

## 甲突川の治水史・流域特性の変化と五石橋\*

The history of prevention of flooding of the Kotsuki river, the changes in the characteristics of the catchment area and the five stone-masonry bridges

牟田神宗征\*\*, 奥田 朗\*\*\*, 吉原 進\*\*\*\*

By MUTAGAMI Muneyuki, OKUDA Akira, YOSIHARA Susumu

### ABSTRACT

This paper investigates the history of flooding and flood prevention measures concerning The Kotsuki river from the end of Edo period to the present. The construction of stone-masonry bridges in the Satsuma province, the development of downtown area and the associated flood prevention measures are discussed. The possible reasons for the overflow of the Kotsuki river during the heavy rains of August 1993 and for the collapse of stone-masonry bridges are presented. The general problems of flood prevention measures for the present-day urbanization are also considered.

#### 1. はじめに

1993(平成5)年鹿児島地方は、エルニーニョ現象の影響で、鹿児島気象台観測史上、第一位の年間雨量4,022ミリの長期異常気象にみまわれ、県内各地で大きな災害を受けた。

なかでも、県都鹿児島市を流れる甲突川は、8月6日夕刻、市街部で溢水氾濫して、約12,000戸が浸水し、ライフラインの途絶など戦後最大の水害をもたらした。(8・6水害)

本文は、甲突川に関する江戸末期から現代に至る治水史・洪水史を調査し、薩摩藩における石橋の架設など城下町づくりと治水対策を考察すると共に、8・6豪雨による甲突川の出水分析と石橋流失の原因について述べ、今日の都市化に対応するための治水対策における、文化遺産の保護・保存についての諸問題点を考察するものである。

#### 2. 治水史

##### (1) 江戸時代

甲突川は、古書に江月川、あるいは神月川とも書

かれたことがあり、約2万4千前の始良カルデラの火山活動の噴出物及びこれの侵食により、下流にデルタ地帯を形成し、薩摩藩島津家の城下町の構成・発展に大きな影響を与えてきている。

「鹿児島県維新前土木史」<sup>1)</sup>や「鹿児島市史」<sup>2)</sup>の記録によれば、それまでの甲突川は、新上橋付近から城下町を左折して、若宮掘(現在の西本願寺別院の西側)を経て、海に注いでいた。当時は、洪水が付近一帯に氾濫していたようである。

その後、しだいに河道が南側に移り、文禄(1590年代)以前には、現在の清滝川を甲突川が流れていた。

慶長7年(1602年)鶴丸城を築いた頃から、城下の発展に対応して、河道はさらに南方(右岸側)へ移り、現在の河道となったと記述されている。

##### (2) 天保の河川改修と石橋の架設<sup>1)</sup>

当時の甲突川は河川が屈曲し、堤防の凹凸が多く、河床に土砂がたまり、洪水の疎流が悪く、また人口の増加で、寄洲(干寄地)が居住者の宅地に蚕食さ

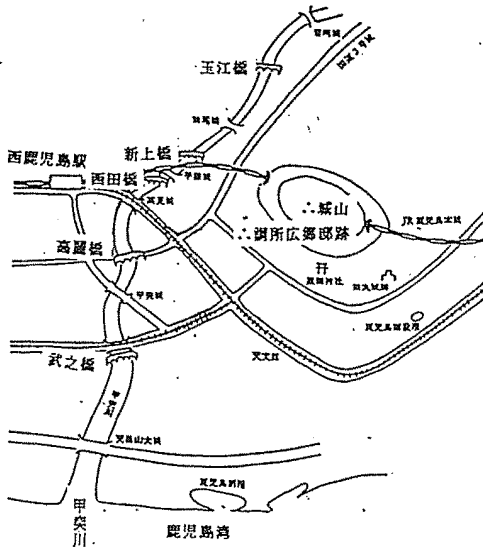
\*Keyword: 治水史, 8・6水害, 石橋

\*\* 正会員 鹿児島県土木部河川課(〒890-77 鹿児島市鴨池新町10-1),

\*\*\* 正会員 (財)先端建設技術センター(前鹿児島県土木部長),

\*\*\*\* 正会員 工博 鹿児島大学教授

れ、河状が次第に悪化し、洪水の度に堤防から溢れて氾濫し、城下が泥海と化していたと記録されている。



図一 甲突川と五石橋の位置図

このため、左岸の城下町の洪水対策として、1842(天保13)年頃新上橋から下流2.6km(24町)について、河幅を一定尺度の45m(150尺)~72m(240尺)で拡幅し、堤防高3m(10尺)と護岸を整備し、河道浚渫などの天保の甲突川改修を行っている。

この浚渫工事は、莫大な土量になるため、河口部を先に浚渫して、上流の土砂は、水勢にて自然流下する方法を用い、河口で鋤簾を用い小船に積んで、河口右岸に積み上げた。これが現在の天保山地区となっている。ここにはその後天保山砲台が作られ、薩英戦争(1863年)の時に英艦と砲撃を交えている。

当時の治水上の工夫としては、城下町側への洪水防御のために、上流から洪水の氾濫流下を防止する目的で、城下の上手左岸の地形の高い場所(新上橋付近)を山付堤に利用し、新上橋上流は川幅を一定区間だけ7m~8m狭くし、かつ、右岸側の堤防を15cm(5寸)から30cm(1尺)低くして、右岸や上流に氾濫させる手法であったと考えられる。

このため、右岸の住民は家々に小船を用意していたようである(大正時代までであったとされている。)

また、上流での開墾は許可を得ることと植林を行

うことを藩で定めていた<sup>1)</sup>。

この時代の城下は、人口約6万人程度であったと鹿児島市史<sup>2)</sup>では推定しており、現在の53万人の1/9程度であり、さらに、左岸の宅地と右岸の農地の土地利用が明確に分離され、治水対策を考慮した街づくりとなっていたと考えられる。

薩摩藩の500万両もの藩債処分と合わせて250万両に及ぶ蓄財を成し遂げた天保の財政改革の成果を受けて、藩内の道路・橋梁やかんがい施設整備の一環として、甲突川改修と5橋もの大規模な橋梁を架設する土木事業が実施された<sup>3)</sup>。(甲突川五石橋)

この土木事業の主任技術者として、肥後藩(熊本)から岩永三五郎を招聘し、県内に多くの土木施設を整備した<sup>3)</sup>。

### (3) 明治以降から8.6 水害前の治水対策

明治以降の土木事業は<sup>4)</sup>、幹線道路整備に重点が置かれた、他に水路にかかる石橋の撤去修繕、また、お堀(俊寛堀等)埋立等が行われ、甲突川では、橋の補修整備が主に進められた。

