

佐賀県（佐賀市・鳥栖市・みやき町）の現地調査概要

- ・福岡県および佐賀県では、度重なる筑後川の氾濫により、大規模な水害が多発している。
- ・文献調査に基づき、過去の記録が残る地域において詳細情報を収集するため、佐賀県佐賀市・鳥栖市・みやき町で現地調査を実施した。

調査日：平成 27 年 2 月 13 日（金）

調査地点：佐賀県佐賀市・鳥栖市・みやき町



▲調査箇所図

出典：国土地理院

【昭和 28 年筑後川水害の概要】

- ・福岡県および佐賀県下の大水害としては、明治 22(1889)年 7 月の筑後川氾濫がある。
- ・増水が昼間であったため、人的被害は少なかったが、家屋の流失・全半壊は 1200 余戸であった。その 60 数年後に発生した「昭和 28 年筑後川水害」はこれを上回る規模の水害であった。
- ・1953 年(昭和 28 年) 6 月 25 日～29 日の 5 日間に雨が降り続け、それが大きな被害の要因となった。筑後川流域内の被害状況は、死者 147 人、負傷者 4,999 人、被災人口約 54 万人である。

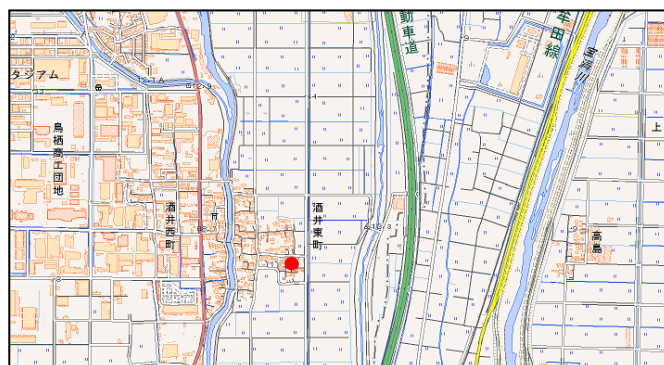
■昭和 28 年筑後川水害の被害

項目	内訳
死者	147 人
負傷者	4,999 人
被災人口	約 54 万人
流失・全半壊家屋棟数	12,801 棟

- ・各所で堤防の決壊が相次ぎ、流失・全半壊家屋 12,801 棟、破堤 26 箇所、決壊崩壊 58 箇所、護岸決壊 38 箇所と多くの被害が生じた。

【水害復旧記念碑：鳥栖市酒井東町】

- ・佐賀県鳥栖市酒井東町の宝満宮境内に、昭和 28 年の筑後川水害に係わる復旧碑が建っている。
- ・記念碑には、宝満川・秋光川・大木川の氾濫について、次のように記されている。



▲水害復旧記念碑の位置（鳥栖市酒井東町）

「水害復旧記念碑 昭和二十八年六月二五日より四日間に亘る大豪雨の為宝満川秋光川大木川が氾濫し堤防決潰六ヶ

所農地潰滅六町壹反歩両区は全戸軒下浸水の未曾有の災害を蒙った国家補助及縣村当局の絶大なる援助と区民の一致団結不眠不休の努力により見事復旧工事を完成した仍って之を永久に記念するため此の碑を建立する

昭和三四年一月建立 基里村長 高島正雄

工事内容・被害面積 三太郎東壺町壺反六畝 三太郎西六反六畝 ハキヤ壺町壺反五畝 小柳七反七畝 総工事費貳百參萬壺千圓」

- ・記念碑には地上から 2.5 メートル付近の高さに、浸水最高水位線が刻まれている。



▲宝満宮境内の水害復旧記念碑（左側）



▲水害復旧記念碑の側面

【水害で埋まった鳥居：佐賀市鍋島町】

- ・ 佐賀県佐賀市鍋島町の天満宮境内には、昭和 28 年の筑後川水害で田んぼに埋まった鳥居が掘り起こされ、再度建設されている。
- ・ 下記写真の奥側に位置する石造りの鳥居が再建されたものである。



▲天満宮の鳥居（正面より天満宮方向）



▲天満宮の鳥居（天満宮方向より）

【茂安公築堤功績碑：みやき町東分】

- ・筑後川は流れが速く、鍋島藩・有馬藩が管理する両岸は大雨の度に大洪水に見舞われており、川が運ぶ肥沃な土壌を持ちながら、水害のために飢饉がおこる悪循環を繰り返してきた。
- ・この水害を防ぐために佐賀藩家老・成富兵庫茂安は筑後川西岸（現在のみやき町千栗～坂口）に、全長 12km の堤防を作り上げた。堤防は補強のために川表には竹、川裏には杉が植えられ「杉土居」とも呼ばれた。この堤防は二重になっており、完成までに 12 年を費やしたと言われている。
- ・築堤以来 300 年近く破堤等が起らず、地域住民の生命と財産を守り続けた功績を讃える記念碑が、みやき町の筑後川沿い（国道 264 号沿い）に建立されている。
- ・この碑は昭和 10 年（1935 年）に、当時の北茂安村と南茂安村の関係村長及び小学校校長等、千栗土居の恩恵を受けた人々の発起で建てられた。
- ・「千栗堤防 千栗ヨリ坂口マデ蜿蜒（えんてい）三里 茂安公慶長九年 起工ヨリ十二ヶ年ノ歲月ヲ経テ成就セラレシモノナリ コノ功績ヲ永久ニ讃ヘン為 茲（ここ）ニコノ碑ヲ建築ス 昭和十年十月十日」と記されている。



▲茂安公築堤功績碑



▲茂安公築堤功績碑の位置（みやき町東分）



平成26年8月5日10:00~10:30
理工学部4号館16会議室



伝統的治水技術の調査研究とその成果



大串 浩一郎
佐賀大学大学院工学系研究科

本日の講義のアウトライン

- (1) 明治以降の我が国における河川管理の考え方の変遷
- (2) 有明海と佐賀低平地
- (3) 佐賀平野に広がる流域治水
- (4) 城原川の流域治水

明治以降の我が国における河川管理の考え方の変遷

- 1896(明治29年) **旧河川法制定** 水害の防止に重点
(1897年 砂防法・森林法を含め治水三法)
- 1947(昭和39年) **新河川法制定** 治水は国の直轄化、利水に重点(水力発電、農業水利)
- 1949(昭和41年) **水防法制定** 大水害に対する水防活動などの体制整備
- 1977年(昭和52年) 総合的な治水対策の推進方策についての中間答申
ハード的対策＋ソフト的対策、都市化の進展した14の中小河川に限定
- 1987年(昭和62年) 超過洪水対策に関する河川審議会の答申
スーパードーム堤防、水防災対策特定地域、閉鎖型氾濫地域
- 1997年(平成9年) **河川法改正** 治水・利水・環境、住民参加型の河川事業
- 2000年(平成12年) 川における伝統技術の活用はいかにあるべきか
- 2000年(平成12年) 流域での対応を含む効果的な治水の在り方
雨水の流出域、都市水害の防衛域、洪水の氾濫域
- 2001年(平成13年) **水防法改正** 洪水予報河川制度、浸水想定区域制度
- 2004年(平成16年) 特定都市河川浸水災害対策法 河川法・水防法・下水道法・都市計画法でカバーできない都市河川の浸水被害対策の穴を埋める

河川審議会答申(2000年1月) Reports of River Council in Japan

「川における伝統技術の活用はいかにあるべきか」

・河川伝統技術の特徴と評価

(1) 川の自然の力を利用した技術「**減勢治水**」

例：水制工、霞堤、河畔林などやそれらの組合せ

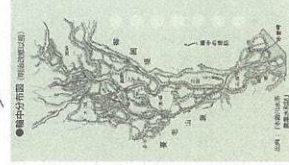
(2) 流域を含めて被害を抑える技術

例：二線堤、輪中堤、水屋等やそれらの組合せ

・河川伝統技術の保存・活用にあたっての具体的提言

モノ：堤防、霞堤、二線堤、横堤、水害防備林、輪中堤など

ソフト：戦国武将の治水計画、遊水地等の治水のための
土地利用規制など



河川審議会中間答申(2000年12月) Reports of River Council in Japan

「流域での対応を含む効果的な治水の在り方」
 "The ideal method of the effective flood control including catchments basin operations."

流域の特性と課題

- ・ 雨水の流出域
- ・ 都市水害の防御域
- ・ 洪水の氾濫域

流域対策の基本的考え方

- ・ 地域の視点の重視
- ・ 流域対策と従来型の洪水対策の適切な組み合わせ
- ・ 河川の特性に応じた適切な流域対策の選択

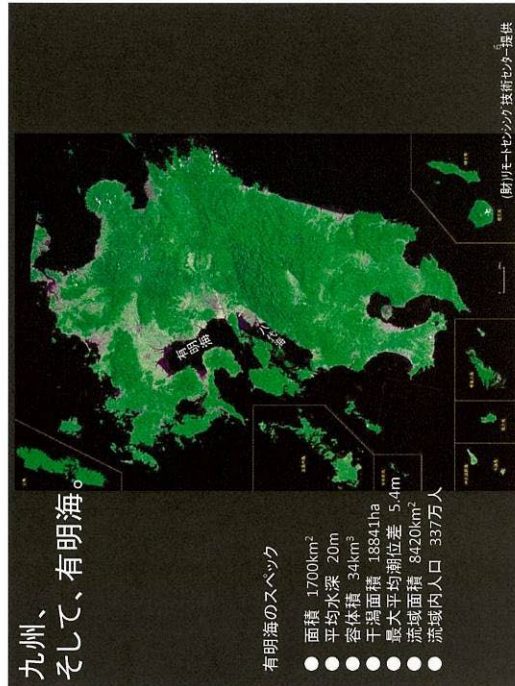
流域対策

3つのタイプの流域に応じた種々の流域対策

九州、そして、有明海。

有明海のスベック

- 面積 1700km²
- 平均水深 20m
- 容体積 34km³
- 干潟面積 1884.1ha
- 最大平均潮位差 5.4m
- 流域面積 8420km²
- 流域内人口 337万人



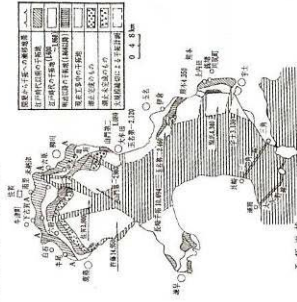
(街)リーポートセンタック 技術センタック 提供

有明海および他の閉鎖性海域の諸元

(環境省有明海・八代湾閉鎖性海域調査委員会報告書(2006.12)より)

項目	有明海	八代海	東京湾	伊勢湾	大阪湾
水域面積(km ²)	1,700	1,200	1,380	2,342	1,447
容体積(km ³)	34	22	62	39	44
平均水深(m)	20	22	45	17	30
干潟面積(he)	18,841	4,085	1,734	2,901	79
築場面積(he)	1,599	1,141	1,428	2,278	110
平均潮位差(m) (大潮時)	5.4 (住之江港)	3.7 (八代港)	1.9 (東京港)	2.4 (名古屋港)	1.4 (大阪港)
一級河川の流入水量 (10 ⁶ m ³ /y)	8,153	3,785	6,369	22,743	9,474
流域面積(km ²)	8,420	3,409	7,597	16,191	5,766
流域内人口(10 ⁵ 人)	3,373	504	26,296	10,516	15,335

沿岸平野の形成



- 流入河川からの土砂供給
 - 干潟が大きいこと
- 自然の繰り返し
 干潟の上昇速度7cm/year
 干潟の沖合進出速度10m/year

自然干陸化と人工的な干拓

※「農林省・通商産業省・運輸省・建設省・経済企画庁・有明海総合開発調査報告書(1969.3)」より

有明海沿岸平野の形成は、土砂供給と干潟の自然干陸化による。干潟の自然干陸化は、干潟の沖合進出速度10m/year、土砂供給速度7cm/yearである。

有明海沿岸4県の沿岸域の拡大状況(単位:ha)

県別	自然干陸化	干拓地(溝政時代)	干拓地(明治以降)	小計	職後完成	施工中or計画	合計
福岡県	15,000	1,727	724	17,451	661	331	18,443
佐賀県	30,600	11,928	1,926	44,454	1,493	2,788	48,735
長崎県	1,600	1,249	202	3,051	373	10,094	13,518
熊本県	16,000	3,419	1,524	20,943	624	624	21,567
計	63,200	18,323	4,376	85,899	2,527	13,837	102,263

水田面積	ha
福岡県	99,200
佐賀県	57,500
長崎県	35,000
熊本県	85,000

※(農林省・通商産業省・運輸省・建設省・経済企画庁・有明海総合開発調査報告書(1969.3)より)

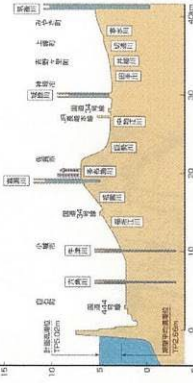
佐賀平野の特徴



①山地部の割合が少ない。



②国内最大の干満差を有する有明海の影響を受ける低平地
有明海は、満潮で最大6mもの干満差がある。このため、「下からの洪水」や、排水不良との闘いを繰り返してきた。また、地盤は超軟弱な有明粘土であるため、工事に程度の注意を要する。さらに、干満による土の河川流入の影響もある。



