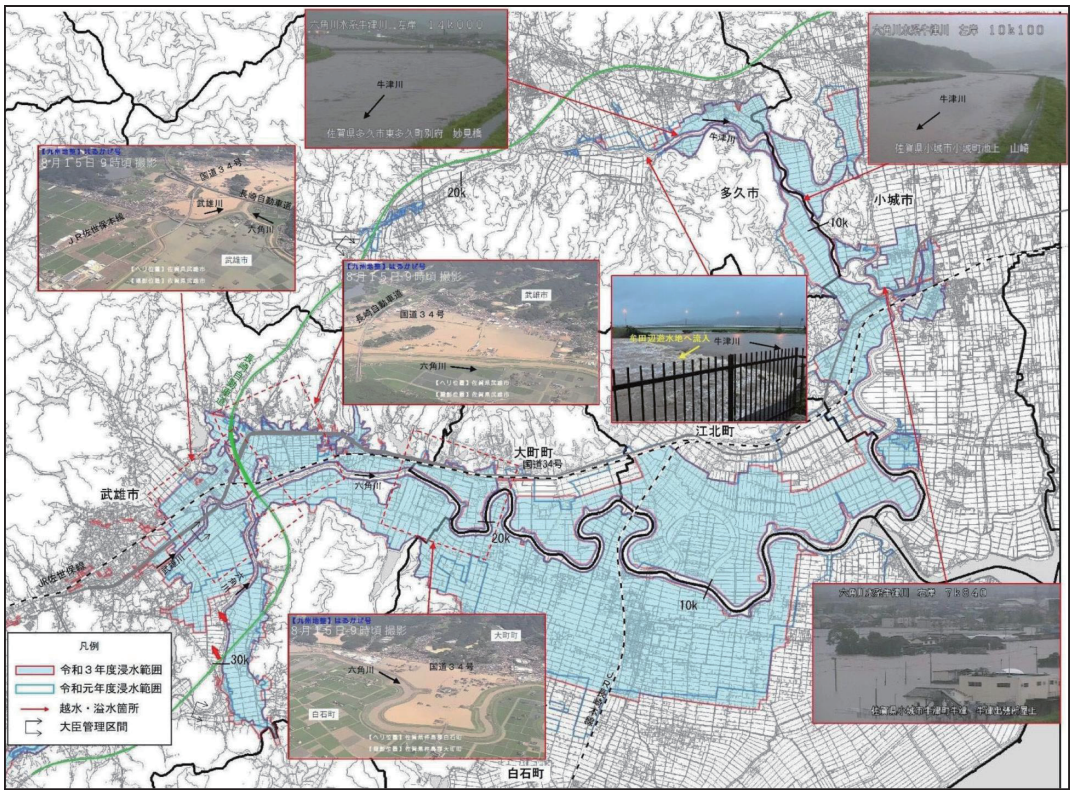


図８　令和３（2021）年と令和元（2019）年における六角川・牛津川流域の浸水範囲（令和３（2021）年８月：約5,400 ha，令和元（2019）年８月：約5,800 ha）（武雄河川事務所，2021c）

見舞われていることがわかる。なお，土木学会水工学委員会令和元年８月佐賀豪災害調査団(2020)より『令和元年８月佐賀豪災害調査報告書』が刊行されており，2019年の豪雨災害の調査・解析結果が詳細に報告されているので，参照して頂きたい。

図９にはDEM（Digital Elevation Model）を用いて筆者らが作成した六角川流域の標高図と筆者らによる現地での浸水痕跡調査から作成した浸水深（cm）の分布図を示した。なお，浸水深の調査では，地盤から建物地盤までと建物地盤から建物の浸水痕跡を足した値を浸水深（cm）としている。六角川流域における図９に示された浸水深（cm）と図８の氾濫範囲とを比較すると，浸水深の実測場所と推定範囲はほぼ一致しており，武雄市の橘町の国道498号沿い，北方町の国道34号の六角川に挟まれた低平地，大町町の蛇行部分の福母地区などでは３m近くまで浸水に見舞われており，六角川と支流の川添川・東川，武雄川（支流の高橋川，甘久川）などの流域では，広範囲で浸水被害が生じている。

６．佐賀県における2021年水害と2019年水害の被害概要

表３には，2021年と2019年の秋雨前線豪雨による佐賀県内の住家被害の状況（2021年は2021年12月22日９時現在，2019年は2020年３月11日８時30分現在）を示した（佐賀県，2020・2021）。2021年は豪雨により神埼市では14日夕方に土石流が発生し，全壊２棟・半壊１棟に被害が発生している。また，嬉野市の不動山大舟地区，塩田町草野地区でも土砂災害により全半壊等の住家被害が生じている。六角川の洪水被害は武雄市と大町町に集中し，武雄市では大規模な内水氾濫により大規模半