甲突川では、橋の補修整備が主に進められた。

1892(明治25)年には新照院下流の3ヶ村で、甲突川の堤防を修繕する工事が行われた。

また上流小山田町には、1898(明治31)年に水力発電所が建設されている。1914(大正3)年の桜島爆発による、市内への影響が大きく、その復旧対策が主であった。

大正時代の甲突川は大規模な事業はなく、人口の集中、鉄道の建設等に伴う交通網の整備が必要となったことから、高見橋架橋が主たるものであった。1917(大正6)年、甲突川に水害が発生したことから市内の水路整備を行っている。

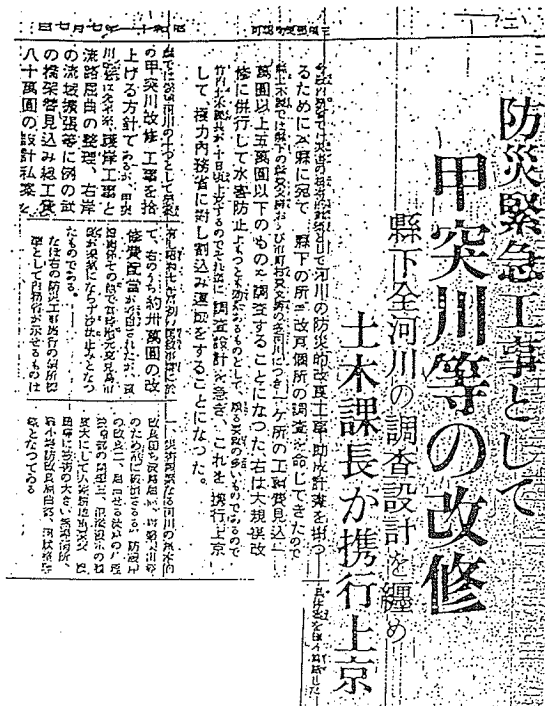
1913(大正2)年に鉄道が武駅(現西鹿児島駅)まで延びた。この鉄道は、城山トンネルを出て、西田本通りを過ぎる所までは、市内唯一の高架橋である。これは、よく浸水する西田、鷹師町(右岸)の排水を考えた結果と考えられる。

1936(昭和11)年には<sup>5)</sup>、家屋1万戸が浸水する水害をうけている。

この被災前の1932(昭和7)年から、甲突川改修及び武之橋(最下流の石橋)の架換について、県が国政事業として国へ要望しようとして、鹿児島

市と協議を行ったが、負担関係で市側が乗気でなかったと新聞報道<sup>6)</sup>されている。

記事一 1936年(昭和11年7月7日) 鹿児島新聞



戦後は、1949年(昭和24年)、1952年(昭和27年)に氾濫の記事があるが、特別な治水事業はなく、河床の寄州除去や護岸の復旧等が失業対策事業として実施されており、河川の管理に支障とならないよう維持が行われていた。

1969年(昭和44年6月)の梅雨前線による豪雨で支川幸加木川が氾濫し、本川甲突川は、堤防一杯まで上昇する洪水があったため、住民の安全を確保するうえから、この洪水を契機として、甲突川の抜本改修を実施する必要が起こった。

計画の基本としては、従来、氾濫源であった右岸の原良・西田・荒田地区の都市化の進展を考慮して、兩岸の堤防高は同じにする。また、沿川はすでに建物が建ち街づくりがなされていることから拡幅は必要最小限として、河床の掘り下げや堤防の高上げで流下能力を向上させることとした。

甲突川のそれまでの流下能力は、300 $\text{m}^3/\text{s}$ 程度であり、現在の人口や資産の状況では、年超過確率1/100年の1,000 $\text{m}^3/\text{s}$ の治水対策が必要な河川と考えられ、1970(昭和45)年に現在の河道を最大限

利用して700 $\text{m}^3/\text{s}$ を流し、300 $\text{m}^3/\text{s}$ は上流のダム・遊水池・放水路で処理する基本高水計画案を策定した。

改修工事は、被害の大きかった支川幸加木川の改修を1970(昭和45)年より実施しながら、文化遺産である五石橋の取扱について、論議を重ねてきた。

1977(昭和52)年には、協議機関として、鹿児島市長を会長とする「鹿児島市都市河川改修協議会」を設置し、治水と文化遺産の取扱について協議を続けてきた。

1981(昭和56)年からは、本川の工事に着手したが、これは根入が浅く、老朽化している既設護岸の積替えや右岸側の堤防が低くなっている区間を左岸と同高にするものであった。

この工事の整備水準は、400 $\text{m}^3/\text{s}$ を確保するもので、1992(平成4)年までに、全長約9kmのうち30%程度の整備が進んでいた。

(4) 8・6水害後の治水対策

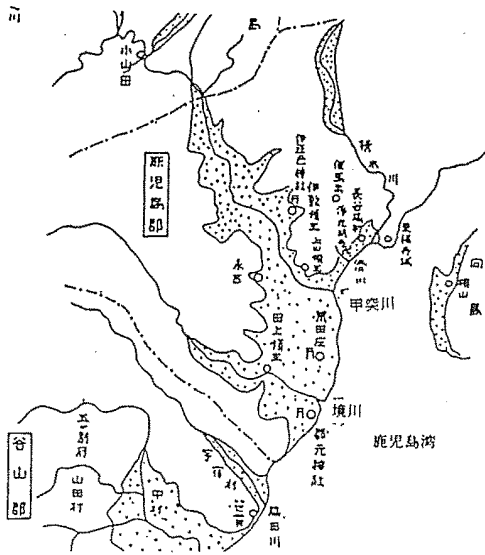
治水対策として、再度の災害を緊急、確実に防止することが強くもめられ、河床の2m掘り下げを基本とした河道改修方式で、700 $\text{m}^3/\text{s}$ の流下能力を確保する計画とした。流失を免れた3つの石橋は橋脚の間隔が狭く、根入れの浅いことから、現地で保存するには、今後の洪水で流出する懸念があり、移設して保存する方法を選択した。