佐賀平野断面図
※佐賀平野大規模治水整備計画(423.6)より

佐賀平野の主要な大河川の特徴

嘉瀬川 流域面積368km²、幹川流路延長57km
青嶺山地を源とし、佐賀平野中央部を流れ、途中で祇園川を合わせて有明海へ注ぐ。上流山地地質は風化花崗岩であり、土砂生産量が大きい。中流部は玉井河川となり、取水は容易である。右岸取水の西戸川水運、左岸取水の市ノ江水運と大井手水運(石井樋)から多布施川より佐賀城内(中心部へ)等で水を供給する。

筑後川 流域面積2860km²、幹川流路延長149km
阿蘇山を源とし、途中筑紫平野を貫流し有明海に達する九州第一の河川。筑紫二郎の異名をもつ。上流部地質は溶岩や安山岩、火山礫、火山灰などからなる。上流から運ばれた土砂により筑紫平野を形成した。江戸時代に中流部で**四大井園**が作られ水路による開墾が行われた。下流は水利用が難しいため、もっぱら有明海の干満を利用した**アオ取水**で利水を行ってきた。

六角川 流域面積341km²、幹川流路延長47km
武雄西部の神六山を源とし、武雄川を合わせ白石平野を蛇行しながら貫流し、河口部において牛津川を合わせて有明海に注ぐ。上流部の地質は堆積岩や火山岩であるが中下流部は軟弱な有明粘土である。六角川本川はほとんど自流量をもち、水源はため地が殆どであるが、支川牛津川では、羽佐間堰により取水された水の利用がなされている。河口から上流29km地点まで有明海の潮汐が影響する典型的な感潮河川である。

嘉瀬川の概要



流域面積368km²、幹川流路延長57kmの一級河川。青嶺山地を源とし、有明海に注いでいる。流域内人口約13万人。山地46%、水田38%、宅地等16%の土地利用。

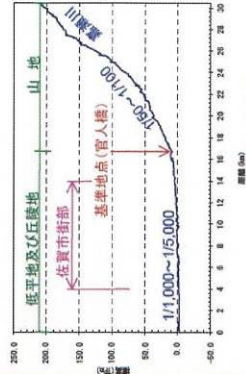


図 1-1-6 嘉瀬川河床断面図

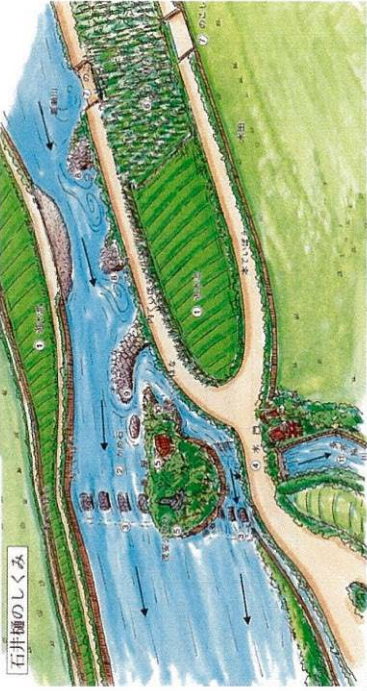
「嘉瀬川水系河川整備計画」(2007)より

嘉瀬川の既往洪水

表 4-1-1 主要な既往洪水一覧表

洪水発生年	原因	流域平均 2日雨量	流量 (推定値)	被害状況
昭和16年6月	梅雨 前線	447mm/2日	約2,700m ³ /s	家屋浸水5,974戸
昭和24年6月	台風	515mm/2日	約3,400m ³ /s	家屋の浸水・全半壊654戸 床上浸水11,559戸、床下浸水13,983戸
昭和28年6月	梅雨 前線	450mm/2日	約2,600m ³ /s	家屋の浸水・全半壊175戸 床上浸水14,372戸、床下浸水16,660戸
昭和29年9月	台風	334mm/2日	約1,000m ³ /s	家屋の浸水・全半壊2戸 床上浸水180戸、床下浸水2,985戸
昭和30年4月	低気圧	399mm/2日	約1,100m ³ /s	床上浸水1,195戸、床下浸水1,435戸
昭和38年6月	梅雨 前線	468mm/2日	約2,200m ³ /s	家屋の浸水・全半壊115戸 床上浸水69戸、床下浸水1,205戸
昭和42年7月	梅雨 前線	194mm/2日	約1,200m ³ /s	床上浸水402戸
昭和47年7月	梅雨 前線	295mm/2日	約1,600m ³ /s	浸水家数8,500戸
平成2年7月	梅雨 前線	248mm/2日	約1,200m ³ /s	床上浸水1,783戸、床下浸水12,327戸

注1 佐賀県統計(第1巻~4巻)より流域内市町村の値を抽出
注2 佐賀県統計(第1巻~4巻)より流域内市町村の値を抽出
注3 昭和47年以降の官人調査結果に基づいては北山ダム高し浸水



「私たちの佐賀」HP(http://www.saga-ed.jp/workshop/sagamtw/index.html)

成富兵庫と嘉瀬川

南部長恒「疎導要書」(天保5年(1834年))

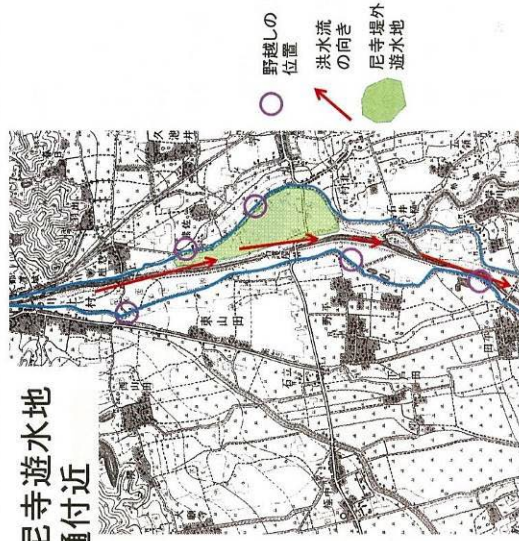
- 成富兵庫の治水に関するパイプルの存在。
- 佐賀藩の全ての主要河川や溜め池などについて調べ、領内の河川管理、農業振興に関して藩主鍋島直正に献策。
- 「疎導要書」では、天井川ではない筑後川についてはアオ以外の水がほとんど利用できないので、自ずと治水に重点が置かれて記述されているのに対し、それ以外の川、例えば嘉瀬川などは天井河川であるため、水利用のための技術に力点が置かれている。

嘉瀬川の石井樋の構造



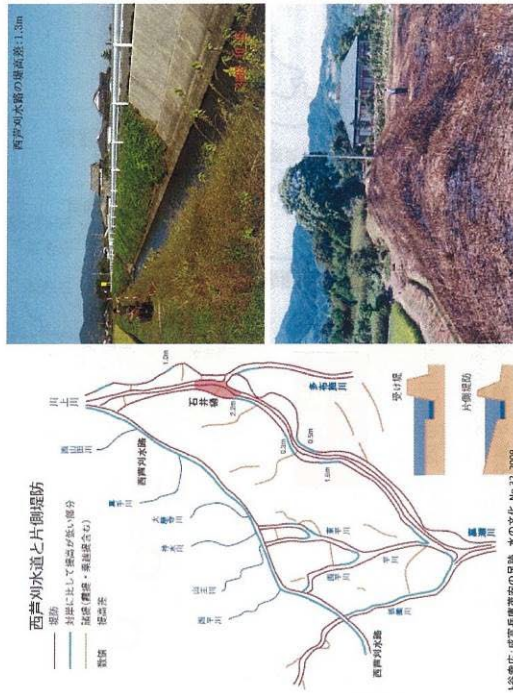
図-1 石井樋(疎導要書)

嘉瀬川尼寺遊水地と石井樋付近



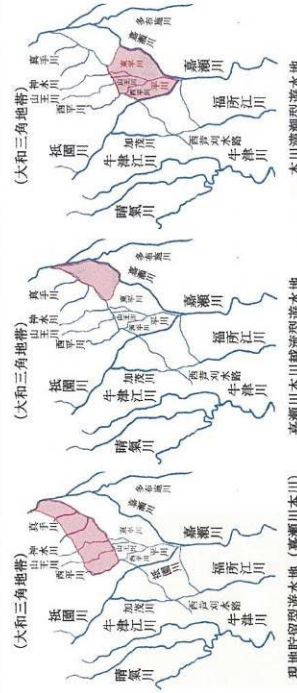
水受堤(みずうけてい)

洪水を堤内遊水地へ溢れさせた後、流水から集落などを守るために作られた小高い堤防

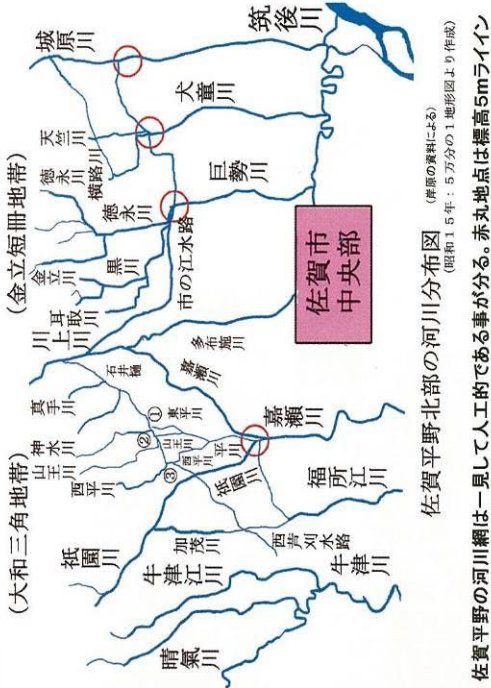


水受堤と横堤・河畔林

左右両岸の堤外遊水地と横堤により流速が落ちた洪水流は逆流しつつ、堤防上の河畔林に乗り越え、堤防上より更に緩やかに平野部に流入する。この様に佐保の集落は保護されていた。



河川の掘削・改修などにより改造された大和三角地帯には目的に応じた3種類の遊水地が造成された。超過洪水対策としてのこれ等の遊水地は遊水目的が重複する事なく、集落を保護する安全装置が設置されると共に遊水の程度に応じて地相も決められるなど細かい配慮がなされていた。「流域治水」の典型的モデルである。



佐賀平野の河川網は一見して人工的である事が分る。赤丸地点は標高5mラインで、自然堤防地帯とデルタ地帯の境界であり、河川が集中している。

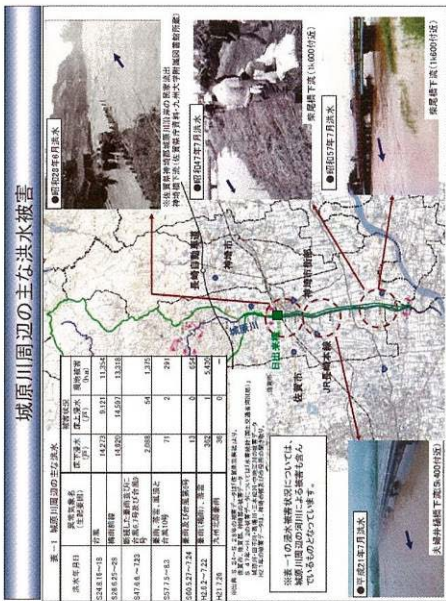
城原川の概要

城原川は佐賀県と福岡県との県境にある背振山(標高1,055m)を源として佐賀平野を流れ、佐賀江川に合流し、筑後川に流れる。

江戸時代、大規模な河川事業が行われた。その治水工法として挙げられる代表的なものが野越、霞堤である。



流域面積	64.4km ²
割合	山地70% 平地30%
幹線流路延長	31.9km
流域内人口	約1万人



佐賀平野の伝統的治水・利水技術

- 野越(のこし)(乗越堤、越流堤)
- 水受堤(みずうけてい)
- 二線堤
- 遊水地
- 片側堤
- 水防林
- 放水路
- 荒籠(あらこ)
- 蛇行
- クリーク
- アオ取水

治水と利水が一体化された技術が成富兵庫ら藩政時代の技術集団によって確立した。

科学研究費補助金基盤研究(B) 平成23～25年度

研究課題

地盤工学的・水工学的アプローチによる流域治水に関する
フィールド研究

研究組織

研究代表者 大串浩一郎(佐賀大学工学系研究科)

研究分担者 岸原 信義(佐賀大学客員研究員)

研究分担者 日野 剛徳(佐賀大学低平地沿岸海域研究センター)

研究内容

佐賀平野をフィールドとして地盤工学的・水工学的アプローチにより
流域治水に関する定量的な調査研究を実施する。



解析条件設定

- 断面
城原川本川・野越・霞堤・横断測量結果(1996年測量)より
- 対象期間
無堤地帯・遊水地:LPデータ(2006年測量)より



2010年7月11～15日
この期間の降雨で1番～4番
霞堤からの越流が確認され
ている。

4番霞堤越流状況
(国土交通省 2010年7月撮影)
<http://www.qsr.mlit.go.jp/chikugo/old/jimusyoh221/0syusui.pdf>

解析



解析条件設定(2)