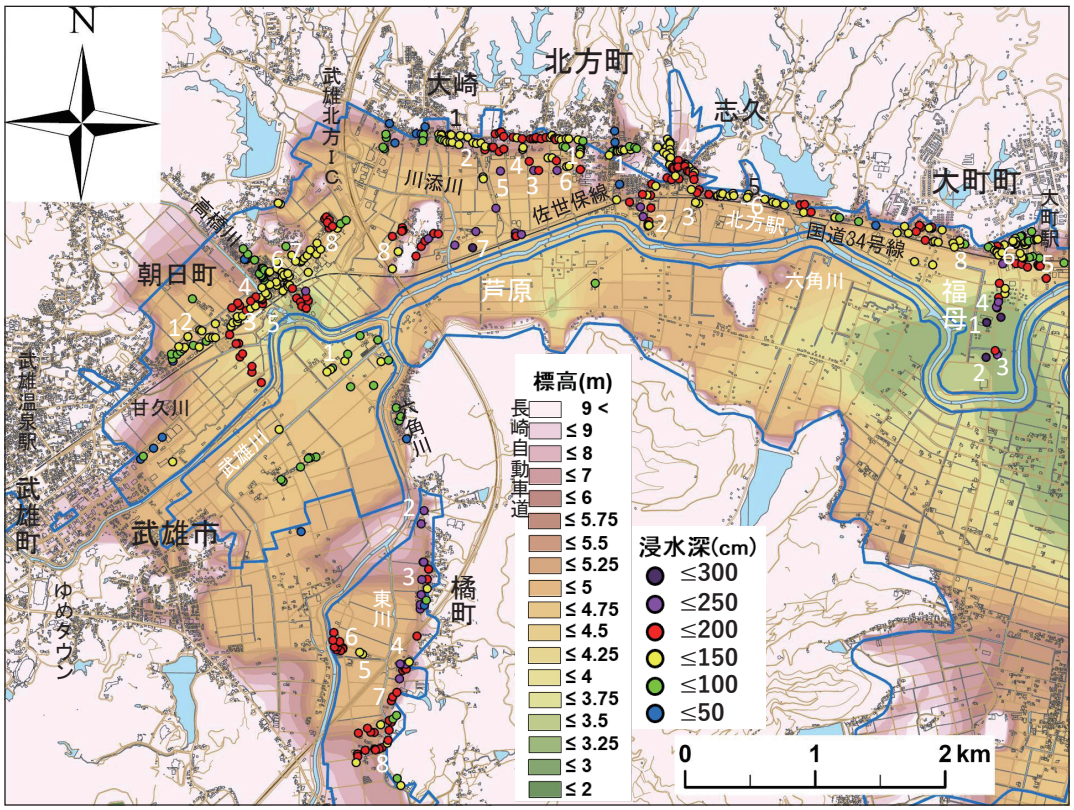


図 9　六角川流域における標高図と筆者らによる現地での浸水痕跡調査から作成した浸水深（cm），武雄河川事務所による浸水推定エリア（武雄河川事務所，2021c）

壊62棟，半壊773棟，床上浸水67棟，床下浸水345棟の計1,247棟に及んでおり，大町町でも半壊200棟，床上浸水27棟，床下浸水92棟の計319棟となっている。その一方で，六角川下流の白石町の住家被害は525棟であるが，半壊は24棟，床上浸水は31棟に止まり，約90％は床下浸水（470棟）の被害となっている。同様に佐賀市で発生した内水氾濫による405棟の住宅被害でも，82％は床下浸水（332棟）に止まっている。佐賀県全体では3,418棟の住宅被害に見舞われており，全壊・大規模半壊・半壊の総数が1,088棟で全体の1/3を占め，一部損壊や床上浸水を含めると被害の40％にも及んでおり，被害程度が甚大であったことが伺える。

2019年は被害を受けた住宅は県全体で6,060棟に達するが，内水氾濫により被害を受けた佐賀市の2,908棟を除くと3,152棟となり，今回（2021年）の被害棟数（佐賀市を除くと2,986棟）とほぼ一致している。2019年は床下浸水が71.1％であるが佐賀市を除くと57.7％となり，2021年の佐賀市を除いた比率（56.6％）とほぼ同率であることがわかる。その一方で，大町町は佐賀鉄工所からの油の流失に伴い，全壊79棟・大規模半壊71棟・半壊４棟の計154棟で被害全体の88％にも達し，武雄市でも全壊２棟と少ないものの，大規模半壊34棟・半壊712棟の計748棟と被害全体の半数強にも及んでおり，この２市町で被害が甚大であったことがわかる。なお，ここには示していないが，2019年の人的被害（死者３名，重傷３名）に対して，今回の洪水による人的被害は軽傷者４名に止まっており，住家被害に対して人的被害が少ないのが特徴の一つに挙げられる。

表 4 には，2021年秋雨前線豪雨による佐賀県内

表３　2021年と2019年の秋雨前線による住宅被害の状況（2021年は2021年12月22日９時00分現在，2019年は2020年３月11日８時30分現在）（佐賀県，2020・2021）

市町	全壊（棟）	大規模半壊（棟）	半壊（棟）	一部損壊（棟）	床上浸水（棟）	床下浸水（棟）	計（棟）
2021年被害							
佐賀市			2	3	68	332	405
唐津市				2	2	1	5
鳥栖市			2		6	4	12
多久市			3		3	37	43
伊万里市				1		2	3
武雄市		62	773		67	345	1,247
鹿島市				1		21	22
小城市			7		36	408	451
嬉野市	3	3	5	4	9	22	46
神埼市	2		1	1	6	45	55
上峰町						11	11
みやき町			1	1	7	82	91
玄海町					4		4
大町町			200		27	92	319
江北町					5	172	177
白石町			24		31	470	525
太良町				1		1	2
計	5	65	1,018	14	271	2,045	3,418
（比率％）	0.1	1.9	29.8	0.4	7.9	59.8	100.0
2019年被害							
佐賀市	3		2	4	407	2,492	2,908
多久市		1	29	1	41	128	200
武雄市	2	34	712	14	202	332	1,296
小城市	2		8	3	70	560	643
大町町	79	71	4		18	131	303
江北町			1		9	167	177
白石町	1				20	443	464
その他		1	3	2	6	57	69
計	87	107	759	24	773	4,310	6,060
（比率％）	1.4	1.8	12.5	0.4	12.8	71.1	100.0

の文教施設，農林水産関係，公共土木施設，商工，その他の公共施設，医療・福祉関係，保育所等の被害状況（12月22日９時00分現在）を示した（佐賀県，2021）。被害額は，農林水産関係被害が207億円，商工被害が90億円，公共土木施設被害が83億円の順で，全体で387億円にも達している。山本ら（2020）は2019（令和元）年の秋雨前線豪雨による被害額が333億円，1990（平成２）年の梅雨前線豪雨による被害額が590億円に上ったと報告しており，2021年は1990年の被害には及ばないものの，２年前の2019年の被害額を超える甚大な水害であったことが伺える。ただし，2019年の被害額は，大町町の佐賀鉄工所で発生した油流失事故のよる被害を含んでおり，両年を比較することは出来ない。農林水産関係や公共土木施設の被害は2019年を上回っているが，商工被害は2019年の130億円を40億円も下回っており，水害の経験に基づいた止水板や防水壁の設置，室外機やキュービクル（特別高圧施設）の嵩上げ，地盤の嵩上げ等のハード面の水害対策や工業原材料や商品，生産機械器具類の移動による水害回避等が，被害額を減少させた要因の一つであることが，現地での踏査調査やヒアリング調査からも示唆される。

表 4　2021年秋雨前線豪雨による佐賀県内の文教施設，農林水産関係，公共土木施設，商工，その他の公共施設，医療・福祉関係，保育所等の被害状況（12月22日 9 時00分現在）（佐賀県，2021）

1．文教施設被害		約9400.4万円
公立小学校	5 箇所	2303万円
中学校	1 箇所	200万円
高等学校	1 箇所	160.6万円
私立幼稚園	1 箇所	300万円
私立大学	1 箇所	6436.8万円
2．農林水産関係被害		約207億3400万円
農畜産物	5,520ha 他	約33億3000万円
農業用施設・機械	33件他	約15億4100万円
農地や農道等の土地改良施設	2,511箇所	約110億5200万円
林地・林道	577箇所	約48億200万円
水産関係	9,850尾	900万円
漁港施設（土砂堆積）・農地海岸（漂流ゴミ）	21,718 m^2	−[1)]
3．公共土木施設被害		約82億5930万円
道路（決壊，崩壊）	194箇所	約33億3280万円
河川（堤防，護岸決壊）	219箇所	約49億230万円
砂防設備（急傾斜，堤防，護岸決壊）	1 箇所	約1980万円
公園施設	1 箇所	440万円
4．商工被害		約90億2008.4万円
工業原材料，商品	209件	約20億7165万円
生産機械器具類	350件	約64億2282.7万円
その他	103件	約 6 億3029.7万円
5．その他の公共施設		
庁舎	1 箇所	−[1)]
公民館	5 箇所	−[1)]
自然公園	1 箇所	−[1)]
6．医療・福祉関係の被害		約 5 億7239万円
民間の病院・診療所・歯科診療	16箇所	金額調査中
高齢者施設	8 箇所	約 4 億1589万円
障害者施設	12箇所	約 1 億450万円
地域共生ステーション	2 箇所	約5200万円
公共土木施設以外の崖崩れ	1 件	−[1)]
7．保育所等の被害		約2564.8万円
保育所	1 箇所	約270.6万円
小規模事業所	2 箇所	約1734.6万円
児童養護施設	1 箇所	約559.6万円
合計		約387億542.6万円