3 洪水史<sup>1)、2)</sup>

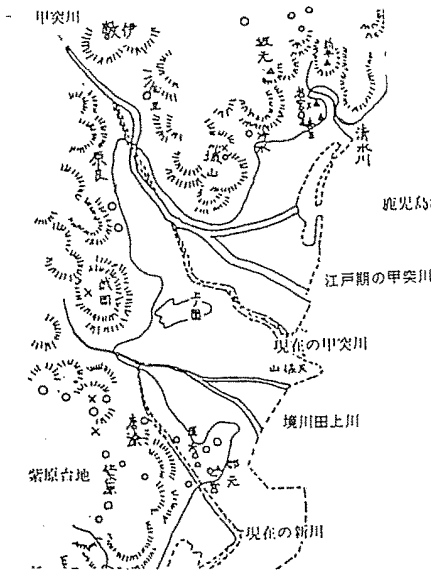
甲突川は、1602(慶長7)年鶴丸城築城に伴い内堀の機能を有していた事から右岸側の水田部への氾濫が多かった。また、右岸側は水田の他、湿地帯、沼地状態になっており、田上川、境川が流入していた<sup>3)</sup>。

1806(文化3)年に甲突川上流の伊敷村に石井手井堰を築き右岸の、西田・武町へと用水を供給するとともに新田開発に努めた。この時に、荒田方面に流れていた田上川を付け替えて新川とし、新田開発400町歩を開発した。

その後、1849年(弘化・嘉永年間)に甲突川五大石橋が完成すると氾濫水は右岸の西田等に集まることになった。



図一 中世（南北朝時代）の鹿児島<sup>3)</sup>



図一 甲突川と新川（境川・田上川）の変遷<sup>3)</sup>

甲突川の氾濫に関する古い記録は少なく、薩摩藩小史料には1838（天保9）年四月十七日、左岸の加治屋町から樋之口方面にかけて浸水する洪水のあった記述しか見当たらない。

明治以降の甲突川の水害に関する公式な記録はなく、新聞記事をまとめると以下のとおりである。

明治以降の甲突川の水害に関する公式な記録はなく、新聞記事をまとめると以下のとおりである。

表一 明治以降の甲突川流域の主要水害史<sup>10)</sup>

洪水発生年月日	降雨の状況		主な被害状況 (新聞報道)
	日雨量	既往順	
1898 (昭和31.7.5)	206.6	13回	西田町氾濫馬場 薬師馬場 高麗町浸水
1917 (大正6.6.16)	305.7	1回	甲突川氾濫 濁水全市に流る 西田町、薬師町、薬師町、 草牟田町浸水。山之口通り浸水 1時間に1坪1石(5.5ミリ)の雨
※ 1919 (大正8.6.15)	216.9	7回	草牟田町、新照院浸水水深5尺 薬師町床上浸水 氾濫救援に軍隊200人出動
1928 (昭和3.6.21)	255.0	4回	空前の豪雨 1時間56mmの豪雨、西田橋被害 甲突川増水4尺、浸水家屋763戸
1936 (昭和11.7.23)	233.8	6回	甲突川稀有の大氾濫、浸水家屋1万戸 床上浸水300戸
1949 (昭和24.6.28)	238.3	5回	塩屋町付近が氾濫 市内中央部を除き一面泥水の街と化す
※ 1952 (昭和27.6.8)	206.8	12回	甲突川の増水にともなう浸水 市内約1千戸が床上浸水
1969 (昭和44.6.30)	200.5	15回	支川幸加木川氾濫 甲突川は市道高まで増水
1989 (平成1.7.28)	257.5	3回	市街部局地豪雨
※ 1993 (平成5.8.6)	259.5	2回	甲突川氾濫、市内424ha、11,586戸浸水 武之橋、新上橋流失 郡山町役場で時間雨量99.5ミリ 日雨量384ミリ

※印は、エルニーニョ年、他に1941(昭和16)年 215ミリ計4回

このように、降雨時期、降雨パターンによって異なるが、日雨量200ミリを越えると被害が発生しており、1883（明治16）年以降、日雨量200ミリを越えたのは15回、最近では1969（昭和44）年6月29日に200.5ミリを記録し、西田橋上流及び新上橋上流は、堤防天端一杯まで増水した。この時は、上流部での降雨が、比較的少なかったためかろうじて危機を脱したが、7月5日には、再度増水し、一部浸水が発生している。

また、1988（昭和63）年7月16日には、甲突川上流に強い雨（道路公団鹿児島料金所で時間最大95ミリ、連続221ミリ）が降り、支川山崎川が氾濫し、甲突川については、新上橋上流で、市道高まで（パラペット有）、高麗橋上流で、右岸の堤防高まで水位が上昇している。

1989（平成元）年7月28日には、台風11号により鹿児島気象台で日雨量257ミリの降雨が

あったが、甲突川流域としては強いものでなく、伊敷ニュータウンの土砂流出災害など局地的なものであった。

また、1901年以降のエル・ニーニョ現象は、26回発生しており、この時に200ミリ以上の降雨を記録したものは1993年を含めて4回である。

とくに既往1位の1917年（大正6年）洪水の年は、ラ・ニーニャ現象の年であった。いずれにしても鹿児島県は、梅雨期の前線豪雨による自然災害を受けやすい地理的・気象的条件下にあると言える。

表一2 鹿児島県内地域別確率日雨量（ミリ）

地域	県央	薩摩半島	大隅半島	屋久島	
観測所	鹿児島市	加世田市	鹿屋市	上屋久町	
年超過確率	1/10	209	217	249	378
	1/30	249	276	315	480
	1/50	266	303	346	528
	1/100	290	341	388	594

8・6水害と名付けられた甲突川の氾濫の特徴は上流の郡山町では、日雨量384ミリのうち時間雨量99.5ミリ、2時間雨量184ミリ、3時間雨量223ミリと短時間に激しい集中豪雨のため、甲突川の水位は、2時間で3m以上も上昇する急激なものであった。