- 境界条件
上流端:流量(仁比山観測所地点)
(日出来橋観測所の実測流量)
- 下流端:水位(柴尾橋観測所地点)
(柴尾橋観測所の実測水位)
- 水理条件
マンニングの粗度係数
低水路:n=0.028
高水路:n=0.035

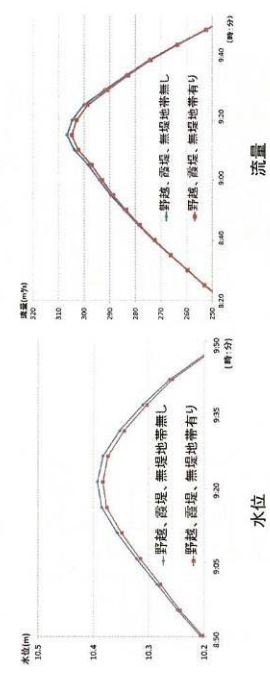
計算にはDHIのMIKEシリーズを用いた。

水位比較(日出来橋地点)



実測値と計算結果の差の理由
 ・上流端の境界条件の流量
 ・粗度係数の設定

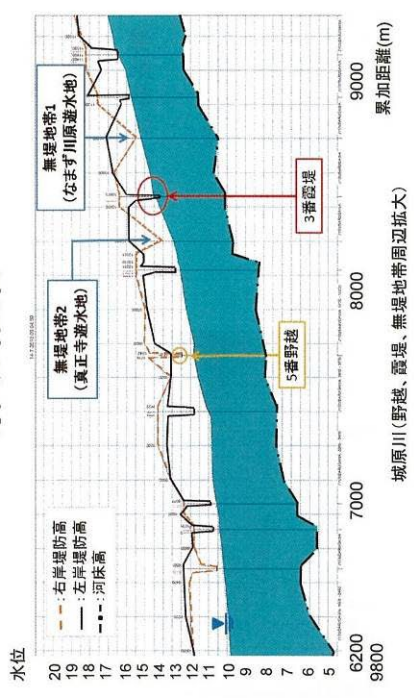
水位・流量比較(日出来橋地点) 5分毎比較



最大水位差: 1cm(9時20分)

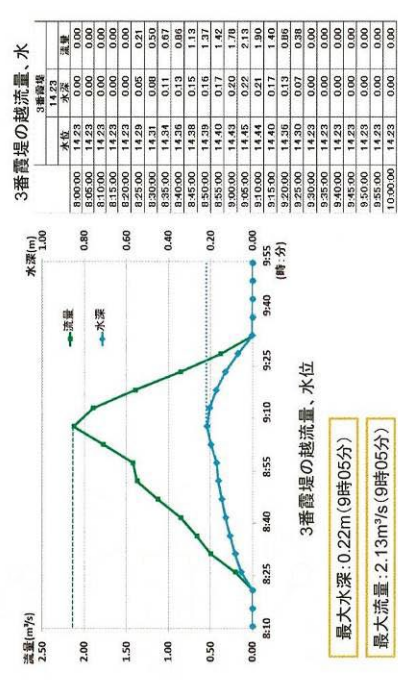
最大流量差: 1.7m³/s (9時15分)

解析結果



城原川(野越、霞堤、無堤地帯周辺拡大)

3番霞堤の越流



3番霞堤の越流量、水位

最大水深: 0.22m(9時05分)

最大流量: 2.13m³/s(9時05分)

時刻	水位	水深	流量
8:00:00	14.23	0.00	0.00
8:05:00	14.23	0.00	0.00
8:10:00	14.23	0.00	0.00
8:15:00	14.23	0.00	0.00
8:20:00	14.23	0.00	0.00
8:25:00	14.29	0.05	0.21
8:30:00	14.31	0.08	0.50
8:35:00	14.34	0.11	0.67
8:40:00	14.36	0.13	0.85
8:45:00	14.37	0.14	1.02
8:50:00	14.38	0.15	1.37
8:55:00	14.40	0.17	1.42
9:00:00	14.43	0.20	1.78
9:05:00	14.45	0.22	2.13
9:10:00	14.44	0.21	1.90
9:15:00	14.43	0.20	1.66
9:20:00	14.36	0.13	0.86
9:25:00	14.30	0.07	0.38
9:30:00	14.23	0.00	0.00
9:35:00	14.23	0.00	0.00
9:40:00	14.23	0.00	0.00
9:45:00	14.23	0.00	0.00
9:50:00	14.23	0.00	0.00
9:55:00	14.23	0.00	0.00
10:00:00	14.23	0.00	0.00

擬似洪水

更に大きな洪水が流れた場合を想定した。

上流端：流量

(実測流量をスカラー一倍して引き延ばしたもの)

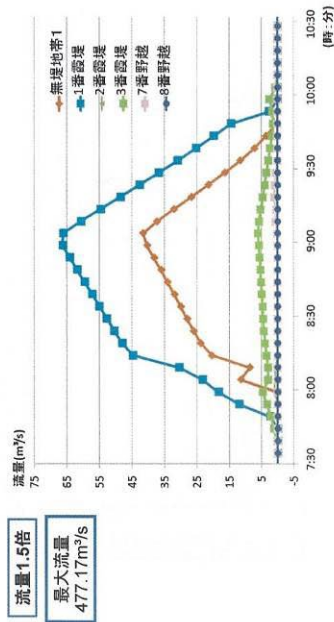
1.1~1.5倍の流量を作成

下流端：擬似等流水深

$$\frac{dh}{dx} = \frac{\sin\theta - \frac{n^2}{R^3} \frac{1}{gR} \left(\frac{Q}{A}\right)^2}{\cos\theta - \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial h}} = 0$$

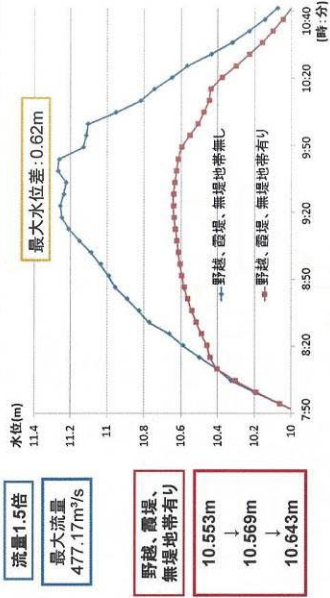
sinθ: 動水勾配, n: 粗度係数, g: 重力加速度, R: 径深, A: 断面積, Q: 流量, α: エネルギー補正係数

各地点の越流量



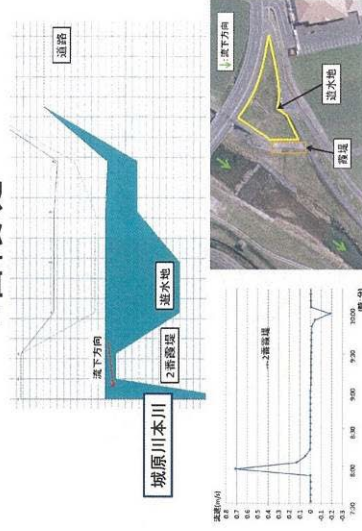
・1番霞堤の越流量が最も多い。
これは、堰幅が他の野越、霞堤と比べて広いため。

擬似洪水 水位比較(日出来橋地点)



流量が増加すると越流量も増加し、水位の上昇が抑えられる。

2番霞堤



遊水池に洪水流が貯留され、霞堤の堤高より高い水位の氾濫流は、本川の水位が下がった時は逆流する。

遊水地の現状



越流した背後地に、住宅地や、保育園があり、超過洪水が起きた場合、浸水被害を助長する可能性がある。



対策

- ・受堤、水害防備林の設置
- ・場合によっては移転

ジオスライサー調査の様子



平成24年度地盤調査の概要

平成24年11月5～6日
 一番霞堤周辺地盤

- ・ジオスライサーによる調査 7カ所
- ・スウェーデン式サウンディング試験



図3.2 ジオスライサー調査箇所 (撮影は一般倉庫社、GoogleEarthを参照)

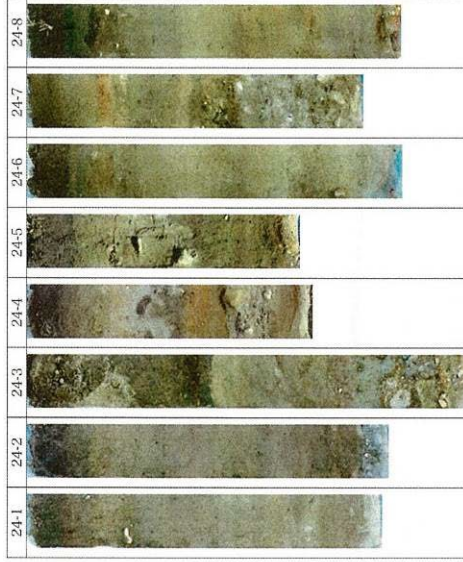


図-4.1 採取したジオスライサー試料

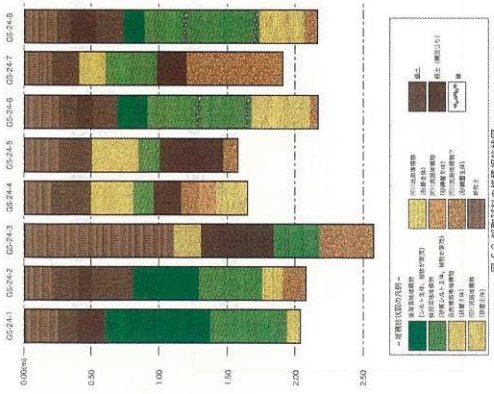


図-5.2 採取芯柱の層相関係状図

後背湿地堆積層とは？
 静穏な時期の河川流路が増水時に流路を拡大してできる河道周辺の低地だった地層。
 (シルト主体の層)
 増水時に河川から供給されると考えられる。5番野越遊水地で確認。
 (粗粒砕屑物の層)
 1番霞堤周辺内地で確認された。冠蓋で流速が急激に落ちることなく堆積したと考えられる。

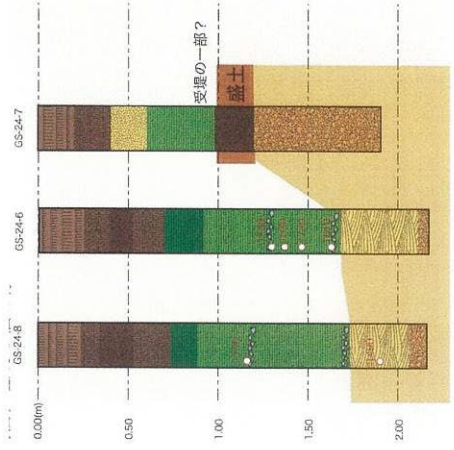


図-7.1 放射性炭素年代測定値とその層相(年代は西暦に変換)。原中左部が河川(西側)。

流れと土砂輸送の数値解析

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

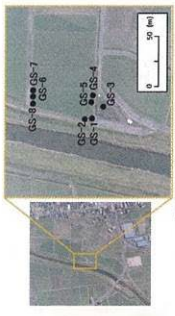
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -g \frac{\partial h}{\partial x} + f_x + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -g \frac{\partial h}{\partial y} + f_y + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)$$

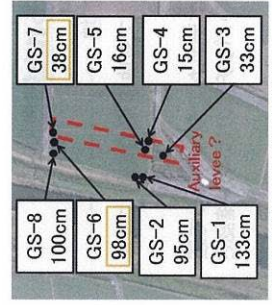
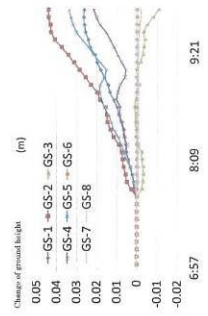
$$-(1-\alpha) \frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial s}{\partial x} + \frac{\partial s}{\partial y} = 0$$

Engelund and Hansen (1967) model

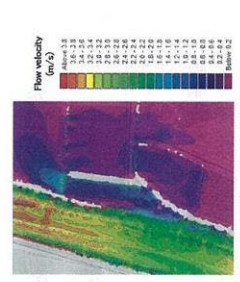
$$S_p = 0.05 \frac{c_s \rho_s}{g} \sqrt{(v_*')^3 - (v_*^*)^3}$$



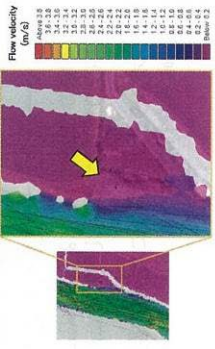
1番霞堤付近航空写真



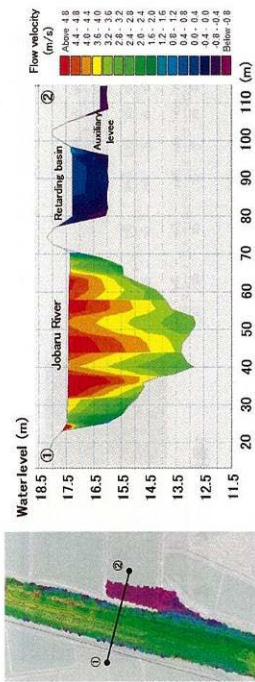
1番霞堤付近の後背湿地堆積層の厚さの分布



洪水ピーク時の流速分布



洪水ピーク後の流速分布



城原川1 番霞堤付近の洪水流と遊水地への流入ならびに貯留水の静水圧による堤防の保護効果

本研究のまとめ

流れと土砂輸送の数値解析および方位板状地層採取による城原川流域の流域治水に関する調査



城原川の流域治水の機能

- ・野越, 霞堤, 無堤地帯の存在により城原川下流側の水位上昇を低減する効果がある。
- ・堤内地の堆積するレンズ状の砂層が確認されたことにより, 野越からの越流水による土砂の輸送・堆積が推定された。
- ・霞堤の受堤と本堤で挟まれる遊水地内の貯留水の水圧により, 霞堤に破堤の防止機能があることが推定された。