1）資料に金額の記載なし。

7．洪水災害の実態

筆者らは，2021年 8 月14日に発生した六角川の洪水災害の直後から，4 回（8 月20日～21日，8 月26日～28日，10月 2 日～ 3 日，10月16～17日）にわたり現地調査を実施した。ここでは，武雄市（朝日町，橘町），北方町（武雄市（旧北方町）），大町町の 4 か所について，洪水災害の実態について述べる。なお，武雄市役所では2019年 8 月の秋雨前線豪雨による浸水被害を後世に伝承することを目的に「実績浸水深」を電柱等に掲示している。ここでは，この「実績浸水深」や筆者らが2019年水害の際に実測した浸水痕跡高のデータを用いて，両年の比較や地域的特徴についても言及する。

7. 1　武雄市朝日町

空中写真１は武雄市の朝日町付近を中心に北から国際航業株式会社が災害翌日の８月15日に撮影した空中写真を，**写真１**には筆者らが現地調査時に撮影した被害写真（８月20日・28日，10月16日撮影）を示した。県道24号沿線では氾濫流の痕跡が確認でき，国道34号の武雄バイパスやJR佐世保線，武雄川と六角川に挟まれた水田等では，被災から１日を過ぎても浸水が継続していることがわかる。また，国道34号の武雄バイパスや県道24号沿いのアクロスプラザ武雄やメリーランド武雄などの大規模商業施設，自動車学校付近も氾濫流の泥流痕跡が確認できる。

県道24号に面した大規模商業施設「メリーランド武雄」では，2019年の水害で甚大な浸水被害を受けた教訓から店舗の出入口に最高170 cmの止水板を設け，空調機の室外機や特別高圧のキュービクル等の嵩上げ（最高300 cm）などの水害対策をはじめ，高さ190 cmのコンクリート製の防水壁を建屋の周囲に設ける店舗（**写真１**[2]）も認められている。しかし，今回の水害では**写真１**[1]に示した店舗では泥流が押し寄せて店舗正面のガラスを破損させたことで，洪水流が店内の一部に流れ込み浸水する被害が生じ，浸水深は最高120 cmに達している。消防署員が火災発生時に建物内に入り消火活動を迅速に行うため，消防法では店舗におけるガラスの厚さが制限されているが，消防法に触れない範囲での水害対策が必要と考えられる。また，店内に設けられたトイレや排水設備を通じて下水道から汚水や雨水が逆流して店舗内に流れ込んだとの指摘もあり，逆流防止を考慮した浸水対策が求められる（国土交通省住宅局建築指導課・経済産業省産業保安グループ電力安全課，2020）。**写真１**[1]の商業施設では，2019年にも筆者らの現地調査で110 cmの浸水深（写真中に白色の数字で記載。以下同様）が確認されており，今回の浸水は２年前の浸水とほぼ同程度の深さであった（山本ら，2020）。

空中写真１　武雄市朝日町付近における浸水被害の状況（国際航業株式会社，2021，筆者らが地名等を加筆。数字は**写真１**（[1]～[8]），**写真２**（[1]～[8]）と一致）

写真1　武雄市朝日町における浸水被害の状況（白色の数字（cm）は2019年の浸水実績深）

県道24号沿いのJR佐世保線の高橋駅の向かいに立地する店舗では，**写真１**[3]に示したように140 cmの浸水に見舞われ，営業の再開に向けた清掃等が行われており，店舗の奥に位置する住宅でも135 cmの浸水が認められている。**写真１**[4]に示した同じ街区内の住宅では115 cmの嵩上げを行って住宅を設けているが，地盤高158 cmに浸水痕跡が確認でき，床上浸水の被害に見舞われている。**写真１**[5]は武雄川と支流の高橋川が合流する地点に整備された高橋排水機場（国土交通省所管）を示しており，建物の玄関には２年前の2019年８月28日の水害時の浸水深78 cm，さらに今回の浸水深67 cmがテープで記されており，両年は同程度の浸水深であったことがわかる。**図５**で前掲したように，８月14日の豪雨時には六角川や支流の武雄川の水位が上昇したことから，両川へ排水するポンプが幾度となく停止し，これにより堤内地に滞留した雨水が排水できずに内水氾濫が生じる結果となった。

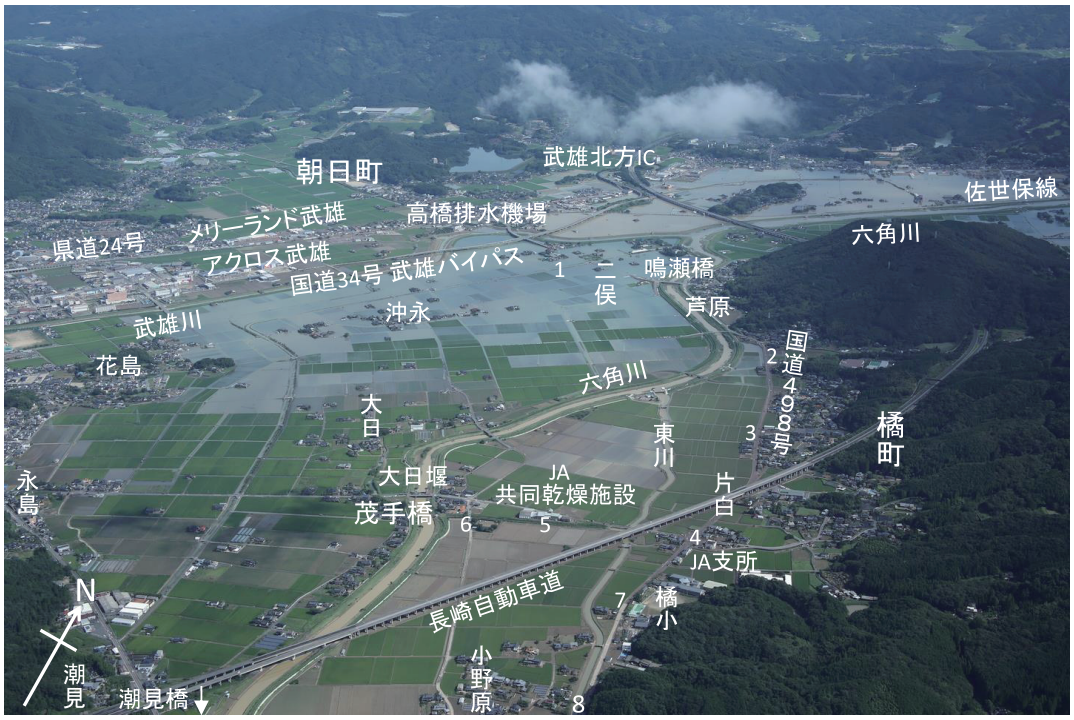
写真は省略するが，県道24号と国道498号の交差点（鳴瀬分道）に立地する店舗に併設する住宅では，玄関や垣根に110 cmの浸水痕跡が確認でき，近隣する137 cmの実績浸水深をやや下回る浸水深となっている。鳴瀬分道の北西に位置する高橋七番組集会所（写真は省略）では地盤高128 cmに浸水痕跡が確認でき，近隣には118 cmの実績浸水深が認められる。ここから北西一帯は江戸時代には高橋宿と呼ばれ，長崎街道の宿場町として栄えたエリアである。**写真１**[6]には，長崎街道沿いに立地する「桑原家住宅」の主屋の被害状況を示した。本住宅は明治15（1882）年に建設された木造２階建，瓦葺の建物で，国登録有形文化財・建造物に指定されている（文化庁，2021）。室内には１m強の高さに浸水痕跡が認められ，通りを隔てた郵便局には106 cmの実績浸水深が記されており，２年前のほぼ同程度の浸水深で，災害ボランティアにより泥のかき出しや床板の撤去が行われていた。桑原佐恵子氏へのヒアリング調査では，「昔から高橋に大水が来ないと梅雨は明けないと言われており，これまでも雨の度に大変だったが，畳の上まで水が来たのは平成２（1990）年の時以来」と述べられており，本地区は水害の常襲地であり，住民により伝承されてきたことがわかる。