このため、新上橋から上流は6kmに亘り溢水し、国道などの道路を流下して市街部へ流れ込み、ビルの地下室の水没など被害を大きくした。

とくに橋梁の径間が短い橋や、桁下の低い阻害度の大きい、石橋や歩道橋には、上流からの多量の流木等の流下物が掛かり、洪水を兩岸へ溢れさせた。

痕跡水位は、石橋の新上橋・玉江橋上流では堤防より1.5mまで上昇し、石橋の高欄を越流するほどの激しい洪水であった。<sup>7)</sup>

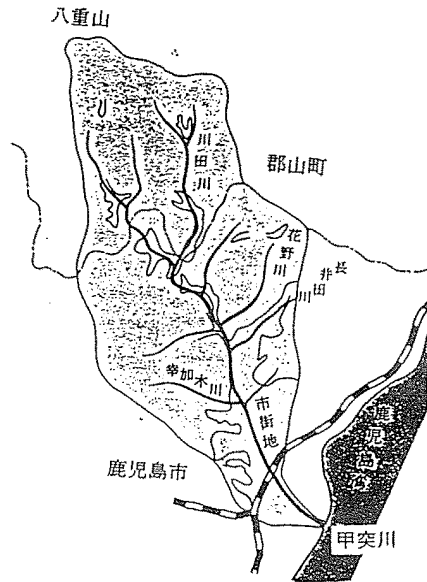
8・6豪雨の流量は、6雨量観測所の雨量や水位記録を用いて、貯留関数法でピーク流量を700m<sup>3</sup>/sと算定した。検証として2箇所河川部分や道路の被災水位から、断面流量を求めたものと一致し

<sup>7)</sup> 妥当なものと判断した。

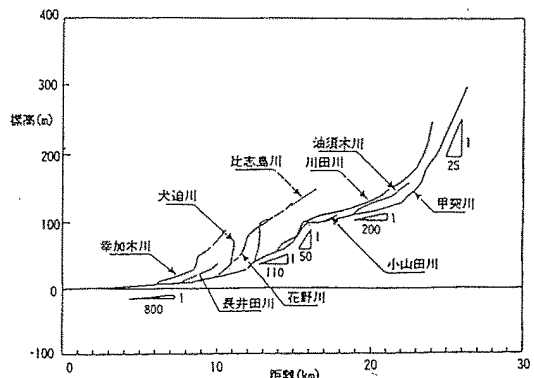
#### 4. 甲突川の流域特性と変化

甲突川は、流域面積106km<sup>2</sup>、流路延長24kmで鹿児島県下では10番目の大きさを有する河川である。その源は一級河川内川水系との分水嶺になっている標高676m八重山に発し、途中標高10

0m～200mのシラス台地を流下して、10支川を合流して鹿児島市のほぼ中心を流れ、鹿児島湾に注いでおり、流域内の人口は一市一町約17万人が居住する都市河川である。



図一4 甲突川流域図



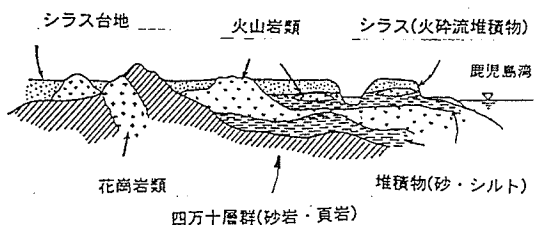
図一5 甲突川水系河川縦断面図

流域の地質は<sup>12)</sup>、基盤部が第4紀の堆積層や火砕流堆積物、新第三紀の火山岩類や白亜紀の四万十層群からなり、その上部に2万4千年ほど以前の始良カルデラ（鹿児島湾奥部）からの度重なる火砕流による溶結凝灰岩や非溶結のシラスが50m～100m厚く覆われている。

このシラスは粒径が小さく、軽くて雨水に侵食さ

れやすく、水を含むと流動化しやすい。このため治水対策を行う上からは、河川へ堆積しやすく、反面河床洗堀を受けやすい等困難な地点となっている。

下流の市街地部の地層は鹿児島地盤図によれば、シラス沖積層の厚さが30m～50m、N値5～20で、地震による液状化の可能性がある地層と分類されている。



図一六 鹿児島市附近の地質概念図<sup>12)</sup>

流域の現在における土地利用は山林65%、田畑8%、宅地27%で、山林が多いのはシラス台地のため、水田になる平地が少ないことによるものである。市街化率は地方中核都市の一般的な値と言える。

土地利用の変化は、表一三、図一七に示すとおり、昭和40年代の高度成長時代による産業構造の変化で、県都鹿児島市への人口集中により市街化が高まっている。

最近では鹿児島市の開発可能地の減少や地価の高騰で、人口53万人でほぼ横ばいとなっており、流域の都市化の伸びは低くなっている。

河川の水質は良好<sup>13)</sup>で、岩崎橋まではA類型で、この間の河頭地区等では、日最大11万トン（市民30万人分の生活用水に相当）の上水を取水している。

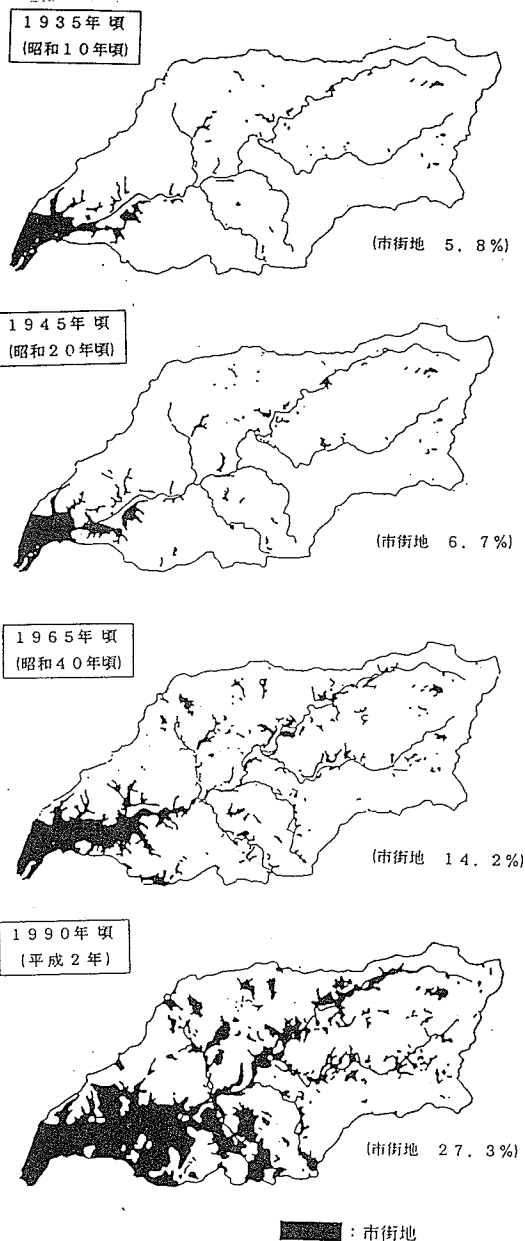
また、河口から岩崎橋まではC類型となっている。

この理由としては、山林が多く、上流の郡山町の人口は、8,000人程度に加え、中流から下流部の鹿児島市の下水道整備率が95%と高いことにある。

河川環境については河床材料がシラスで単調な面はあるが、水質の条件が良いことから、激特事業では自然の石を用いるなど、自然型川づくりを積極的に進めて生物の生棲環境を広げ、住民が憩える川を目ざして河川の整備を進めている。