数値解析および地盤調査で得られた知見

5 番野越遊水地

- ・5 番野越遊水地において, 野越付近でも地盤高の変動にばらつきが生じた。
- ・5 番野越遊水地で野越から越流して流れた氾濫流によって運搬され堆積したと推測されるレンズ・バッチ状の砂層が確認された。

1 番霞堤周辺堤内地

- ・受堤の位置や長さによって, 氾濫流の挙動が変化し, 氾濫土砂の堆積にも影響していることがわかった。
- ・ジオスライサー調査によって, 過去の受堤と見られる盛土層が確認された。

水工学シリーズ 07-A-6

佐賀の伝統的治水技術

佐賀大学理工学部 准教授

大串 浩一郎

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会

2007年8月

佐賀の伝統的治水技術

A Traditional Flood Control Technology in Saga, Japan

大 串 浩 一 郎
Koichiro OHGUSHI

1. はじめに

我が国は、アジアモンスーン気候に属し季節的な多雨と急峻な山地が多いことより短期的な洪水に見舞われる頻度が高い。そこで、古くからその地域の特性に応じた治水・利水事業が営まれ、自然の厳しさに揉まれながら、何とか水と付き合ってきた。特に、戦国時代から関ヶ原の戦いを経て江戸時代に入ると、戦から解放され、幕府や諸藩は、自国の国力を向上させるために新田を開発し、水道を掘り、町を造り、舟運などの輸送手段の条件も整える必要があった。そのため、まず、自国の河川水系に目を向け、治水・利水事業を活発に行うこととなった。

今日、その治水・利水事業の中で特に注目に値するものは、戦国時代の甲斐における扇状地を中心とした武田信玄の治水（甲州流）、江戸時代に入ってから肥後藩の加藤清正や佐賀藩の成富兵庫による自然堤防地帯・デルタ地帯における治水・利水である。佐賀藩の成富兵庫による治水工法については後段で詳述する。

その他では、伊奈忠次にはじまり代々関東郡代を引き継いだ伊奈家による関東の治水（いわゆる関東流）や八代將軍吉宗の時代の井澤弥惣兵衛らによる紀州流という治水工法がある。関東流と紀州流は、江戸幕府のいわば直轄工事の工法であるが、その考え方は両者で大きく異なる。江戸初期の関東流は、信玄の甲州流を源としており、その特徴について玉城・旗手¹⁾は以下のように述べている。「関東流の特徴は上流で河道を付け替え、水源地帯からの洪水を他の川に移し、本流の河道を蛇行させることによって、洪水を滞留させながら流下させる点にある。また、中流に乗越堤（越流堤）や控え堤、沿岸に流作場を設け、湖沼を利用して遊水地にした。」一方、江戸中期から始まった紀州流の特徴としては、玉城・旗手²⁾は「紀州流の特徴は関東流の蛇行した川形を直線状に固定し、乗越堤や二重堤は取り払い、強固な築堤法と水制工によって、谷口から川口まで初めて連続堤に作り替えた点にある。また、沿岸の遊水地や溜井などは干拓し、流作地も本田化した。」と述べている。要するに、関東流は、洪水を流域全体で受け止める比較的ソフト的な治水工法であるのに対し、紀州流は、連続堤に代表されるように、洪水をできるだけ速やかに海まで流下させる比較的ハード的な工法であるのが特徴である。

明治時代以降、我が国でも欧米の近代土木技術が導入されるに従い、当初は低水工事であったものを漸次高水工事にして河川整備が進められていった。それ以降、我が国の治水工法は、紀州流と同じように連続堤により堤内地を守り、洪水は速やかに流下させる方針が取られていった。しかしながら、河川流域の開発が進み、都市化が急速に進展するとともに、これに対応すべき河川整備などの遅れによって、日本各地で甚大な災害が毎年多発するようになった。昭和50年前後に多摩川、石狩川、長良川などで相次いで河川堤防が破堤するに及び、当時の建設省では、総合的な治水対策の推進方策はいかにあるべきかについて河川審議会に諮問し、昭和52年6月、審議会より「総合的な治水対策の推進方策についての中間答申」が出された。答申の中身は、河川流域のもつ保水、遊水機能の維持、洪水氾濫予想区域や土石流危険区域を設定し公示など、いわゆる水害による被害を最小限に留めることを目的として、従来の河道のみのハード的な洪水処理の手法から流域全体を対象としたソフト的な対策まで含めた治水対策に転換した。この総合治水対策は、都市化の進展した14の中小河川についてしか適用されていない状況である。

一方、大都市など人口・資産が集中する大河川流域については、計画を上回るような洪水、いわゆる超過洪水に対してその対策と推進方策に関して、建設大臣から諮問され、河川審議会は昭和62年3月、答申を提出した。その答申によれば、大都市における多様な機能をもたせた高規格堤防の整備、水防災対策特定地域の設定、閉鎖型氾濫地域における土地利用や建築方式・各種堤防による氾濫流の制御・警戒避難体制の強化・排水機場の運転方法などの調査研究などが対策として答申された。この答申に出てくる高規格堤防は、いわゆるスーパー堤防とも呼ばれるもので、洪水流が越流しても破堤しない広大な幅を有する強固な堤防である。大都市の一部では有効かも知れないが、費用がかさむため、全国どこでも採用する訳にはいかず、また整備に時間がかかることが問題である。重要なのは、これまでは、河川堤防からの越流については前提として考えていなかったものを、この答申では大規模な洪水では越流や破堤もあり得るという現実的な想定を行った点である。

さらに、平成9年の河川法改正後、平成12年12月には河川審議会計画部会からの中間答申で、「流域での対応を含む効果的な治水の在り方」が国土交通大臣に提出された。この中間答申の中では、流域の特性と課題（雨水の流出域、都市水害の防御域、洪水の氾濫域の3地域への分類とそれぞれの課題点）、流域対策の基本的考え方（地域の視点の重視、流域対策と従来型の洪水対策の適切な組み合わせ、河川の特性に応じた適切な流域対策の選択）、流域対策（3つのタイプの流域に応じた種々の流域対策）などが答申されている。この答申の考え方は、昭和62年の「総合治水」の考え方に近いが、総合治水では、開発の進行が著しい地域を対象としていたのに対して、平成12年の「流域治水」では、開発の進行が必ずしも著しくない地域を対象としており、河川の状況や流域の特性に配慮し、土地利用との関係をさらに検討し、今後、全ての河川で流域対策を検討するということが述べられている。

今回ご紹介する佐賀の伝統的治水技術は、正に平成12年河川審議会中間答申の「流域治水」を約400年前の江戸時代初期に既に佐賀では行われていたことを示すものである。また、その治水遺構の多くが今も佐賀平野の各地に現存し、いくつかは機能もしている。成富兵庫の治水システムは、流域全体（平野全体）に及ぶ壮大なもので、しかも緻密である。それらが平野のあちこちにまるで宝石のごとく散りばめられているが、美しい自然に囲まれている普通には全く気がつかないほど自然に溶け込んでいる。

2. 佐賀平野の概要

佐賀平野は九州北部に位置し、その範囲は、脊振山地と有明海に挟まれた、筑後川以西で白石平野までを含んでいる部分をいい、面積は約700km²である。佐賀平野には国が管理する一級河川の筑後川、嘉瀬川、六角川が流れており、これらの河川は全て有明海に流入している。有明海は我が国最大の干満差（最大約6m）を有する内湾で、有明海に流入する河川はそれぞれ潮が遡る感潮区間が長い（六角川が最長で、河口から約27km上流の大日堰まで海水が遡上する）。河川の上流から流れてきた土砂は、有明海の潮汐によって海岸近くに押し戻され、濁土と呼ばれるヘドロ層が堆積し、厚さ約20mの高含水比の軟弱地盤層を形成してきた。有明海の海岸線は、このような自然営力による干陸化と鎌倉時代から始まったとされる干拓の両方の作用により現在の姿となった。約2000年前の縄文時代の海岸線は九州横断道が走っているラインで、江戸時代初期（約400年前）の海岸線は、JR長崎線と一致していると言われている。

佐賀平野の東端を流れる筑後川は、大分、熊本、福岡、佐賀の4県を流れる九州第一の河川で、有明海の潮汐は現在は筑後大堰（筑後川河口から23km上流）まで遡上する。一方、嘉瀬川は佐賀県と福岡県の境の脊振山地を源とし、山間部を流下し平野部に出た後は佐賀平野中央部を南西に流れ、途中祇園川を合わせて有明海に注いでいる。嘉瀬川より東の河川はほとんど全て筑後川へ流入する筑後川の支川である。

佐賀平野の特徴としては、山地に比較して平野部の面積の割合が大きいことが挙げられる。全国的には山地と平野部の面積比はだいたい3：1の割合であるが、佐賀地域では逆に4：6の比率となっており、大きく逆転している。これは、上述のように山地部から供給される土砂（特に脊振山地は風化花崗岩の地質であり、土砂生産が活発である）によって、あるいは人工的な干拓によって形成されてきたものである。そのため、平野部の田畑への水需要が増し、佐賀平野は昔から水不足に悩まされてきた。これを解決するため、佐賀平野では、上流域に溜め池、下流域ではクリークが発達し、特にクリークの利用では同じ水を何度も使えるような高度利用を可能としてきた。ちなみに佐賀平野を東から三養基平坦、佐賀平坦、杵島平坦に分ければ、それらの地域におけるクリーク面積/水田面積の割合は、それぞれ4.3%、8.9%、3.3%となっており、特に佐賀平野中央部の佐賀平坦でもっともクリークの面積比が大きい。また、このクリークは、利水だけでなく治水効果も併せ持っていたようである。さらに、河口付近では有明海の潮汐を利用して表層の河川水を樋門を通して取り入れるアオ（淡水）取水も行われてきた。

3. 成富兵庫と嘉瀬川

成富兵庫の水利事業に関して記した最も古い資料は、佐賀藩士だった南部長恒が天保5年（1834年）に著した「疎導要書」²⁾である。南部長恒は佐賀藩の全ての主要河川や溜め池などについて調べ、領内の河川管理、農業振興に関して藩主鍋島直正に献策した。鍋島直正は幕末の佐賀藩藩主で、産業振興や教育改革など様々な藩政改革を推進するとともに西洋の科学技術を積極的に採り入れ、当時、佐賀藩を我が国で最も科学技術が進んだ藩にまで高めた、佐賀の七賢人の1人に数えられる人物である。この「疎導要書」の序論で長恒は次のように述べている。「我国水利ヲ極メ土地ヲ発キシハ成富茂安功ニシテ其沢最大ナルハ世以テ知レル所ナレハ何レノ家ニカ其筆跡モアラント普ク是ヲ求ル事数年ナリト雖モ証トスヘキ物總ニ一ニシテ悉ク其事跡ヲ知ルコトアタハス是カ為ニ徒ニ月日ヲ送ランモ本意ナキコトナレハ国ノ隅隅山川ノ形勢ヲ見巡リ村老野人ノ云伝ル事ヲモ拾ヒ集メ其趣意ヲ勘考シ古ヘニ復

シテ耕作ノ助トセンコトヲ専心ニ掛遠近ト徘徊終ニ此書ニ及フ。」この「疎導要書」の中で、嘉瀬川（川上川）、多布施川、石井樋などについての記述があり、特に石井樋については、図-1のような挿図を用いてその仕組みを解説している。この石井樋の所で嘉瀬川は兵庫荒籠、遷宮荒籠などにより流向を南から南西に変流させられ、本川の水のうち必要な水量だけを多布施川に取り入れる仕組みであった。また、土砂生産が活発な嘉瀬川の土砂を如何に分別してきれいな水だけを取り入れるかについても工夫がなされており、象の鼻、天狗の鼻、亀石、出鼻、野越など随所に斬新な技術が使われていた。狭義の石井樋は石でできた井樋の水の取り入れ口のことを指すが、嘉瀬川の石井樋の場合は、上記のさまざまな成富兵庫が考えた水システム全体を意味する。石井樋は、その上流に川上頭首工が昭和35年に完成されるまでの約35年間大事に使われてきたが、昭和38年の大出水で壊れてしまいそのままになっていた。しかし、平成5年の皇太子殿下御成婚記念として石井樋地区歴史的水辺整備事業が採択され平成17年度に整備が完成し、石井樋からの取水が復活した。