町内の高橋恵比寿神社前には実績浸水深105 cmが掲示されており，近接する児童館には地盤高78 cmに浸水痕跡が確認できる（写真は省略）。鳴瀬分道の北側の長崎街道と県道34号に挟まれた箇所に立地する妙輪寺では，納骨堂に130 cm，掲示板に125 cmの浸水痕跡が認められており，この一帯は100 cm前後の浸水深であったものと推察される（写真は省略）。

鉄工所の建物が立ち並ぶ一帯では，**写真１**[7]のように77 cmの嵩上げをした土地に建てられた鉄工所の研修施設において，玄関の扉に今回の浸水深（149 cm）と2019年の浸水深（112 cm）の目印が貼られており，２年前の水害を37 cm上回る浸水深であったことが伺える。武雄北方IC西側の県道34号の北西に位置する街区では，**写真１**[8]に示したように２度の水害に見舞われた水害常襲地であることから，浸水被害を軽減することを目的に平屋の住宅を約２mも家上げする工事（10月16日時点）が行われており，道路を隔てた住宅ではこの地域で最高の160 cmの浸水痕跡が確認できる。

7.2　武雄市橘町

空中写真２には国土地理院が８月15日に撮影した武雄市橘町の空中写真を，**写真２**には筆者らが現地調査時に撮影した被害写真（８月20日・26日撮影）を示した。六角川の両岸に位置する橘町は東に杵島山がそびえ，山裾を南北に国道498号が通り，六角川との間の低平地には支流の東川が南北に流れ水田地帯が広がっている。**写真２**[1]に示した二俣地区の二俣公民館は85 cmの嵩上げがされているが地盤高121 cmに浸水痕跡が確認でき，近隣の2019年の実績浸水深55 cmを大きく上回っている。国道498号を隔てた高齢者介護施設（2006年２月開設）も120 cmの浸水深に見舞われている。北東に位置する農家では，1990（平成２）年の水害では150 cmの浸水深であったが，2019年は20 cm，今回の水害では65 cmと，平成２年の水



空中写真２　武雄市橘町付近における浸水被害の状況（国土地理院，2021，筆者らが地名等を加筆。数字は**写真２**（1〜8）と一致）

害よりは浸水深が低いが，２年前の2019年水害よりは深刻な被害であったと証言している。

橘町片白地区の国道498号沿いの店舗には210 cmの高さに浸水痕跡が確認でき，近接する2019年の実績浸水深（190 cm）を20 cm上回っている（**写真２**2）。店舗から南に500 m離れた民間会社でも，**写真２**3に示したように国道に面した垣根に225 cmの浸水痕跡が認められ，近傍の175 cmの実績浸水深より50 cmも高い浸水深で，敷地内の山側に位置する倉庫でも170 cmの高さまで浸水し，産業用機材が大きな被害を受けている。さらに約700 m南のJAさがのみどり地区中央支所営農部前の交差点に位置する公衆電話ボックス（**写真２**4）には，高さ201 cmに浸水痕跡が認められ，近傍の135 mの実績浸水深よりも66 cmも高いことがわかる。中央支所前の交差点から六角川方面に立地する県道345号沿いの農協の共同乾燥施設では，**写真２**5に示したように建物に112 cmの浸水痕跡が確認でき，貯蔵庫に保管されていた玄米60 kg入りの米袋が3,000袋も浸水して廃棄せざるを得ない状況となっている。六角川に架かる茂手橋右岸の近傍の県道345号の交差点横に立地する倉庫でも200 cmの浸水に見舞われ，２年前の浸水深の113 cmを87 cmも上回り（**写真２**6），近傍の幼稚園でも180 cmの浸水被害に見舞われて，開園のための復旧作業に追われていた。

中央支所前の交差点からさらに南に位置する国道498号に面した橘小学校の植栽には，**写真２**7に示したように高さ177 cmに浸水痕跡が認められ，2019年の水害では校舎まで達していなかった浸水被害が，今回は校舎の玄関にも氾濫流が押し寄せたと学校関係者が証言している。さらに南方の小野原地区では，東川にかかる橋梁の西側に隣接するゴミ収集場では2019年水害の実績浸水深が80 cmであるのに対して，道路を挟んで北側の倉庫では今回の浸水深は176 cmにも及んでおり，２年前を１m近くも上回る甚大な浸水に見舞わ

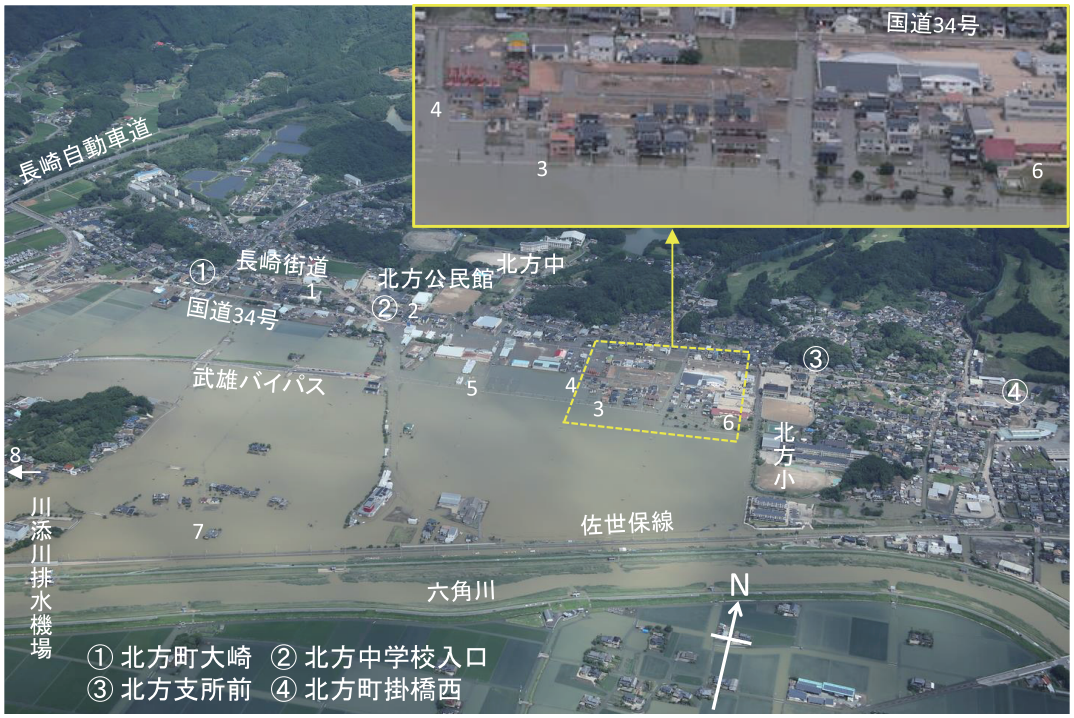
写真２　武雄市橘町における浸水被害の状況（白色の数字（cm）は2019年の浸水実績深）