表一三 甲突川流域の市街地の変化

年 代	1935年 S10年頃	1945年 S20年頃	1965年 S40年頃	1980年 S55年頃	1990年 H2年頃
面積 (km <sup>2</sup> )	6.2	7.1	15.1	22.5	29.0
比率 (%)	5.8	6.7	14.2	21.2	27.3

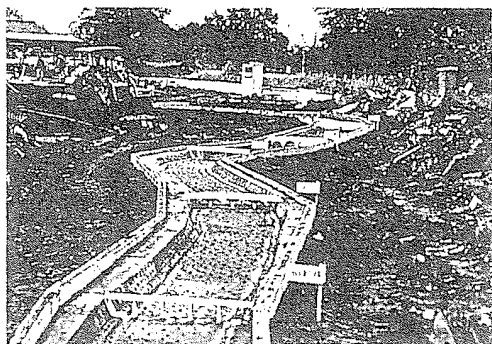


図一七 市街地の経年変化図

1981(昭和56)から年1983(昭和58)年に甲突川と五石橋の水理特性を把握するために、水理模型実験を行った。

河口から四つの石橋を含め新上橋上流までの延長4.1kmを、縮尺1/30及び1/40の河川模型を製作して水理特性の実験を行った。

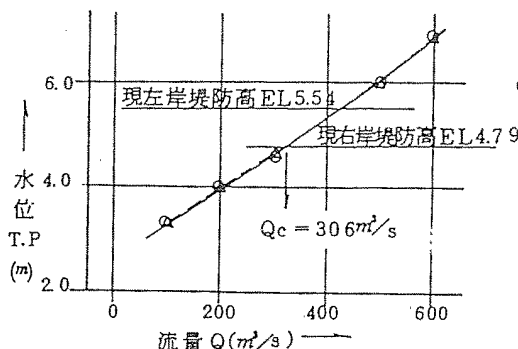
実験は、フルードの相似則により縮率を決め、粗度は0.03として、モルタルの固定床で行なった。



写真一 甲突川水理模型状況

### (1) 流下能力

満潮時における現況流下能力は、西田橋右岸堤防満杯で約300m<sup>3</sup>/sで、不等流計算結果とほぼ一致する水面形であった。



図一 西田橋附近の限界流量図 (2k750m)

### (2) 石橋の水位のせき上げ

石橋による水位のせき上げ高は、300m<sup>3</sup>/sで8cm~47cm、500m<sup>3</sup>/sで38cm~76cmと大きくなり、新上橋では橋面を越流した。

表一 石橋ピアによるせき上げ高さ

橋名	流量			備 考
	300m <sup>3</sup> /S	400m <sup>3</sup> /S	500m <sup>3</sup> /S	
新上橋	47	61	(76)	500m <sup>3</sup> /Sの場合、橋路面を越流
西田橋	8	27	45	
高麗橋	22	35	38	

単位: cm

### (3) 流下物実験

木材や自動車などの長大流下物の実験では、洪水時に石造橋のアーチ部が閉塞され、上流の水位上昇により溢水する現象が見られた。

とくに、流木や自動車などは、浮いて流下して下ることから、アーチ橋では流下断面の小さい上側に掛かりやすいことが分かった。

### (4) 河床変動

河床変動については、流量150、300、400、500m<sup>3</sup>/sについて、厚さ4mに相当する砂河床の洗掘状況を観測した。400m<sup>3</sup>/s以上になると流失した新上橋、武之橋では下流で4m、西田橋、高麗橋では、2.8m~3.2mの洗掘が生じた。これは、洪水がアーチ内部をオリフィスとして、射流状に流れたことによるものと推定される。

### (5) 水理模型実験での考察

甲突川の河川特性等を把握するために行った模型寸法100mにもおよぶ実験は、当時としては大規模なものであった。

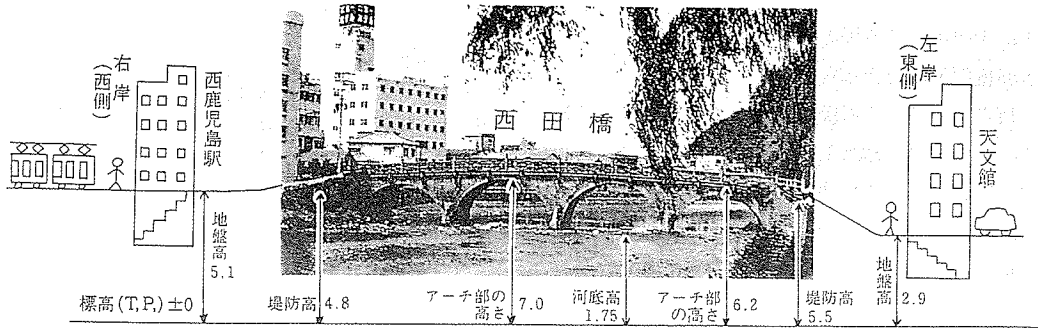
まず、流下能力は、右岸側300m<sup>3</sup>/s、左岸側420m<sup>3</sup>/s程度であり、その後の治水工事を考慮しても、右岸へ溢水させる治水計画が推定される。

また、甲突五橋は、沖積平野の平地での長大橋であったため、アーチを4連ないし、5連にして、路面勾配を緩やかにしていると考えられる。

洪水時の流下物対策としてアーチのクラウン部まで洪水が上昇しないよう、堤防高に比べ路面高を高く設定し、水位が上昇した場合、まず右岸へ、次に左岸へ溢水させ、洪水時に流下物の掛かりを防ぐよう工夫がされていると考えられる。(図一9)

流下物の規模・品目の選定にあたっては、1982(昭和57)年の長崎大水害を参考にして、流下物は自動車や住宅の角材を流して実験を行った。

甲突川は山地面積が65%と広いことから、流木の実験も必要であったと考えている。



図一 九 甲突川・西田橋と市街地との高さ (T P)

河床変動については、上流からの土砂の連続供給を行えば、もっと洗掘深は小さくなったと考えるが、石橋のアーチ部の乱流作用によって下流が大きく洗掘されることが確認でき、一応の成果は得られたと考える。