図-1 石井樋（疎導要書）²⁾

なお、「疎導要書」では、天井川ではない筑後川についてはアオ以外の水がほとんど利用できないので、自ずと治水に重点が置かれて記述されてあるのに対し、それ以外の川、例えば嘉瀬川などは天井河川であるため、水利のための技術に力点が置かれている。この点については、宮地米蔵の「佐賀平野の水と土」³⁾でもほとんど筑後川以外の所での治水の記述がない（例外的に徳永川、市の江水路、黒川の3川合流と下流の巨勢川の影響については治水が述べられている）。一方、嘉瀬川についての治水の記述は「疎導要書」や「佐賀平野の水と土」にはほとんどないのが特徴である。一方、野間晴雄の『「疎導要書」にみる佐賀藩の治水と利水』⁴⁾では、嘉瀬川の石井樋が利水だけでなく治水も考慮して造られたことが若干ではあるが記述されている。また、地質学が専門であった小出博は、「嘉瀬川と成富兵庫」⁵⁾の中で次のような興味深いことを述べている。「この間（平野部）の嘉瀬川を見ると、実に興味深い。先ず河川敷とか、高水敷、つまり堤防と堤防の間の川幅は、全体として下流ほど狭く上流ほど広い。特に祇園川が西側から注ぎ込むところで嘉瀬川は急にしぼられ、それから下流は100m位の殆ど一定した川幅で流れている。そしてこの合流点から上流では、狭いところで100m、広いところでは450mの幅で膨らんだり縮んだり、まるで我々の持つ河川の常識を笑ってでもいるかのような格好である。（中略）川幅が広くなったり狭くなったりする部分は、遊水地だと云われている。（中略）それにしても平野の出口で、しかも佐賀市を一番みにしかねない真北に、遊水地を造るという考え方は、どういふところから来たのであろうか。」このように、小出博は嘉瀬川における成富兵庫の治水について疑問点を挙げ、これまでの千栗堤防や石井樋などに代表されるような成富兵庫の水利事業以外にもまだよく知られていないものが沢山存在し、これまでの兵庫像とは異なる見方で佐賀平野における兵庫の治水を見る必要があることを説いているのではないだろうか。

ところで、土木学会の「明治以前日本土木史」⁶⁾には、土木の各分野における功労者が載せられており、河川・運河・砂防の分野における功労者の中には成富兵庫の名前も出てくる。しかも、河川・運河・砂防の分野の彼の功労に対して明治44年に従四位の叙勲が授けられている。他の著名な功労者としては、野中兼山（正四位，明治45年）、河村瑞賢（正五位，明治44年）、熊澤蕃山（正四位，明治43年）、伊奈忠次（正五位，大正元年）、伊奈忠治（従五位，大正4年）、伊奈忠克（従四位，大正7年）、吉田光好（角倉了以）（正五位，明治44年）などがいる。この中で、兵庫より高い叙勲を受けているのは野中兼山と熊澤蕃山だけである。伊奈家は代々関東郡代を勤めた家柄であるから、如何に兵庫が高い評価を明治時代に受けていたかが推測される。「明治以前日本土木史」の功労者小伝には兵庫について次のような記述がある。「肥前國佐賀藩主鍋島信濃守勝茂の家老なり。筑後川の水を治め、千栗堤防の築造及び水除の荒籠を考案す。又杵島郡の荒野に長島川を引きて千石餘の新田を起し、小城郡蘆ヶ里の水道を掘り、河上川洪水の患を除きたり。」この文章中の最後の所で、「河上川洪水の患を除きたり」とあるのは勿論、嘉瀬川の治水のことである。要するに、いままで嘉瀬川の治水についての記述がほとんど見られなかったのに、この「明治以前日本土木史（昭和11年6月発行）」には上記のように書かれているのである。

治水の神様として崇められてきた成富兵庫であるが、昨年（2006年）、武田信玄、加藤清正、そして成富兵庫の治水を比較した本が出版された（加藤清正 築城と治水（谷川健一編）⁷⁾）。この中で、竹林征三は次のように述べている。江戸時代初期、「日本全体の治水思想は武田信玄の治水思想を継ぐ伊奈流の治水が関東平野において採用され、関東流の治水として徳川幕府の治水の本流を占めることとなった。（中略）しかし、徳川八代将軍吉宗の世となり、これまでの関東流の治水から、より機能一辺倒の連続堤による紀州流の治水が、その主役の座を引き継いだ。

(中略) 清正の治水, 兵庫の治水は大自然の営力を適確にとらえる天才ともいえる知恵が大前提の技術である。一方, 関東流の知恵は天才の知恵ではなく秀才の知恵であり, 紀州流は単純明快であり凡才の知恵によるものであり, (中略), その後, (中略) 紀州流の治水の延長線上の治水哲学でこれまでやってきた。」竹林氏の記述には兵庫の事業として漏れているものも幾つか存在するが, 清正や兵庫のすぐれた治水技術を学び, 今後の流域管理に生かしていくことが重要だと述べる竹林氏の意見には賛成である。加藤清正といつも行動を共にしてきたとされる成富兵庫が, 治水技術をその当時もっとも進んだものにしていったことは想像に難くない。

4. 佐賀平野の流域治水システム

上述のように, 成富兵庫茂安の治水はまだ全貌が見えていないけれども, 非常に優れた技術であり, これを調査, 分析し, そこから我々もすぐれたものを学び, 将来に生かしていく必要がある。そういう点でみると, 佐賀は理想的な研究のフィールドである。なぜなら, 成富兵庫の治水・利水遺構がここかしこに存在する。しかも, 大都市と異なり, 開発が大規模になされていないため, そのままの状態が残っている所も少なくない。ここでご紹介する佐賀平野の流域治水システムは, 土木学会水工学委員会ならびに土木計画学研究委員会に設けられた, 「流域管理と地域計画の連携方策」に関する共同研究(平成16~18年度)²¹⁾の成果の一部である。研究担当者は, 大串浩一郎(佐賀大学), 岸原信義(佐賀大学), 外尾一則(佐賀大学), 葛堅(佐賀大学), 平川隆一(佐賀大学), 島谷幸宏(九州大学)の6名であり, 代表研究者の大串がその成果の一部をまとめてここでご紹介する。

4.1 嘉瀬川本川の治水システム

4.1.1 嘉瀬川の現状²¹⁾

図-2に嘉瀬川水系流域図を示す。嘉瀬川は1級河川であり, 水源は佐賀県佐賀市三瀬村脊振山系である。山間部で支川と合流した後には官人橋から扇状地帯へと流れる。その後, 川上頭首工によって取水される。その下流で大井手堰によって堰き止められ, 石井樋で多布施川と分かれる。その余水が嘉瀬川に戻り, 南西に流路を変えて流下する。さらに下流で鯉川と合流し, その後, 標高5m地点付近で祇園川と合流して流路を南に変え, 佐賀平野を南流し有明海に注ぐ。嘉瀬川の流域は3市3町にまたがり(平成18年3月現在), 幹川流路延長57km, 流域面積368km², 流域内人口261千人となっている。

図-3に嘉瀬川の水路幅縦断面図を示す。この図より, 河口から6.0km地点までは低水路幅が広く, 両岸の高水敷幅は狭いが, 6.0km地点より上流では低水路幅が狭くなり, 左右岸の高水敷は広がっていることがわかる。また, 12.0km地点より上流では両岸本堤の変化によって, 両岸高水敷の幅が膨縮を繰り返していることがわかる。

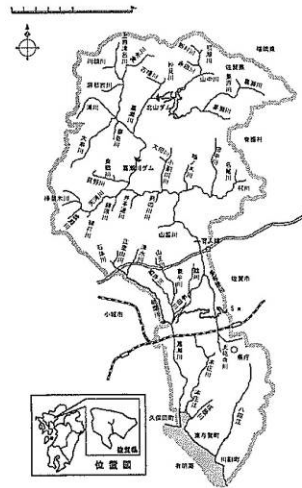


図-2 嘉瀬川水系流域図²¹⁾

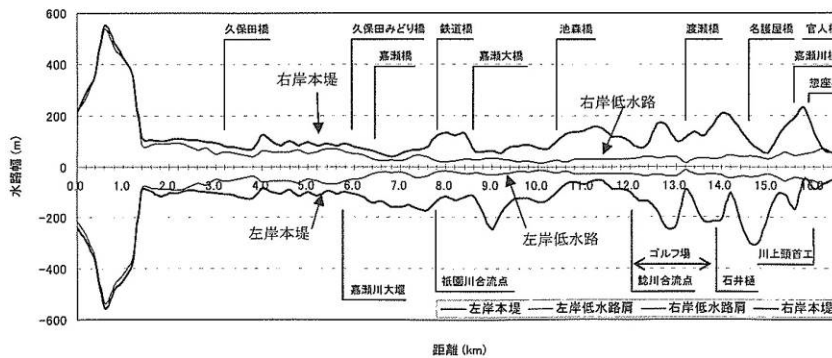


図-3 嘉瀬川河道の水路幅縦断面図²¹⁾

A-6-4

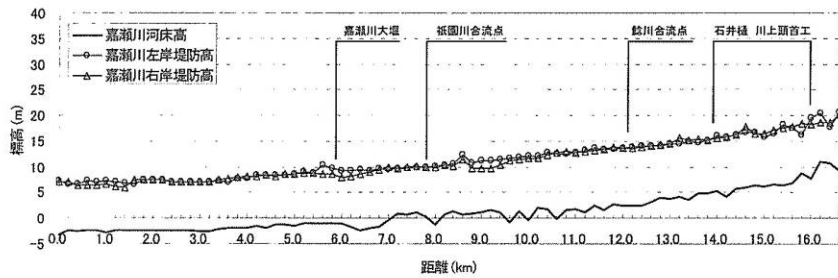


図-4 嘉瀬川縦断面図²¹⁾

図-4に嘉瀬川の縦断面を示す。この図より嘉瀬川の最深河床勾配は河口から嘉瀬川大堰(5.6 km)の区間で1/2363、嘉瀬川大堰から大井手堰(13.5 km)の区間で1/1546、大井手堰から官人橋(16.6 km)の区間で1/619である。兩岸本堤の高低差はほとんどないが、10.0 km地点より下流において右岸本堤が低い箇所があり、10.0 km地点より上流では左岸本堤が低い箇所があることがわかる。以前、嘉瀬川には洪水時に本川で流下できない水を堤内地に越流させる野越(のこし)が設置されていたが、現在ではその大半が河川改修と共に嵩上げされ消滅している。

嘉瀬川における過去の主な災害は、明治43年洪水、昭和20年9月洪水(枕崎台風)、昭和24年洪水(ジュディス台風)、昭和28年6月洪水(西日本災害)、昭和38年6月洪水等があり、たびたび大災害に見舞われている。平田地区にある水害復旧記念碑には、「昭和二十年九月、平田橋々頭以南の堤防決潰。死者20人、流家九戸、耕地大半尺以上の土砂に埋没され、其の復旧も未完であったのに又又二十四年記念碑東方以北決潰して、流入土砂於保附近尺余、碑附近五六尺に及んで全く沙漠其のまま耕地荒廃極度に達し…」と記されており当時の災害の凄まじさを物語っている。図-5に嘉瀬川本川における野越堤の分布を①～⑤で示す。尼寺堤外遊水地の付近には五つの野越があり、昭和20、24年洪水時には①、⑤の野越部分が破堤した。

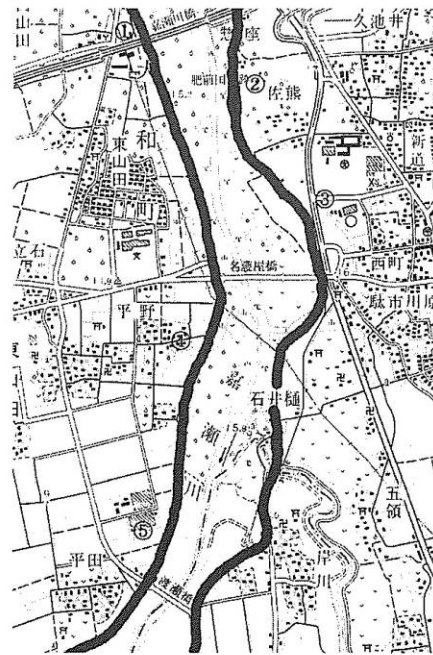


図-5 破堤箇所及び野越分布図²¹⁾

一方、利水施設としては、江戸時代初期に成富兵庫茂安が、佐賀城下の水道用水や佐賀平野の農業用水確保を目的として嘉瀬川に中流部に石井樋を築造した。これは、現存する日本最古の取水施設と言われている。石井樋は、約350年の間地域を潤してきたが、昭和32年3月に利水用として北山ダム(有効貯水量2,200万 m^3)が完工し、また、昭和35年に川上頭首工が完成することで、それまで取水を行っていた石井樋からは取水しなくなり、その後、昭和38年の大出水で石井樋は破壊され土砂による埋没状態で放置されていた。しかしながら、平成5年の皇太子殿下御成婚記念として、石井樋地区歴史的水辺整備事業が採択・実施され、平成17年度に完成を見た。その結果、嘉瀬川の水は、一部、石井樋を通過し、ここからの取水が復活したことは上述の通りである。

また、北山ダムの下流に嘉瀬川ダムの建設が計画され、現在建設中である。嘉瀬川ダムサイトは、嘉瀬川の河口から約30km上流に位置し、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水、水道、工業用水道の供給及び発電を目的とする多目的ダムである。

さらに、平成19年3月、国土交通省九州地方整備局は、治水・利水・環境の観点から、嘉瀬川の今後おおむね20年間の具体的な河川整備計画の姿を示す「嘉瀬川水系河川整備計画(案)」²²⁾を公表した所である。