れている（**写真 2** 8）。このように，橘町では200 cm を超える浸水深が確認されており，多くの地点で2019年の浸水を50～100 cm も超えていたことが明らかになった。

7. 3　北方町（大崎・志久）

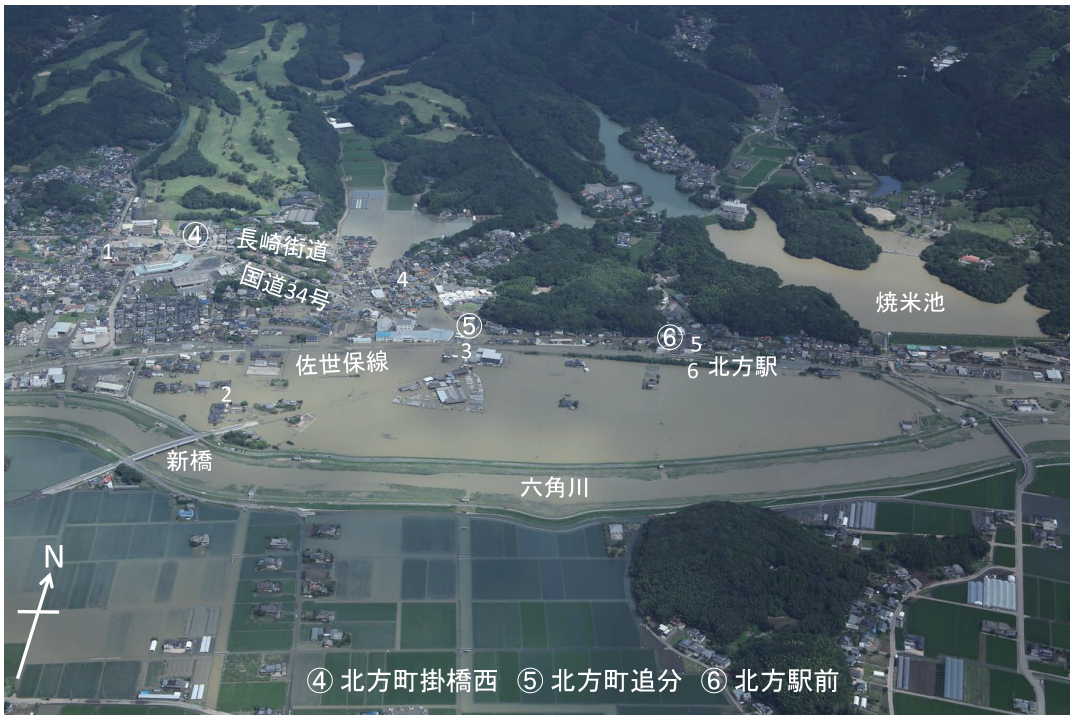
空中写真 3 ・ **4** には国土地理院が 8 月15日に撮影した武雄市の空中写真を，**写真 3** ・ **4** には筆者らが現地調査時に撮影した被害写真（8 月21日・27日・28日撮影）を示した。**空中写真 3** は南側から北方町（2006年に武雄市に合併。本報告では武雄市と分けて記載）の西部（武雄北方 IC 側）を撮影したもので，六角川・佐世保線と国道34号・長崎街道に挟まれたエリアが，水害発生の翌日の15日になっても浸水していることがわかる。**空中写真 4** は**空中写真 3** の東側に当たり，山側に位置する焼米池などのため池が満水状態にあることが見て取れる。**写真 3** 1 は長崎街道沿いの集合住宅を示しており，高さ145 cm に浸水痕跡が確認でき，標高差により浸水深は異なるものの，近隣の長崎街道では 1 m 強から 2 m 弱の浸水深に見舞われている。**写真 3** 2 は北方町を東西に走る国道34号に面した整骨院を示しており，128 cm の高さに浸水痕跡が認められ，国道沿いの店舗や工場等でもほぼ同程度の浸水被害に見舞われている。

国道34号では約50年前の1970年代から国道34号の沿線での商業施設等の開発が徐々に進み，近年は国道34号の渋滞を緩和する目的で南側に武雄バイパスの延伸工事が行われている（九州地方整備局，2018）。これにより利便性が向上し，バイパスが通る水田地帯の農地を転用した宅地等の開発が進んでいる。北方小学校の西側一帯では，学校寄りの水田から農地転用により徐々に街区が拡大し，**写真 3** 3 の戸建ての新築住宅では浸水痕跡が地盤高206 cm に認められており，街区内に設けられた実績浸水深も205 cm を示しており，2021年と2019年でほぼ同程度の浸水深であったことが伺える。この北側でも水田を約 1 m も嵩上げし



空中写真 3　北方町（武雄市）における浸水被害の状況（国土地理院，2021，筆者らが地名等を加筆。数字は**写真 3**（1～8）と一致）

写真３　北方町（武雄市）における浸水被害の状況（白色の数字（cm）は2019年の浸水実績深）



空中写真 4　北方町（武雄市）における浸水被害の状況（国土地理院，2021，筆者らが地名等を加筆。数字は**写真 4**（1〜6）と一致）

て住宅の建設が進められており，嵩上げした宅地に設けられた倉庫には地盤高199 cm の高さに浸水痕跡が確認されている（**写真 3** 4）。写真は省略するが，浸水の履歴を考慮して近隣の住宅では地盤から約1.7 m も嵩上げして建設中の住宅も認められており，今回の水害時にも建設途中の住宅が数多く確認できる。本街区から西側に位置する区画では，**写真 3** 5に示したように建設中の集合住宅（高基礎42 cm）で，浸水痕跡が玄関扉の上部の211 cm の高さに認められている。このように，このエリアは2019年も約 2 m の浸水被害に見舞われており，浸水履歴があるにもかかわらず，戸建て住宅や集合住宅の建設が進められていることがわかる。これらの住宅地と北方小学校に挟まれた箇所には，少子化等による園児の減少により2018年 3 月に閉園となった北方幼稚園を活用して，今回の水害に対応して災害ボランティアセンターが開設されている（**写真 3** 6）。60 cm 弱の盛土がされてはいるものの，125 cm に高さに浸水痕跡が確認できる。なお，8 月11日の時点（武雄市社会福祉協議会による開設は 8 月16日）で多くのボランティアが駆けつけ，その場で新型コロナウイルスの抗原検査を実施し，陰性となった方々がボランティア活動に参加していた（佐賀県社会福祉協議会，2021）。

六角川の北岸に位置する川添川排水機場に近接する集落では，**写真 3** 7に示すように高さ273 cm に浸水痕跡が確認できる。本集落は2019年の水害の際も 3 m を超える浸水深を記録しており，北方町内で最高の浸水深となっている。近傍の製菓工場でも工場内が浸水する被害に見舞われており，9 月 4 日まで操業が停止する影響を受けている（光武製菓株式会社，2021）。また工場の東側に位置する街区は，水田を転用して約10軒の住宅が建設されており，ここでも 2 m を超える浸水被害に見舞われている（写真は省略）。川添川排水機場より西側の久津具地区では，やや浸水深は低いものの，**写真 3** 8に示したように住宅地の外構に