また、石橋上下流の水位差は表一五に示すように、300 m<sup>3</sup>/sでは0.4 m~1.0 m、500 m<sup>3</sup>/sでは0.8 m~1.7 mにもおよび、長時間このような状態が続けば、石橋敷石の洗堀や浸透圧による浮力となつて作用し石橋流失の危険が認められた。

表一五 石橋アーチ部の流量別水位表差・流速<sup>15)</sup>

石橋名	Q = 300 m <sup>3</sup> /s		Q = 500 m <sup>3</sup> /s	
	水位差	流速	水位差	流速
※ 新上橋	0.36	5.4	0.88	7.0
西田橋	0.50	3.8	0.76	4.4
高麗橋	0.65	3.9	1.07	4.6
※ 武之橋	1.04	4.7	1.67	6.2

※流失橋、単位、水位：m、流速は下流側 m/s

一般部の最大流速は、3 m/s以下であった。

水理模型実験は、1983年(昭和58年)まで行い、現地保存のための分水路の実験も行った。

この件については、別件で発表したい。

## 6. 石橋流失の原因

8・6豪雨で、甲突川五石橋のうち最下流に架かり、江戸時代以前では日本一長い武之橋(橋長71 m)が、同日午後8時11分頃に、また、最初に架けられた新上橋(橋長47 m)が午後9時頃流失した。

最上流に架けられた玉江橋や西田橋及び高麗橋は

流失を免れた。

ここでは、甲突川五石橋の2橋の流失原因と3橋の洪水に耐えた理由について、被災の状況、水理解析さらに解体調査の状況に基づき考察を行う。

### (1) 新上橋の流出原因

(1845年築、市道)(下流から4橋目離3k304m)

新上橋上流での河道洪水量は、水位が堤防より1.0~1.5 m高く、540 m<sup>3</sup>/s程度であったが、石橋の阻害に加え、流下物が掛ったことなどにより160 m<sup>3</sup>/sを市街地へ溢れさせ、下流ではほぼ堤防満杯の380 m<sup>3</sup>/sと推定された。

流失の原因は、橋面を越える洪水の水圧や浮力の作用など石橋部に複雑な力が生じ、河床の敷石が上流側から流出し、根入の浅い橋脚が洗掘され、8月6日午後9時頃、中央2径間が流失した。

崩壊の引き金となつて、これが直上流にある5径間の歩道橋2橋(昭和橋、原良橋)が流失し、ここに掛っていた流木等が、新上橋に激しく衝突したため、「ドーン」という音と共に流失したとの住民の証言もある。

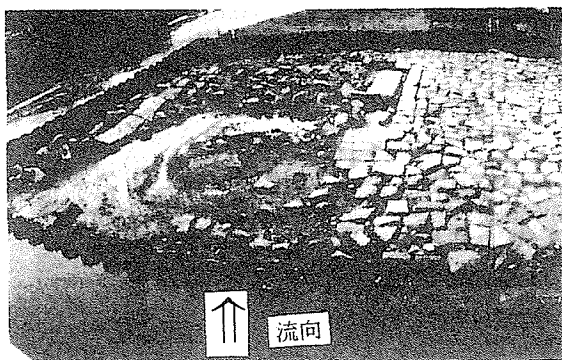
水理模型実験では、毎秒500 m<sup>3</sup>/sの流量では、橋面を越流し、アーチ部はオリフィスとなり、射流現象が生じ、上下流の水位差は0.9 mになった。

また、被災後の状況は、上流側から敷石が流失しており、敷石の間から土砂が吸い出され沈下しているところもあった。

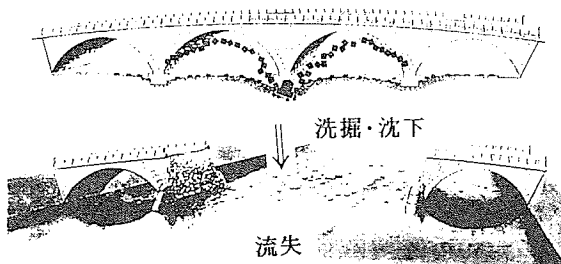
さらに、新上橋の解体調査では、橋脚、敷石中央及び下流部には、はしご胴木を施工して、個々の敷石(重量100 kg程度)の流失を防ぐ配慮がなされていたが、上流側にはこれがなく、洪水の作用



や浸透水圧で敷石が流失し、根入の浅い橋脚が洗堀を受け崩壊したものと考えられる。



写真一 新上橋の中央径間上流側からの敷石の流失状況

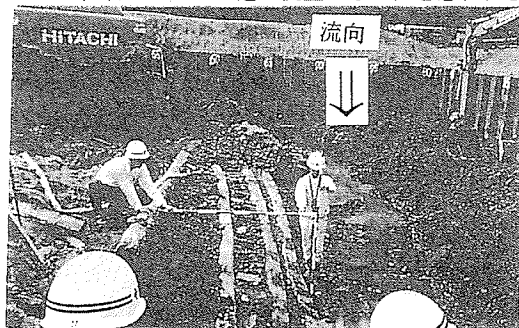


図一 新上橋流失の状況想像図

## (2) 武之橋の流失原因

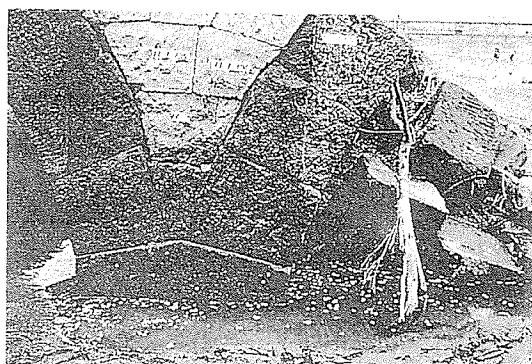
(1848年架設, 市道, 歩道橋) (最下流, 距離1k323m)

武之橋は、ほかの四石橋と異なり、甲突川の屈曲部の下流に架かっていた。河道の洪水量は、上流で溢れたため380m<sup>3</sup>/sであったが、上流部で左岸に溢水したおよそ160m<sup>3</sup>/sが左岸市街地を流下し、J R西鹿児島駅前を經由して、武之橋のすぐ上流の高麗水路付近から、甲突川に流入し、本川流量と合わさって、約500m<sup>3</sup>/s近い流量になったと思われる。