4. 1. 2 嘉瀬川の堤外遊水地と水害防備林の役割に関する水理学的検討^{9), 17), 21)}

この節で対象としたのは嘉瀬川河口より 12.0km から 16.6km の区間である。図-6 は対象領域の空中写真および平面図である。これより上流は花崗岩類が広く分布した山地を流れる山地河川である。そのため、出水時には土砂の流出が著しい。また対象区間の河床勾配は約 1/670 であり、兩岸の堤内地には住宅地が建ち並んでいる。以下に対象領域の大きな特徴である水害防備林と前堤（まえてい）について示す。

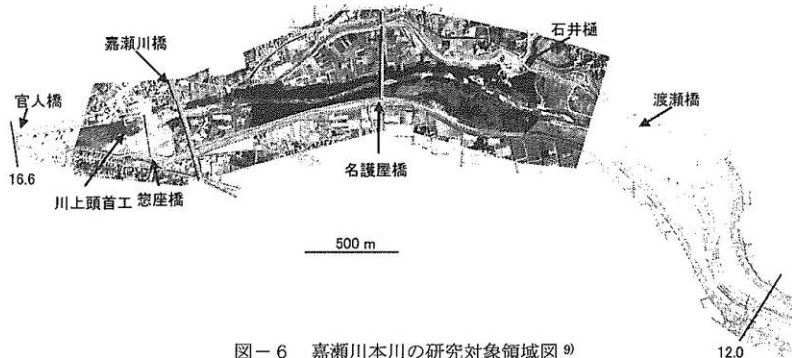


図-6 嘉瀬川本川の研究対象領域図⁹⁾

(1) 水害防備林について

13.8km から 15.4km の区間には低水路に沿って水害防備林として竹が繁茂している。特に 14.2km から 15.4km の区間の左岸の水害防備林は尼寺林と呼ばれ、その機能は従来から出水時の土砂の篩い分け機能があるとされており、それに加え、近年の研究では左岸高水敷全体の死水域化を促し、流心を堤防からそらすことで堤防の決壊を防ぐ機能があることも明らかになっている^{10), 11), 12)}。しかし、現在では林の手入れがなされておらず、そのほとんどが放置林になっており、1987 年の水害防備林の分布（図-7）と 2002 年の水害防備林の分布（図-8）の比較から明らかのようにその繁茂面積は増加傾向にある。特に右岸の林は低水路に向かって大きく拡大しており、最大で約 25m の拡大が認められる。図-9 は 2003 年 12 月に行われた水害防備林の調査資料をもとに算出した密生度の縦断方向の変化を示したものである。

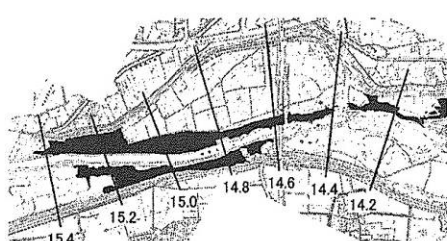


図-7 水害防備林分布(1987年)(黒色部が林)⁹⁾

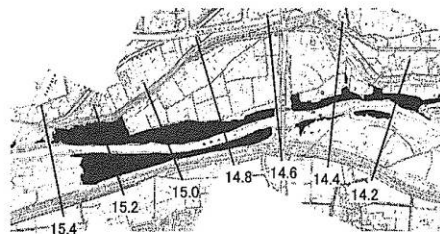


図-8 水害防備林分布(2002年)(黒色部が林)⁹⁾

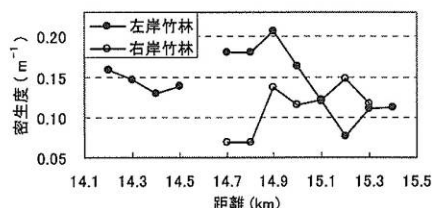


図-9 水害防備林の密生度⁹⁾

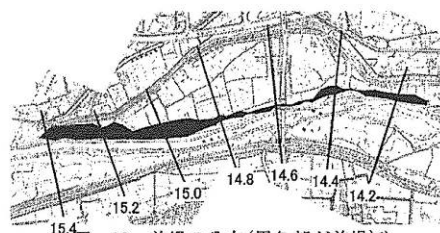


図-10 前堤の分布(黒色部が前堤)⁹⁾

密生度 λ_{veg} とは、次式より算出される単位面積当たりの竹林群による投影遮蔽長である。

$$\lambda_{veg} = \frac{nD_m}{s^2} \quad (1)$$

ここで、 n ：竹の本数、 D_m ：竹の平均直径、 s ：サンプリング格子幅である。これより、左岸の密生度は 15.2km 地点で最小となり下流に行くにつれて増加し、その後ほぼ一定の値をとることがわかる。対して右岸の密生度は下流に行くにしたがって減少するという特徴がある。また、名護屋橋付近では兩岸の林は途切れている。

(2) 前堤について

低水路に沿った多くの箇所では前堤が設置されていることも嘉瀬川中流域の特徴である。図-10 に示すように 14.2km から 15.4km 区間の特に左岸において低水路に沿って前堤が設置されており、その大部分が水害防備林に覆われている。また、前堤はその上流部と下流部で本堤と繋がっており、そのため左岸の高水敷は本堤と前堤によって囲まれている。従来の研究では 200m ピッチの横断データしかなく、前堤の詳細な分布および形状を明らかにすることは困難であったが、本研究では 25m ピッチの横断データを用いたことでそれらがより詳細に明らかになった。図-11 に 14.7km 地点の横断面図を示す。平時時には流水はこの前堤に挟まれた低水路部分で流下するが、出水時には流水が前堤を越えて高水敷へと浸入する。図-12 に前堤高の縦断面図を示す。ここで図中の左岸高水敷高とは高水敷中央点の河床高である。この図より、上流部の前堤が本堤よりも高くなっているが、15.35km から 15.20km 区間において前堤がない部分があることが分かる。それより下流では数箇所では前堤が無い部分が見られるが、高水敷との高低差は約 1m から 2m となっている。また以前はこの前堤の 14.8km 付近に野越が施され、出水時には左岸高水敷へと流水を流入させていたが、現在はその野越を確認する事はできない。

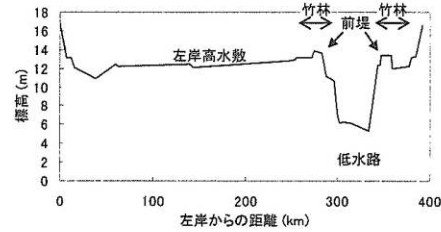


図-11 14.7km 地点の横断面図⁹⁾

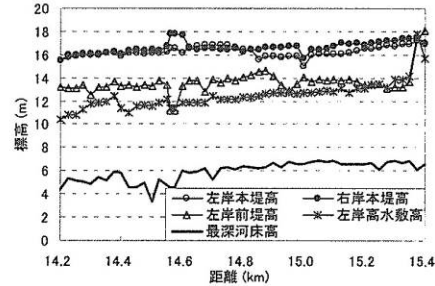


図-12 前堤の縦断面分布図⁹⁾

(3) 数値解析による堤外遊水地の機能の検討^{9), 21)}

解析対象河川の形状が、堤外遊水地が設置されているために振幅を繰り返していることや、前堤などのように複雑な形状をしており、数値解析モデルを適用する際には河川形状の表現、計算格子形成の容易さを考慮する必要があり、解析方法としてここでは一般曲線座標系による解析方法を採用することとした。

数値解析に用いた基礎式は、2次元の一般曲線座標系に基づく連続式と運動方程式である。水深平均レイノルズ応力は Nezu and Nakagawa²⁰⁾による鉛直方向の乱れエネルギーの分布に関する実験式を適用して算出した。水害防備林の影響は次式で表される抵抗項として与えた。

$$F_x = (1/2) \rho C_d \lambda_{veg} h u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (2)$$

$$F_y = (1/2) \rho C_d \lambda_{veg} h v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (3)$$

ここで、 C_d は抗力係数であり 1.2 とし、水害防備林は冠水しないものとした。基礎式の離散化手法として有限体積法を採用し、変数配置にはスタッガードスキームを用いた。また、移流項の離散化には風上差分を用い、その他の空間方向差分には中央差分を用いた。また、時間方向差分には Adams-Bashforth の 2 点公式を適用した。縦断方向に 85 断面、横断方向には左岸高水敷で 30 断面、低水路で 20 断面、右岸高水敷で 20 断面となるように設定した。一つのメッシュの縦断幅はおおよそ 25~200m、横断幅は 1~9m である。河床形状については 2003 年に測量された 25m ピッチと 200m ピッチの横断データを用いた。河川形状の変化が大きいの 15.650~14.200km 区間においては 25m ピッチの横断データを用い、その他の区間では 200m ピッチの横断データを元に各格子点に河床データを与えた。また各断面の堤防天端高は冠水しない高さを与えた。

解析対象とした洪水は、1990年7月2日の出水(ピーク流量は1,039m³/s(官人橋16.6km地点)ならびにそれより規模の大きい洪水の2パターンである。大規模な洪水に対する水害防備林の検討を行うために、まず、嘉瀬川の16.6km地点に1990年洪水の観測流量を流下可能な流量にまで引き伸ばした流量を、河口に有明海の計画高潮位を境界条件として与えて水害防備林がある場合と無い場合で1次元数値計算を行い、得られた結果を大規模洪水として平面2次元数値計算に用いた。1次元数値計算の結果、大規模洪水の16.6km地点におけるピーク流量は水害防備林がある場合に1,900m³/s、無い場合に2,000m³/sとなった。これらの洪水は嘉瀬川のこの地点における計画高水流量2,500m³/sの43%,76%,80%の流量にあたる。境界条件として、上流端(16.6km地点)に流量ハイドログラフを、下流端(12.0km地点)に水位ハイドログラフを与えて不定流の計算を行った。また、河道の底面粗度係数は低水路で0.028,高水路で0.033とし、助走時間として5時間一定の流量と水位で計算した後、洪水流量と水位の変化を与えた。

また、水害防備林の分布については1990年当時の空中写真がないために1987年の空中写真から分布を読み取り、1990年の水害防備林分布とした。また、2002年の空中写真から水害防備林の分布を読み取り、現在の水害防備林分布とした。計算ケースは1990年の洪水に対して1990年の水害防備林分布(CASE 1)、2002年の水害防備林分布(CASE 2)、大規模洪水に対して水害防備林がある場合(CASE 3)、水害防備林がない場合(CASE 4)や、その他、前提の有無、堤外遊水地の有無などの組み合わせの計18パターンである。

図-13はCASE 1とCASE 2についての計算水位と痕跡高とを比較したものである。ここで、計算水位はそれぞれの地点の計算された最大水位である。CASE 1の計算で用いた地形や水害防備林のデータが1990年のものとは異なるが、計算水位は痕跡高とよく合う結果を得た。しかし、13.8~16.0km区間では水位が痕跡高よりも0.5~1m程度大きくなっている。この要因として、特に14.6~15.4km区間に繁茂している水害防備林の抵抗を適切に評価できていない可能性もある。対してCASE 2においては痕跡高よりも1~2m大きな結果となっている。これは14.6~15.4km区間の主に右岸高水敷に繁茂している水害防備林が低水路に向かって最大で25mも拡大し、水の流れを阻害して水位を上昇させたものと考えられる。また、水害防備林が繁茂している部分で水位が上昇した結果、その影響がさらに上流の林がない部分にまで伝わっている。

図-14はCASE 3とCASE 4におけるそれぞれの地点の最大計算水位を示している。この図より14.0kmより下流では水位の差はほとんど無いが、水害防備林が繁茂している区間から水位差が大きくなり、最大で3mの水位差が見られる。またCASE 3の場合、15.4km付近で水位が最大になっている。これは河道が狭窄すると共に水害防備林が繁茂しているためにより多くの水位上昇が発生したものと考えられる。この箇所での水位上昇はさらに上流の林が繁茂していない部分に影響を及ぼし、林が無い部分においても水位差が約2mとなっている。