写真４　北方町（武雄市）志久における浸水被害の状況（白色の数字（cm）は2019年の浸水実績深）

は高さ143 cm の浸水痕跡が確認され，2019年の浸水深111 cm を約30 cm 上回っている。

国道34号の掛橋交差点と交差する長崎街道付近では，**写真４**[1]の店舗で高さ116 cm の浸水深が認められ，六角川に架かる新橋の北川の街区では**写真４**[2]に示した浸水深212 cm と２m を超える浸水深に見舞われている。近くの工場では110 cm の高基礎をしているにもかかわらず，浸水被害に見舞われており，近傍の実績浸水深は148 cm で，2019年と同程度の浸水深であったことがわかる（**写真４**[3]）。国道34号の追分交差点（⑤）から北西に位置する長崎街道沿いの追分公

民館では，**写真 4** [4]に示したように157 cm の浸水痕跡が認められ，2019年の125 cm の浸水深を32 cm 上回り，この一帯も同程度の浸水深となっている。公民館と国道34号の中間に位置する食品工場（株式会社フランソワ，2021）でも135 cm の浸水痕跡が確認でき，工場での業務再開に向けての復旧が進められていた（写真は省略）。

写真 4 [5]は JR 北方駅前の住宅の浸水痕跡を示しており，145 cm と2019年の実績浸水深の125 cm を20 cm 上回っている。北方駅では，水害発生時に佐世保行の特急みどりが13日13時35分に到着したが，雨量が規定値を超えたため運転を取りやめ，その後の内水氾濫の発生により列車の床下が浸水（線路上から1.6 m）して運行不能となり，ホームに留置された状況となっている（**写真 4** [6]）。信号機を制御する機器室の建物も，大町駅，北方駅，高橋駅で浸水する被害を受けており，これらの区間では踏切施設の冠水や線路下の道床の流出も確認され，復旧作業が行われている。なお，写真が撮影された翌日の 8 月22日には復旧作業が完了して列車も牽引して移動され，翌23日には肥前山口－武雄温泉間の運転が再開されている（九州旅客鉄道株式会社，2021；佐賀新聞社，2021bc）。

7. 4　大町町

空中写真 5 には国際航業株式会社が 8 月15日に撮影した武雄市の空中写真を，**写真 5** には筆者らが現地調査時に撮影した被害写真（ 8 月21日撮影）を示した。**空中写真 5** では，国道34号以南の六角川が蛇行する福母地区の大部分が浸水しており，六角川の南側の小河川・水路，水田，宅地等にも内水氾濫による泥流の痕跡が確認できる。

写真 5 [1]に示した順天堂病院は，六角川が蛇行する福母地区の中央に建てられおり，1990（平成２）年の水害の実績に基づいて約130 cm の盛土を行って病院を建設し，1999年に竣工して開院されている。2019年の水害では病院棟では35～50 cm の浸水被害が生じ，電気系統を始め一部の診療機

空中写真 5　大町町における浸水被害の状況（国際航業株式会社，2021，筆者らが地名等を加筆。数字は**写真 5**（[1]～[8]）と一致）

写真５　大町町における浸水被害の状況（白色の数字（cm）は2019年の浸水実績深）

器が浸水する被害を受けた（山本ら，2020）。今回の水害ではこれを大きく上回り，止水板を設置するなどの対策を行っていたが，病院棟で約120 cmの浸水に見舞われている。病院の事務長は「今回は雨が降り続いて浸水は病棟内で1 mに達し，前回の水害とはまったく違った」と，筆者のヒアリングにおいて述べている。医療機器などは前回の水害と同様に被災したが，14日の2時過ぎには病院に隣接する介護老人保健施設へ入所者の「垂直避難」を決め，1階の入所者30人を2階に避難させ，安全が確保された（佐賀新聞社，2021a）。

写真5[2]には，病院の南側に立地する建築会社の倉庫の写真を示した。倉庫内の壁には高さ210 cm（地盤高270 cm）に浸水痕跡が確認でき，2019年の実績浸水深（207 cm）を60 cm以上も上回る被害に見舞われている。建設会社を営む牛島氏は，**写真5**[3]に示した近隣の下潟排水機場のポンプ操作の管理を委託されており，ポンプ場の建屋も1 mを超える浸水に見舞われ，六角川の水位（外水）と堤内地の水位（内水）がほぼ一致したことによりポンプによる排水を停止し，堤防を通じて避難したと証言している。

順天堂病院と国道34号・JR佐世保線の間に位置する下潟公民館も，**写真5**[4]に示したように252 cm（2019年は175 cm）の浸水痕跡が認められ，利用が出来ない状況となっており，道路を挟んだ東側に位置する消防団の格納庫（大町町消防団第二分団第六部）でも同様な浸水被害に見舞われている（写真は省略）。国道34号沿いに立地する**写真5**[5]に示した消防署（杵藤地区広域市町村圏組合武雄消防署大町分署）は，やや標高が高い位置に立地するため40 cmの浸水深に止まっているが，水浸した書類等の修復に追われていた。国道34号と長崎街道に挟まれた街区に位置する店舗（**写真5**[6]）では148 cmの浸水痕跡が認められており，街区内の店舗，住宅・倉庫，郵便局，銀行支店等にも同程度の浸水痕跡が確認できる。長崎街道沿いに立地する中島区公民分館（**写真5**[7]）でも135 cmの高さに浸水痕跡が確認でき，隣接する消防団の格納庫（大町町消防団第二分団第七部）も浸水被害に見舞われている。国道34号に面した高齢者介護施設では，**写真5**[8]に示したようにデイサービス用の福祉車両が浸水し，放置された状況となっており，施設内も甚大な浸水被害に見舞われて，10月5日現在も施設は閉鎖された状況となっている。なお，大町町の住家被害は，**表3**に示したように半壊200棟，床上浸水27棟，床下浸水92棟の計319棟となっており，2019年の被害棟303棟を上回っている。

7.5 2019年と2021年の水害における浸水深の比較

表5には，2019年と2021年の水害における浸水深（cm）の比較を示した。ここで，2019年の浸水深は筆者が2019年の水害調査時に測定した値，武雄市が市内に設置（掲示）した「実績浸水深」を地盤からの高さを筆者らが測定した値，建物管理者が浸水した建物に表示した浸水深である。

武雄市の朝日町では7か所で−27 cm～+37 cmの範囲であり，両年でほぼ同程度の浸水深に見舞われ，最高で150 cm程度の浸水深であったことがわかる。橘町では6か所のすべての地点で2019年の浸水深を上回り，最高で「**写真2**[8]ゴミ集積場」で+1 mに達し，浸水深も2 mを超える地点が多くを占め，2019年に比べてさらに甚大な浸水被害に見舞われていることがわかる。北方町（武雄市）も多くの地点で2019年の浸水深を20～30 cm上回っており，150 cm前後の浸水深となっている。大町町では，国道34号・JR佐世保線以南の六角川が蛇行した堤内地の福母地区において最高270 cmの浸水深に見舞われており，2019年よりも60～70 cm高い浸水被害となっている。

以上のように，武雄市の朝日町は2019年と2021年の両年でほぼ同程度の浸水深であったものの，武雄市の橘町・北方町，大町町の多くの地点では2019年を上回る浸水被害に見舞われていたことが明らかになった。