写真一 武之橋の橋脚の洗堀沈下状況

さらに、石橋上流の川成りが大きな屈曲部であったため、本川の流れと、高麗水路付近からの、氾濫戻りの流れがぶつかり合い、きわめて複雑な流れになったと考えられる。このため河床の張石が洗掘され根入の浅い橋脚は不安定なものとなり、8月6日午後8時11分頃中央から順次流失し、屈曲部の内側にあたる左岸の1径間を残して江戸時代の架橋のもので日本一長かった武之橋は145年の歴史をとじた。

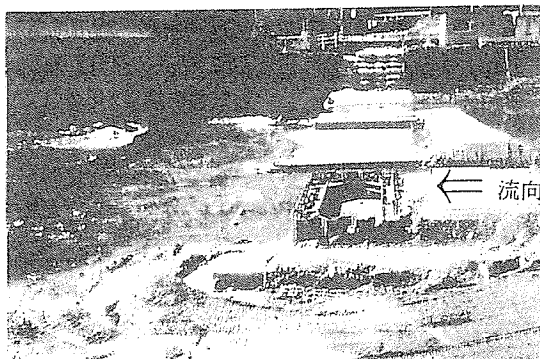


写真一 武之橋左岸の橋脚と敷石の洗掘状況

## (3) 玉江橋が流失を免れた理由

(1849年架設, 市道) (最上流, 距離5k371m)

一方、最上流の玉江橋は、架設時上下流同じ河床高であっただろうが、現在は0.8mもの落差が生じており、1966(昭和41)年の敷石等の被災原因は河床低下によるものと推定される。

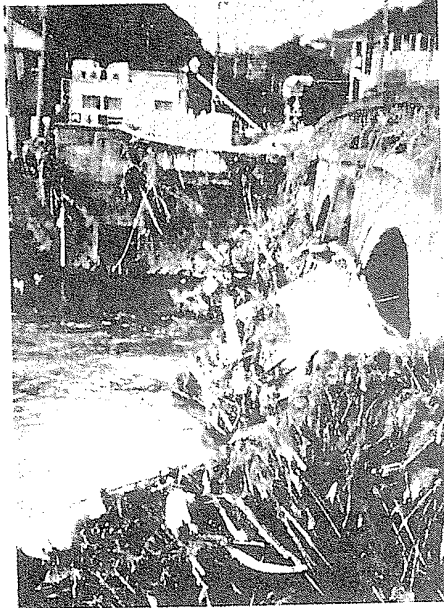


写真一 玉江橋の河床落差とコンクリート敷石状況

最上流にある玉江橋は洪水で多量の流下物が掛り、水位も橋面を1mも越える激しいものであった。そのため、橋体に変状が生じたが、流失は免れた。

玉江橋が洪水に耐えた理由としては、1966（昭和41）年に石橋の下流側の河床が低下して河床部の張石等が被災したので、災害復旧事業で、張石部をコンクリート（厚30cm）張りにして、上下流には高さ2mのコンクリート帯工による止壁が施工してあった。また、路面はコンクリート舗装し、さらに水切り石や一部の側壁部もコンクリートで囲める補強が行われていた。

このため、河床部が固定され、洪水による洗掘や流水の圧力に耐え、流失を免れたものと考ええる。



写真一六 玉江橋に掛った流下物  
(流木・車・コンテナなど大型流下物が掛った)

(4) 西田橋(1846年架設、県道)(下流から4橋目、距離2k831m)及び高麗橋の状況(1847年架設、市道)(下流から3橋目、距離1k996m)

2橋地点の河川流量は、上流の玉江橋、新上橋で市街地部へ溢水したため、380m<sup>3</sup>/s程度で堤防から20cm程度溢れる状況であった。それでも西田橋にはトラック一台ほどの流木が掛っていた。

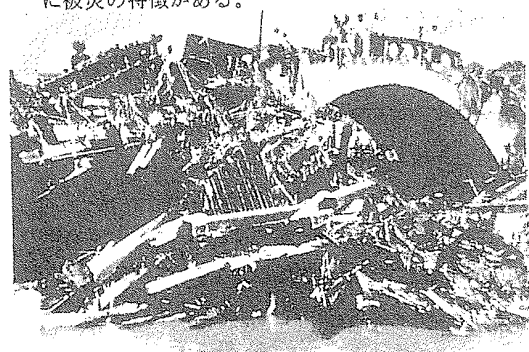
災害後、西田橋の河床敷石の状況を調査したところでは、上流中央部の敷石が幅20m、長さ3m程度流失していた。このことから、8・6洪水の継続時間がもっと長く続けば、敷石が流失して、橋脚が洗掘され、崩壊する恐れがあった。



写真一七 西田橋に掛った流木

#### (5) 流失状況の分析

次に、石橋の流失とその崩壊状況であるが、1957（昭和32）年諫早市の本名川眼鏡橋の被災や1982（昭和57）年長崎市中島川の石橋群の被災事例は、洪水で高欄や壁石が流出してアーチ部は残っていた。これに比べ、甲突川の武之橋、新上橋は河床敷石が流失して石橋中央部が崩壊している点に被災の特徴がある。



写真一八 1957年 本名川眼鏡橋の被災 (長崎県提供)



写真一九 1993年 甲突川武之橋の被災状況

本来、石橋は地盤の堅固な場所に架設するのが、アーチ橋の力学構造から見ても一般的である。甲突川の石橋は今から2万4千年前の始良カルデラ等の火砕流堆積物のシラスが雨水に侵食されて堆積した、沖積デルタ地帯に架けなければならなかった。岩永三五郎は、一橋が2,000トンもある石橋を安全に支えるために、基礎部に梯子胴木を設けたり河床部に先掘防止の敷石を張りつめてシラス地帯に架けるための工夫をしたと考えられる。

甲突五石橋の敷石長と橋梁間隔を表-6に示すが、敷石長は15mから30mと差が大きい。とくに流失した2橋は敷石長が短いことから、洪水時のアーチがオリフィス状になって射流状になったことや、上下流の水位差による浸透圧による浮力等の複雑な作用を受け、これに耐えられる長さが不足したと考えられる。

表-6 五石橋の敷石長と橋梁間隔

河口距離	石橋名	敷石長	胴木	石橋間隔
11323m	武之橋※	15m	無	673m 835m 473m 2,067m
11996m	高麗橋	30m	有	
21831m	西田橋	25m	有	
31304m	新上橋※	19m	有	
51371m	玉江橋	1966年設置	—	