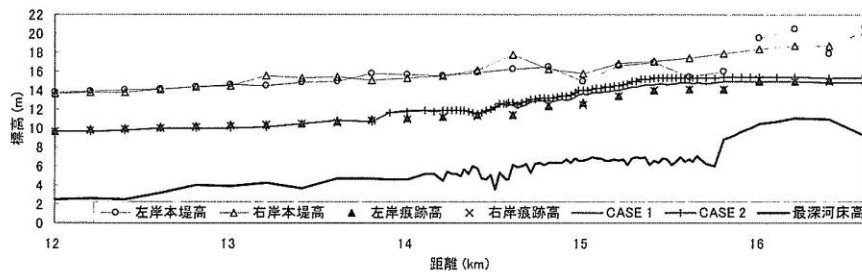


図-13 CASE 1, CASE 2 の計算水位と痕跡高の比較図⁹⁾

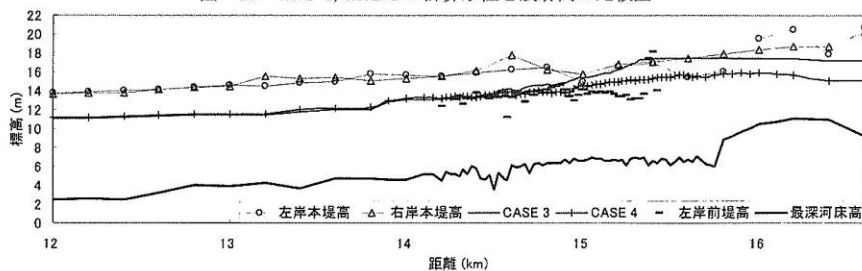


図-14 CASE 3, CASE 4 の計算水位比較図⁹⁾

A-6-8

図-15, 図-16はCASE 3, CASE 4において, 上流端(16.6km地点)の流量がピーク流量時の流速ベクトルおよび流速コンターを示している。CASE 3において, 上流から15.4km付近までは流速は小さく, 横断分布はほぼ一様であるが, CASE 4では流速は最大で10m/s以上あり, さらに低水路と高水敷とで流速分布が異なっている。CASE 3では水害防備林を考慮しており, 林によって流下を阻害された水が上流部で溜まり, その結果河道全体で流速がほぼ一様になったものと考えられる。対してCASE 4では水害防備林はなく, 上流部で水が溜まらないためにそのまま流下し, 流速が大きくなったと考えられる。水害防備林が繁茂している区間ではCASE 3の場合には流れは低水路と高水敷の流れに明確に分けられる。低水路において流れは中央に集中し流速は4~5m/sとなる。高水敷の林がある部分では流速は1m/s以下と小さく抑えられていることがわかる。しかし, 林がない部分では流速は1.5m/s程度とやや大きくなる。これは林によって水位が上昇し, 林がないCASE 4に比べて水面勾配が大きいためと考えられる。対してCASE 4では低水路全体で流速が4m/s程度と大きくなっており, CASE 3と比べて流速は小さくなるが低水路全体で流速が大きくなっていることがわかる。従って低水路に沿って繁茂している水害防備林によって低水路の中心に主流部分が形成されることで, 低水路の側壁は洗掘されないで流路は固定される。低水路の固定は水害防備林の機能の一つと考えられる。また, 高水敷での流速は1.0m/s程度とCASE 3と比べて小さくなるが, どちらのケースでも低水路の流速と比べて1/3程度に抑えられていることが分かる。

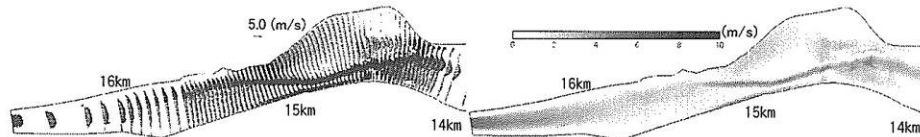


図-15 CASE 3の流速ベクトルと流速コンター図⁹⁾

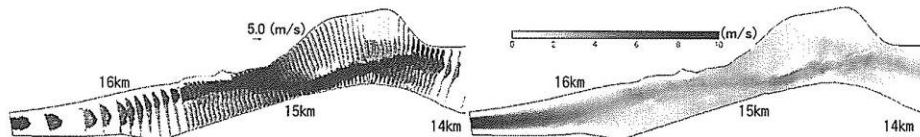


図-16 CASE 4の流速ベクトルと流速コンター図⁹⁾

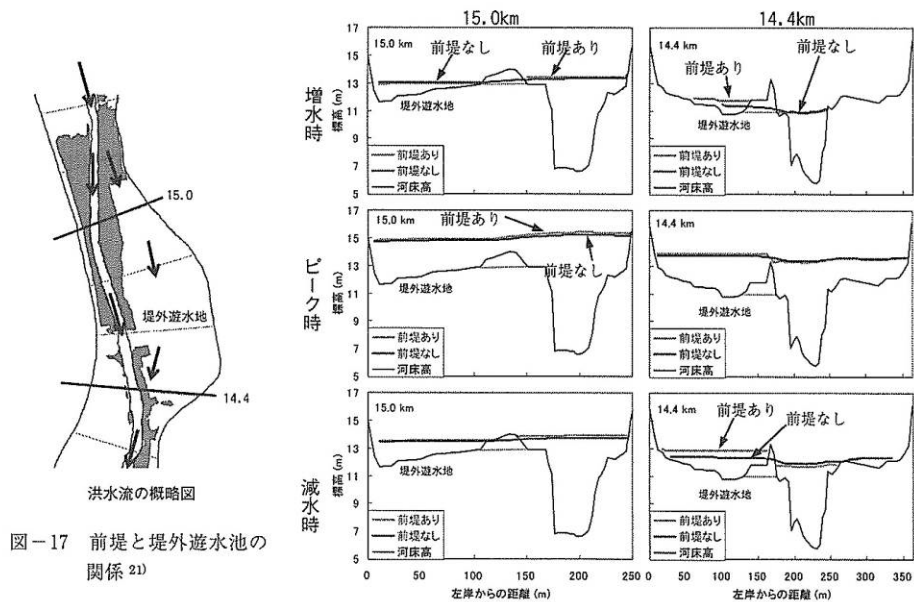


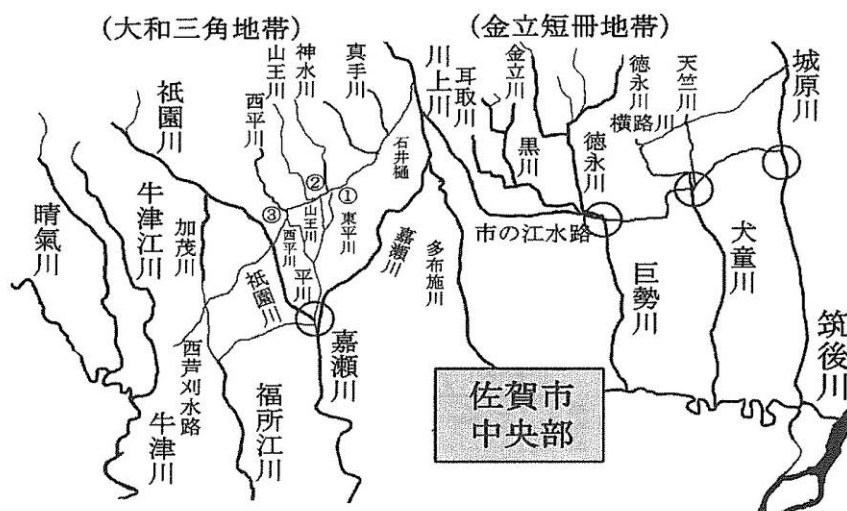
図-17 前堤と堤外遊水地の関係²⁾

A-6-9

次に堤外遊水地と前堤との関係を見てみる。図-17のように、流量1,900m³/sに対して、15.0km地点と14.4km地点の水位の横断分布の時間変化を見ると、前堤が存在しない場合に比べて前堤が存在する場合は、遊水地への流入が制限されるとともに、いったん貯留すると、こんどは流出しにくい構造になっていることが分かる。これは、遊水地への貯留が目的ではなく、増水期の洪水流の本堤への衝突を緩和するとともに、ピーク時から減水時にかけても貯留水によって洪水流の本堤への影響を弱め、最大限、本堤への影響を少なくする仕組みであると考えられる。

4. 2 嘉瀬川右岸域の流域治水システム

嘉瀬川本川からさらに両岸の堤内地に目を移して見ることにする。佐賀平野北部の河川群は、図-18のように、多布施川を中心として東西に広がっているのが分かる。また、嘉瀬川より東の河川はほとんど全て筑後川に流入する筑後川支川ということも見てとれる。一方、この図の中で、嘉瀬川、祇園川、巨勢川などは、他の河川と異なり鋭角に曲がったり地形上の等高線（この地域では北から南に地盤高は低くなっている）とは関係なく斜めに流れていたりしている。しかも、面白いことにこれらの河川が集まる地点の標高は全て5m地帯なのである（図中に丸印で示している）。標高5m地帯というのは、有明海（我が国で最大の潮位差の海）の潮が遡上してくる限界点である。以上のことは、偶然に生じたものとは考えにくく、ある意図を持ってこのような形になったと考えるのが自然である。そして、それは、佐賀平野の治水を考える上で非常に重要なポイントであるとともに、成富兵庫の治水としては今までほとんど知られていなかった流域治水システムが、実は佐賀平野の中心部で壮大に展開されていたことが分かってきた^{13), 14)}。



(昭和15年：5万分の1地形図より作成)

図-18 佐賀平野北部の河川図^{13), 14), 18)}

この図で、嘉瀬川の上流部は川上川と書かれているが、昔は石井樋より上流は川上川と呼んでいたらしい。この川上川から右岸側南西に流れているのが、西芦刈水路である。また、小城の方から南東方角へ流れているのが祇園川である。この西芦刈水路、祇園川、そして嘉瀬川（川上川）で囲まれた地域を、岸原らは大和三角地帯と名付けた。一方、川上川左岸から南東方角へ流れ、途中から東へ流れているのが市の江水路である。この市の江水路より北側の河川は全て途中で南東の方に曲げられ、直角的な形状から岸原らはこの地域を金立短冊地帯と名付けた。これ以降、この地帯を岸原らにならぬ大和三角地帯（やまとさんかくちたい）、あるいは金立短冊地帯（きんりゅうたんざくちたい）と呼ぶことにする。そして、まず、大和三角地帯、すなわち、嘉瀬川右岸域における流域治水について見ていくことにする。

まず、西芦刈水道であるが、これは、「明治以前日本土木史」の中でも記述されているように、成富兵庫が開削し

たものである。この水路は、右岸堤防がほとんどなく、左岸堤防だけが数m高くなっている。この西芦刈水路より北側には6本の河川が存在するが、それらの河川は全て西芦刈水路で遮断され、6本の河川を流れる水は全て西芦刈水路に流れる。図中には、西芦刈水路より南側に北から河川が流れているように見えるが、これは実は条件付きで流れる場合があるに過ぎない。この条件について次に見ていこう。まず、山王川であるが、これは、図-19に示すように天井井樋という施設によってうまく水の流れをコントロールしている。実は、この山王川と西芦刈水路は立体交差しており、西芦刈水路が下を流れている。平水時には、山王川上流から流れてくる水は、この天井井樋という大きな穴によって全て西芦刈水路に落ちる仕組みになっており、それより南側の山王川は通常は水が流れていない「から川」になっている。しかし、右岸堤防がほとんどない西芦刈水路に大雨によって北側の山から雨水が流れ込んで、周辺に湛水していくにつれ、西芦刈水路の水位も上昇していく。この水位が先ほどの天井井樋の高さを超えると、最早、山王川の水は西芦刈水路には落ちずに、立体交差の上を下流の山王川に流れていくのである。

次に、山王川より東にある東平川であるが、図-20に示すように右岸側が無堤部になっている西芦刈水路にはある限度までは山側からの雨水が流れ込むけれども、ある限度を越すと乗越堤を越えて東平川から南に流れていく。

最後に、東平川、山王川より西にある西平川である。図-21に示す通り、西平川にも乗越堤が存在し、ある水位以上になると西芦刈水路から西平川に雨水が流れ始める。地元ではこの乗越堤のことを河渉路と呼んでいるそうである。

以上のように、西芦刈水路の北側からやってくる雨水は、通常は用水路である西芦刈水路に流れていくけれども、洪水期に西芦刈水路の水位が上昇すると、西芦刈水路の北側の地帯へ湛水が始まる。つまり、その地域に降った雨をその地域で貯留させる、いわゆる現地貯留型の遊水地として機能している。さらに流入水が増加し、遊水地として機能していた地域においてもある限度まで達すると、西芦刈水路を越えて南側へ自動的に雨水を流下させる仕組みになっていたことが分かる。西芦刈水路は、用水路であるにも関わらず、その左岸堤防により南側の地域への水の流下を防ぐという意味においては治水施設として機能している所が特徴的であり、このような治水・利水が混在する極めて緻密で合理的な仕組みは成富兵庫の治水遺構の随所に見られるものである。

次に、大和三角地帯の最南端に目を移してみよう。ここは、嘉瀬川と祇園川に囲まれる昔から浸水頻度が高い場所である。地元では、この地域のことを「湾内」と呼ぶ。文字通り、海のように水深が深くなる場合があるようである。ところが、ここに入って来る水は、どこからやって来るかというと、唯一、下流の嘉瀬川、祇園川の合流点からだけである。その証拠に、北側の水は上述のように西芦刈水路に阻まれて流れてこない。また、西芦刈水路より北側の湛水深が大きくなると、初めて東平川、山王川、西平川から南に水が流れてくるが、それでも、この湾内には流れて来ない。その理由は、図-22に示すように、湾内を囲む河川堤防は、それぞれの河川の対岸の堤防より高く、唯一低い場所が嘉瀬川・祇園川の合流点だけであるからである。図中には対岸より高い部分を薄い灰色、低い部分を濃い灰色で示している。この嘉瀬川・祇園川の合流点は、上述のように有明海の潮が遡ってくる上限である標高5m地点である。

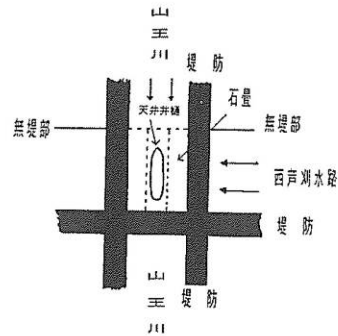


図-19 山王川の天井井樋 10, 14)