8．まとめ

今回の洪水災害において，筆者らが収集した降水・水位・被害データの解析，筆者らの現地での

表５　2019年と2021年の水害における浸水深（cm）の比較

住所			写真番号	名称・施設	2019年浸水深[1)]（cm）	比較	2021年浸水深（cm）
武雄市	朝日町	甘久	**写真１** 1	大型商業施設	110[2)]	＋10	120
		〃	**写真１** 3	店舗	162	－22	140
	〃	〃	**写真１** 5	高橋排水機場	78[3)]	－11	67
	〃	高橋	（写真省略）	集会所	118	＋10	128
		〃	**写真１** 6	桑原家住宅	108	－2	106
	〃	〃	（写真省略）	児童館	105	－27	78
	〃	南上滝	**写真１** 7	研修施設	112[3)]	＋37	149
	橘町	二俣	**写真２** 1	公民館	55	＋66	121
	〃	片白	**写真２** 2	店舗	190	＋20	210
	〃	〃	**写真２** 3	会社	175	＋50	225
	〃	南片白	**写真２** 4	公衆電話	135	＋66	201
	〃	〃	**写真２** 6	倉庫	113	＋87	200
	〃	小野原	**写真２** 8	ゴミ集積場	80	＋96	176
北方町	大崎	高野	**写真３** 3	倉庫	205	－20	185
		久津具	**写真３** 7	住宅	268	＋5	273
	〃	〃	**写真３** 8	住宅	111	＋32	143
	〃	〃	（写真省略）	住宅	157	－3	154
	志久	追分	**写真４** 3	工場	148	－15	133
	〃	〃	**写真４** 4	公民館	125	＋32	157
	〃	〃	**写真４** 5	住宅	125	＋20	145
大町町	福母		**写真５** 1	病院	180[2)]	＋72	252
	〃		**写真５** 2	建設会社	207[4)]	＋63	270
	〃		**写真５** 4	公民館	175[2)]	＋77	252

1）武雄市が設置した実績浸水深のプレートより算出。
2）筆者が2019年の水害の現地調査により測定した実績浸水深。
3）2019年の浸水深を独自に表示。
4）建設会社におけるヒアリングによる2019年の浸水深。

浸水痕跡調査・ヒアリング調査，2019年の実績浸水深との比較等によって，主に以下の内容が明らかになった。

①８月11～14日の積算降水量では，長崎県の東彼杵から佐賀県の杵藤・伊西地区，さらに福岡県の筑紫山地（背振山地）へと東西の帯状に豪雨域が確認できた。また，長崎県の島原地方から有明海を越えて，福岡県と熊本県の県境付近にも豪雨域が出現しており，南北に２つの豪雨域が認められた。六角川上流から南に約５km離れた嬉野アメダスの14日の日降水量は439.5 mmで，再現期間（リターンピリオド）は約600年と非常に稀な降水現象であった。

②六角川に架かる武雄市内の潮見橋の水位は降水のピークに連動して水位が上昇し，氾濫危険水位の3.10 mを14日の１時半頃に，計画高水位の4.00 mを３時前に越え，７時には最高水位の4.85 mを観測し，計画高水位の4.00 mを６時間半も越えた。六角川の高水位により，排水機場における排水ポンプの運転調整が７か所で延べ８時間30分にも及び，これにより堤内地に溜まった雨水が六角川に排水されずに滞留し，内水氾濫を引き起す結果となった。

③六角川の洪水被害は武雄市と大町町に集中し，武雄市では大規模な内水氾濫により大規模半壊62棟，半壊773棟，床上浸水67棟，床下浸水345棟の計1,247棟に及んでおり，大町町でも半壊200棟，床上浸水27棟，床下浸水92棟の計319棟となった。佐賀県内の秋雨前線豪雨による被害額は387億円に上り，２年前の2019年の被害額である333億円を上回った。

④武雄市の朝日町では最高で約150 cmの浸水

深を観測し，2019年水害とほぼ同程度の深さであったが，橘町では200 cmを超える浸水深となった地点が多くを占め，2019年の浸水深を最高で1 mも上回った。北方町でも2019年の浸水深を20～30 cm上回っており，150 cm前後の浸水深であった。大町町でも六角川が蛇行した堤内地の福母地区では，最高270 cmの浸水深に見舞われており，2019年よりも60～70 cm高い浸水深であった。

以上のように，現地調査を実施した武雄市や大町町は，２年前の2019年８月にも大規模な浸水被害にも見舞われており，被害の軽減に向けた治水対策として，遊水地等の洪水調節施設の整備，洪水が円滑に流れやすい河道の整備，河道内の土砂掘削による洪水流下断面の拡大により河川水位を低下させる取り組みを行うとともに，施設規模を上回る洪水に対する取り組みとして堤防天端の保護や堤防裏法尻の補強などの緊急管理型ハード対策の実施が進められてきた最中で発生した水害であった（武雄河川事務所他，2019）。

2019年水害で被災した住民へのヒアリング調査から「被災直後に住宅の修繕を行って終わった矢先に，また水害に見舞われた。また修繕してこの場所に住むかどうか迷っている」，「店舗が２度の水害に見舞われており，この改修が最後で，また水害に見舞われたら移転か廃業する」などの意見が数多く寄せられており，住民にも水害に対する不安が積み重なっていることが強く感じられた。

2019年の洪水災害を契機に，六角川水系の牛津川では中流の小城市池上地区において遊水地（面積：約90 ha，貯水量：約250万 m^3）の整備が河川激甚災害対策特別緊急事業「六角川水系緊急治水対策プロジェクト」（武雄河川事務所，2019）において計画されており，住民との協議が進められている（山本ら，2022）。一方，六角川上流には矢筈ダム（総貯水容量：139万 m^3）が既設されているが，比較的短期間で実施が可能とされる遊水地や田んぼダムの整備による貯水量を高める取り組みを，農家や地域住民等の理解を得て実施することにより，水害常襲地における防災・減災対策に繋がるものと期待される。

謝辞

本調査研究では，気象庁の地上天気図，降水量データ等，高知大学気象情報頁の気象衛星「ひまわり」の赤外画像，防災科学技術研究所の雨量の再現期間（リターンピリオド）の分布図，国土交通省，福岡県，佐賀県，長崎県，熊本県，大分県，武雄市，杵藤地区広域市町村圏組合消防本部等からは，雨量，河川水位，被害状況のデータ，2019年水害の実績浸水深のデータ等を使用させて頂いた。また，国立研究開発法人土木研究所の「アメダス 確率雨量計算プログラム」，国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所の各種資料，国土地理院の「地理院地図」，国土交通省の「川の防災情報」，「重ねるハザードマップ」等を使用させて頂いた。さらに，国際航業株式会社からは災害発生時に撮影された空中写真の転載のご許可を頂いた。本調査研究は，（公財）鹿島学術振興財団および（公財）大林財団の研究助成金，自然災害研究協議会の調査研究費により実施した成果の一部である。ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献

文化庁：桑原家住宅主屋，国指定文化財等データベース，2021. https://kunishitei.bunka.go.jp/heritage/detail/101/00004869（2021年12月10日）.

土木学会水工学委員会令和元年８月佐賀豪災害調査団：令和元年８月佐賀豪災害調査報告書，213p., 2020.

福岡管区気象台：災害時気象資料，８月11日から19日にかけての九州・山口県の大雨について，176p., 2021. https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20210820_kyushu.pdf（2021年８月21日）.

福岡県県土整備部河川管理課：福岡県総合防災情報，2021. http://doboku-bousai.pref.fukuoka.lg.jp/gis/info/top/menu（2021年12月10日）.

株式会社フランソワ：集中豪雨による商品製造休止のお知らせ（2021年８月15日），2021. https://corporate.francois.co.jp/information/info-08-15-2021/（2021年８月16日）.