※流失橋

また、敷石の流出防止と考えられる胴木が武之橋にはなく(被災部分には)、新上橋は上流側から敷石の流失が始まった被災状況であったが、上流部には胴木が施工してなかったことも、敷石が流失しやすかった原因と考える。

アーチの奥行きが長いことオリフィス状となった状態では、中央部の流速が早いことから、河床敷石を流失させ、根入(約1.2m)の浅い橋脚を洗掘して、アーチ橋としての安定バランス崩して、一気に崩壊したと考えられる。

次に橋梁間隔が石橋にどのような影響を与えていたかという点に関しては、石橋の間隔は最上流の玉江橋の2,000mを除けば約500m~800mであり、当区間の現況河床勾配は1/600~1/1,000程度であり、河床敷石が河床を安定させる床上(帯工)の効果をはたし、石橋がそれぞれ連携して、河床低下に対する防護効果があったと考えられる。

## 7 むすび

甲突川治水史の起源は、江戸末期の薩摩藩の天保の財政改革による経済力と、岩永三五郎をはじめとする石工や大工等の技能者集団、さらには加工しやすい溶結凝灰岩の材料による、河川の改修と石橋の架設に始まっている<sup>16)</sup>

この治水対策は、城下町を守るために、農地に氾濫させる手法によって、水害の軽減がなされた。

その後、100年間の人口増加や土地利用の変化はおだやかであったが、終戦を経て1960年代に日本の産業構造が高度化して、県都鹿児島市へ人口が集中してきた。このため流域の市街化率は、1945年度の7%から1990年代は27%まで進んでいる。都市化の過程における治水上の問題点としては、右岸のともとも氾濫源であった水田地区が宅地化され、河川の氾濫を許容しなくなったことにある。宅地等の開発に対しては、1973年頃から、開発によって流出増とならないよう防災調整池の設置を指導してきた。しかし、もともと甲突川の流下能力は300m/sと少なく、必要な治水容量の3割程度しかない状況であった。

このため河川管理者の鹿児島県は、甲突川の治水対策として、1969(昭和44)年から25年間の長期にわたり、ダム、遊水路、放水路、分水路、各戸貯留等総合治水対策についての具体的調査や効果の検討を行いながら、石橋を残したまま段階的に流下能力を向上させる河川の改修を実施してきた。

一方、文化遺産である五石橋については現地で何とか残せないかという各種検討を行い、県・市の議会はもとより1977(昭和52)年に設置した鹿児島市都市河川改修協議会において審議や協議がなされてきたが、石橋取扱いについての合意形成がなされない状況の中で8・6豪雨にみまわれた。

鹿児島市の人口は、戦後飛躍的に集中し、この50年間に2倍余に増加している<sup>17)</sup>。市街化の進行する段階で新たな住民は、ここに従前から住んでいる住民に比べ、どうしても地域特有の災害情報や体験が少なく、さらに利便性や価格等で住宅地を選定し、結果として氾濫源の水田や畑地に住宅を建てる傾向になっている。

また、鹿児島市の気象特性は、薩摩半島、大隅半島の山体にいだかれているため、確率日降雨量は少ない傾向にあり、戦後（1945年以降）は1951（昭和26）年のルース台風などの風害は多かったが集中豪雨による大きな河川の氾濫がなく、洪水による自然災害への防災意識が少なかった面もある。

災害当夜に、筆者は現地で氾濫状況の調査と住民の避難誘導にあたったが、交通、通信等の公共機関が混乱して十分な防災対応がとられていない状況が教訓として残った。

1993（平成5）年甲突川水害は、人尊い人命が失われ、大量の氾濫と急激な水位の上で12,000戸の浸水家屋のうち8,000戸床上浸水となった。我が国は、水害保険制度が確していない現状であり、貴重な家財を失い生活再建に苦勞している状況にあると聞いている。

今後の治水対策については、激特事業を導入して、五箇年間で再度の災害防止を図る工事を行い<sup>19)</sup>、並行して学校校庭や公園等での雨水貯留等の総合治水対策を進めている<sup>20)</sup>。

文化遺産である甲突五石橋については、2橋は失ったが、残った3橋は移設して保存することになった。岩永三五郎ゆかりの祇園之州に復元される石橋は現代の建設技術できちんと後世に残す努力を強力に進める必要がある。

安心して安全に暮らす社会基盤作りと地域の土木遺産の保護活用については、自然条件、社会条件を充分考慮した調整システムについての制度や体制作りが今後必要と考える。

## 参考文献

- 1) 鹿児島県：「鹿児島県種新編土木史」、1934年12月
- 2) 鹿児島市：「鹿児島市史」I, p. 316~p. 402, 1969年2月
- 3) 原口虎雄：「幕末の薩摩」, 中央新書, 1966年4月
- 4) 鹿児島県建設技術センター：「鹿児島県史」土木編, 1985年7月
- 5) 鹿児島新聞社：「鹿児島新聞記事」, 1936年7月23日
- 6) 鹿児島新聞社：「鹿児島新聞記事」, 1936年7月7日
- 7) 鹿児島県鹿児島土木事務所：「甲突川都市河川改修解析業務委託, 1号報告書」, 1993年10月
- 8) 鹿児島市：「鹿児島のおいたち」, 1995年
- 9) 薩摩藩小史料
- 10) 鹿児島県河川課：「明治以降の甲突川の主要水害史」甲突川パンフレット, 1993年
- 11) 自然災害総合研究会：「平成5年8月豪雨による鹿児島県災害の調査研究成果報告書」, p. 27, 1994年3月
- 12) 鹿児島市地整図編纂委員会：「鹿児島市地整図」p. 3~p. 13, 1995年3月
- 13) 鹿児島県環境保健部：「平成7年度、公共用水域の水質測定結果」, 1996年7月
- 14) 鹿児島土木事務所：「甲突川模型水理実験業務報告書」1982年3月
- 15) 鹿児島土木事務所：「甲突川水理調査業務報告書」, 1982年12月, 1984年11月
- 16) 芳郎正：「瀬所広郷」吉川弘文館 1991年
- 17) 鹿児島市：「96市勢要覧かごしま」1996年3月
- 18) 鹿児島県河川課：「鹿児島県の河川・海岸」p. 5, 1991年10月
- 19) 鹿児島県河川課：「甲突川災害対策特別緊急事業全体計画認可設計図」1995年3月
- 20) 鹿児島県土木部：「甲突川総合治水対策報告書」1996年3月