気象庁：防災情報（天気図，指定河川洪水予報と洪水害の危険度），2021a. https://www.jma.go.jp/bosai/weather_map/（2021年８月19日）.

気象庁：令和３年８月の記録的な大雨の特徴とその要因について，16p.，2021b. https://www.jma.

go.jp/jma/press/2109/13a/kentoukai20210913.html（2021年９月14日）.
高知大学：高知大学気象情報頁（保存書庫），2021. http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/gms.fareast/（2021年８月19日）.
国土地理院：治水地形分類図について，2021. https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/fc_index.html（2021年８月19日）.
国土技術研究センター：水文統計ユーティリティー，2021. https://www.jice.or.jp/tech/software/rivers/hydrology（2021年８月19日）.
国土交通省：川の防災情報，2021. https://www.river.go.jp/index（2021年８月19日）.
国土交通省住宅局建築指導課・経済産業省産業保安グループ電力安全課：建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン，65p.，2020. https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/001348131.pdf（2021年８月19日）.
国立研究開発法人防災科学技術研究所：大雨の稀さ情報，2021. https://midoplat.bosai.go.jp/web/3p-rainrp/index.html（2021年８月15日）.
九州地方整備局：国道34号 武雄バイパス（平成29年度 第４回 事業評価監視委員会），2018. http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/s_top/jigyo-hyoka/171222/shiryou2_34_takeobaipasu.pdf（2021 年 10月５日）.
九州地方整備局：令和３年８月前線に伴う大雨について（第３報），45p.，2021. http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/n-kisyahappyou/r3/21092402.pdf（2021年９月24日）.
九州旅客鉄道株式会社：８月11日からの大雨による当社の被災状況について，３p.，2021. https://www.jrkyushu.co.jp/news/__icsFiles/afieldfile/2021/08/19/210819_8gatsu_hisai.pdf（2021年８月19日）.
光武製菓株式会社：大雨による工場操業停止のご連絡（2021年８月16日），2021. https://www.mitsutake.co.jp/view/news/20210816173054（2021年８月16日）.
長崎県土木部河川課・砂防課：長崎県河川砂防情報システム，2021. http://www.kasen-sabo.pref.nagasaki.jp/nagasaki/main/index.php（2021年８月19日）.
大町町：2021年８月11日からの大雨に関する防災情報，2021. http://town.omachi.saga.jp/2021811.html#jump（2021年10月15日）.
佐賀地方気象台：災害時気象資料，８月11日から19日にかけての佐賀県の大雨について，35p.，2021a.
佐賀地方気象台：災害時気象資料別添，８月11日から19日にかけての佐賀県の大雨について，29p.，2021b.
佐賀県：令和元年佐賀豪雨（８月27日からの大雨）による被害状況等（令和２年３月11日８時30分現在），2020. http://www.pref.saga.lg.jp/bousai/kiji00370893/index.html（2021年12月26日）.
佐賀県：８月11日からの大雨による被害状況等，12月22日９時00分現在，2021. https://www.pref.saga.lg.jp/bousai/kiji00381950/index.html（2021年12月26日）.
佐賀県県土整備部河川砂防課：すい防くん，2021. http://kasen.pref.saga.lg.jp/gispub/info/top/menu（2021年８月16日）.
佐賀県社会福祉協議会：武雄市災害ボランティアセンター（佐賀県災害ボランティア情報），2021. https://www.sagakenvc.com/takeo/（2021 年 ９月30日）.
佐賀新聞社：順天堂病院，再び一時孤立　最大床上１メートル浸水（佐賀新聞 LIVE，８月17日配信），2021a. https://www.saga-s.co.jp/articles/-/725474（2021年８月20日）.
佐賀新聞社：佐賀2021大雨 JR 肥前山口－武雄温泉は８月23日運転再開（佐賀新聞 LIVE，８月20日12：35配信），2021b. https://www.saga-s.co.jp/articles/-/727218（2021年８月20日）.
佐賀新聞社：８月23日始発から佐世保線「肥前山口－武雄温泉」を運転再開（佐賀新聞 LIVE，８月23日10：06配信），2021c. https://news.yahoo.co.jp/articles/42c7e6a99582a2f6995d6b543b7cd8e869afce2a（2021年８月23日）.
消防庁災害対策室：令和３年８月11日からの大雨による被害及び消防機関等の対応状況（第16報，８月24日８時30分現在），４p.，2021. https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/7d9ea27be383138ff524e709c3378825af57c186.pdf（2021年８月24日）.
武雄河川事務所：洪水浸水想定区域等（六角川（H28）），2016.
武雄河川事務所：六角川水系緊急治水対策プロジェクト 最終とりまとめ（2019年12月20日），2019. http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/prepare_bousai/gensaitaisakukyougikai/gensaikyougikai4.html（2021年12月21日）.
武雄河川事務所：令和３年８月14日出水の六角川水

系ポンプ運転調整実績について，2021a．http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/site_files/file/office/topics/R3/R3.8untenchousei.pdf（2021年８月30日）．
武雄河川事務所：六角川水系河川整備基本方針，2021b．http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/rokkakugawa/seibihoushin/index.html（2021年12月10日）．
武雄河川事務所：六角川水系流域治水プロジェクト 第１回 六角川水系流域治水協議会 会議資料，35p.，2021c．http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/site_files/file/ryuuiki-chisui-rokkaku/3_kaigishiryou.pdf（2021年12月24日）．
武雄市：災害状況（令和３年８月23日），５p.，2021．https://www-city-takeo-lg-jp.cache.yimg.jp/warning/uploads/20210823houdou.pdf（2021年８月23日）．
山本晴彦・大谷有紀・渡邉祐香・兼光直樹・宮川雄太・坂本京子・岩谷潔：2019年秋雨前線豪雨の特徴と佐賀県で発生した洪水災害の概要，自然災害科学，Vol.39，No.3，pp.253-281，2020.
山本晴彦・辻本ひかり・兼光直樹：小城市池上地区における遊水地整備に関する住民意識調査，農業農村工学会誌，Vol.90，No.6，pp.11-14，2022.
矢野大輔・山本晴彦・肖航・岩谷潔・高山成・吉越恆・兼石篤志・原田陽子：降水量データベースの構築に基づく降水特性の解析，大分県および広島県を事例として，時間学研究，Vol.3，pp.73-83，2009.

（投 稿 受 理：2021年12月24日
訂正稿受理：2022年３月６日）

要　旨

2021年８月11日～14日に秋雨前線が停滞して雨が断続的に降り続き，最大値は1,000 mmを越え，長崎県の東彼杵から福岡県の筑後地方の東西方向に豪雨域が認められた。嬉野アメダスの14日の日降水量は439.5 mmで，リターンピリオドは約600年で非常に稀な降水現象であった。六角川の潮見橋の水位は，計画高水位の4.00 mを14日３時前に越え，７時には最高水位の4.85 mに達し，計画高水位を６時間半も越えた。高水位により，７か所の排水ポンプ場では延べ８時間30分にわたり運転調整が実施され，堤内地に溜まった雨水が六角川に排水出来ずに内水氾濫が発生した。武雄市の朝日町では最高で約150 cmの浸水深を観測し，2019年水害とほぼ同程度の深さであったが，橘町では200 cmを超える浸水深となった地点が多くを占め，2019年の浸水深を最高で１mも上回った。北方町や大町町でも，2019年を上回る浸水深が認められた。