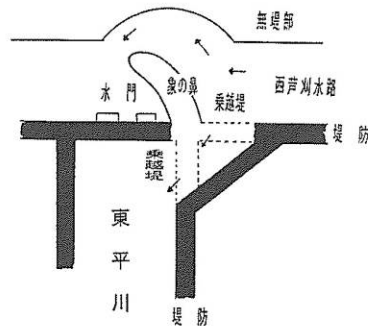


図-20 東平川の乗越堤 10, 14)

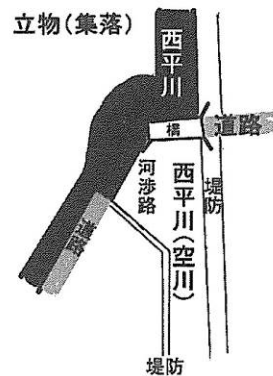


図-21 西平川の河渉路 15)

つまり、嘉瀬川は感潮河川であり、有明海が満潮の場合には河川上流からの水を流下させることは困難であり、昔からこの周辺は洪水氾濫の常襲地帯だった。したがって、少しでもその影響を緩和するために、合流点からのみ水を堤内地に引き込み、本川堤防の破堤を防いだものと考えられる。このように、潮汐の影響を受ける土地で、遊水地として水を遊水させる所を岸原らは「満潮型遊水地」と名付けている。この満潮型遊水地の中にも何本かの堤防が走っている。これらの堤防沿いには全く河川や水路は見られない。このような堤防を水受堤という。水受堤の一部には野越と呼ばれる低い部分が存在して、氾濫水の流れまで制御する大変緻密な仕組みになっている。

さらに、大和三角地帯の最も東側に位置する嘉瀬川に面した地域では、上記の2つの役割とは異なる役割を持っていた。既に図-5に示したように、嘉瀬川の右岸左岸には所々に乗越堤が存在していた。すなわち、本川が計画規模を上回る洪水に見舞われた場合、本川からの流水を一時的に貯留する、いわゆる「本川越流型遊水地」として機能していた。この本川越流型遊水地は、もちろん、本川への負荷を低く抑えて流域で洪水の一部を受け持つ治水手法であるが、上述の現地貯留型遊水地や満潮型遊水地と重複することなく、その役割をそれぞれ分担して治水を行っている所が注目に値する。また、本川越流型遊水地には多数の水受堤が存在し、その多くは本川の流下方向と逆方向に越流させ、できるだけ減勢を行いながら堤内遊水地に引き込み、水受堤や水害防備林により集落を守る仕組みとなっていた（図-23 参照）。

満潮型遊水地である湾内が意図的に下流からの水を受ける役割をもっていたとするならば、浸水頻度もかなり高かったと想定させる。そして、そのためこの地域ではソフト的治水対策がセットで行われていたのではないかと考えられた。そこで、この地域の浸水頻度を表す指標として、藩政時代のこの地域の土地の評価を調べることとした。対象地域はほとんど農作地であり、ここで収穫される農作物の収穫量が多ければ当然土地の評価は高くなる。いつも浸水して収穫量の期待が持てない所は逆に土地の評価は低くなるはずである。土地の評価がどのようなかを知るために、この地域の地租を調べることとした。藩政時代の地租の情報は入手するのが困難なので、明治時代の地租の分布を調べた。その結果得られたものが、図-24である

15)

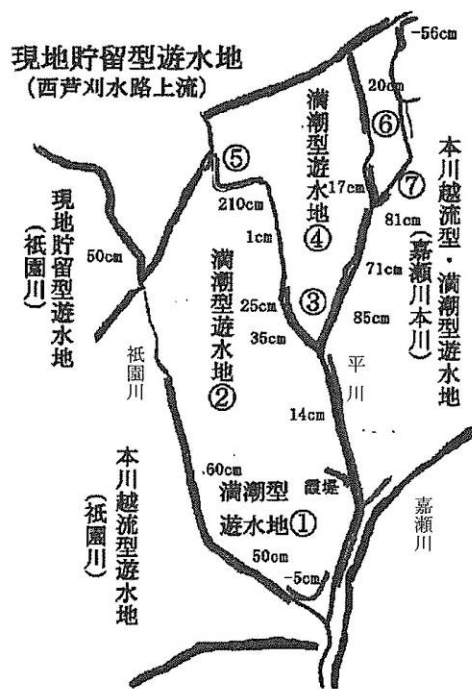


図-22 湾内と周辺河川堤防兩岸の堤防高低差 18)

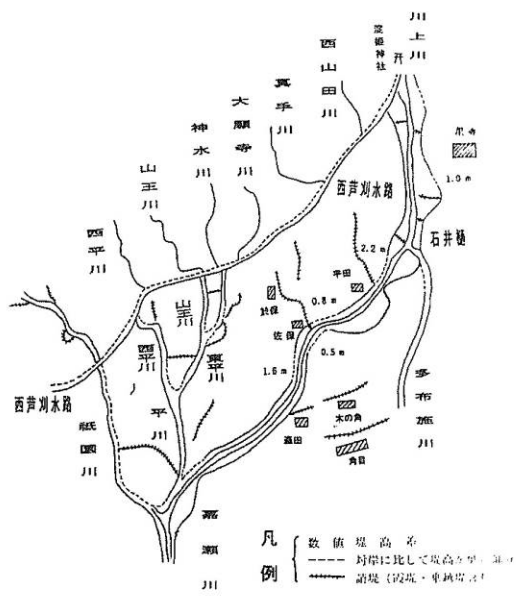


図-23 大和三角地帯の河川群と水受堤 14)

グループ別地租一覧表

番号	字名	地番	等級	地租
1	島溝	22	外等	0.212
2	島溝	23	外等	0.588
3	島溝	24	外等	0.927
4	堀江	30	外等	0.927
5	堀江	6・7	外等	0.587
6	道辺	15	外等	0.554
7	堀江	29	外等	0.927
8	堀江	5	7-8等	1.342
9	道辺	13	4-9等	1.664
10	島溝	19	9等	1.091
11	島溝	16	6等	1.464
12	島溝	12	8等	1.217
13	島溝	14	2等	1.836
14	深町	34	外等	0.925
15	深町	24	8等	1.217
16	深町	30	外等	0.927
17	深町	27・28	7-9等	1.092

註：地租は反当りの金額(円)である。湾内地区周辺の地租分布



図-24 「湾内」地区周辺の明治時代の地租分布^{18), 19)}

この地域の調査した中で最も地租が低い所は地区1である。嘉瀬川と祇園川に挟まれ（正確に言えば平川と祇園川に挟まれている）、合流部からの満潮に伴う河川水の遡上によって最も浸水頻度が高く、農作物の収穫量も少なかった地域に違いない。したがって、地租を安くし、佐賀藩は予め農作民をこの地で優遇し、ソフト的に治水対策を行っていたとも考えられる。興味深いのは、地区1の次に地租が安いのが地区2ではなく地区6である（その差は殆どないが）。そして、意外と地租が高いのが地区8、9である。湾内に比べれば、祇園川以西/以南の土地は地租が高くなっている。

この地租調査のプロセスの中で奇妙なことに遭遇した。この調査においては、明治20年代の字名、地目、地番、面積、地価、地租、等級などを調べていったが、図-25に示すように、道辺村、堀江村の境界線が祇園川を跨いでいるのである。普通は、河川が町・村の境界であるはずで、村の真ん中を河川が流れていることはあり得ない。さらに、この2つの村の東の境界は、通常水が流れていない平川である。

そこで、もう一度、図-18の佐賀平野北部の河川図を見ていただきたい。嘉瀬川と合流している祇園川であるが、地形に沿って流れれば、山から出てきた祇園川は、南へ下り、福所江川に流れていくはずである。祇園川から福所江川に流れる流路の線上には加茂川と呼ばれる川が流れている（流れていたと言った方が正確かも知れない。現在は、この地域は耕地整理によって農地が開発され、加茂川があった場所には幅が数10cmの水路が現在は流れているのみである）。

つまり、本来の祇園川の流れが南流していた時代に道辺村、堀江村の境界ができ、その後に祇園川の流れが南東に移された、すなわち、瀬替えが行われた可能性が非常に高いことが分かってきた^{18), 19)}。



図-25 湾内周辺の集落（明治20年代）¹⁸⁾

一方、嘉瀬川についても、既に述べたように地形に沿って南流するのが普通だと考えられるが、石井樋の所で極端に南西の方角に曲げられている。図-26は、嘉瀬川、祇園川とその他の河川群について示している。嘉瀬川、祇園川以外に南に流れていないのは、人工水路である西芦刈水路と市の江水路だけである。

実は、この嘉瀬川と祇園川の間には流れている平川を境として藩政時代は東側が佐賀本藩、西が小城藩であった。江戸時代初期に佐賀鍋島藩は、自国の国づくりのために成富兵庫らに命じて河川・水路の体系を見直し、治水・利水事業を積極的に進めた。事実、江戸時代初期に描かれその後天保時代に模写された慶長肥前絵図には祇園川は描かれていない。一方、元禄肥前絵図には平川、祇園川が嘉瀬川とともに描かれており、この間に新川開削と瀬替えが行われた傍証になっている。



図-26 嘉瀬川、祇園川とその他の周辺河川 13), 14), 18)

4. 3 嘉瀬川左岸域の流域治水システム

次に、嘉瀬川左岸域に目を移してみよう。この地域を岸原らは金立短冊地帯と名付けているが、この地域の特徴は、図-27に示すように河川・水路が直角に近い角度で曲げられている点である。耳取川は図のように上流集水域を黒川と久池井川（くちいがわ）とにより簞奪され、東西に流れる「尼寺から川」の流入だけであった。この「尼寺から川」の起点は嘉瀬川である。

嘉瀬川左岸域でこの尼寺から川と耳取川に注目するのは、成富三平が彼の著書（昭和46年）の中で以下のように述べているからである。「...「水防林」と称し、左図（図-28）の如く「乗越」の背後に約5haの広い竹林（称して「尼寺林」）があり、洪水の時、川から流れ込む土砂を、この林で濾過し、更にその後方、内土居（第2の堤防）の外側に平素は水の無い川（第二洪水敷）を設けて、竹林を潜って流れ込む水をこの川により下流に逸散させる方法が講じてあった。」昭和23年の地形図には成富氏指摘のように郵便局・小学校の前に水田（高水敷）が東西に延びていた。

大和町教育委員会の田中氏は遺跡調査の資料などから第2洪水敷や空橋などを推定した。春日郵便局の横の「尼寺から橋」を東に流れ、春日小学校の東で直角に曲がり南下する。この南下する「から川」が耳取川である。この「から川」や「から橋」の一部は現在でも認められる。耳取川の集水域が黒川と久池井川で簞奪されている理由は、耳取川が嘉瀬川本川の放水路（第二洪水敷）であったからであると考えられる。

耳取川は北から南に流れているが、現在でも右岸が左岸より約30cm低くなっている。このため、耳取川右岸域に造成された団地はたびたび浸水する。しかし、この堤高差は歴史的な取り決めであり、現在も変更することができない。（地元の説明では、右岸域は上からの洪水に対する遊水地、左岸域は下からの洪水に対する遊水地であるとのこと。）図-27の耳取川右岸域（尼寺遊水地と呼ぶことにする）と耳取川左岸域（国分遊水地と呼ぶことにする）を考えた場合、耳取川右岸が約30cm左岸より低いことから、尼寺遊水地が上からの



図-27 金立短冊地帯の河川群 18)

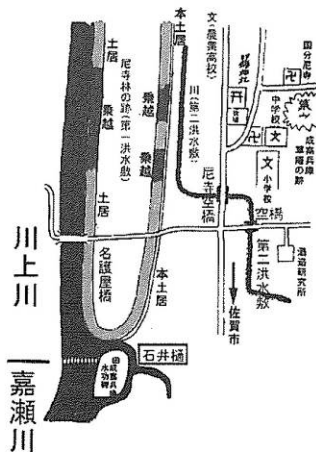


図-28 尼寺遊水地と第二高水敷 16), 18)

洪水に対する遊水地であることはすぐに理解できる。

一方、国分遊水地については、耳取川下流における仕組みをもう少し見る必要がある。図-29は、耳取川と黒川が合流する地点の昭和20年代の航空写真である。この付近には遊水地と野越が存在する。黒川下流からは、巨勢川を通じて有明海の潮汐の影響が現れ、これによって黒川の河川水の流下阻害となる。その後、この地域に湛水した水は国分遊水地内に拡がっていく。これがいわゆる下からの洪水である。しかしながら、下からの洪水はある限度を越えようとするより南側に流れ出す仕組みになっている。図-30は、図-29の野越に存在する地盤石

である。地盤石はここに3つ設置してある。これも地元での取り決めて高さは変えられない。この地盤石の標高を調べた所、これより北の国分遊水地の集落の手前の標高を同一であった。つまり、国分遊水地は下からの洪水に対する備えで、その湛水限度は野越に設置してある地盤石によって厳密に地元で取り決められ管理されていたことになる。したがって、耳取川では右岸と左岸の高低差も地元で厳密に取り決められ、それぞれの遊水地が受け持つ役割がうまく調整されていたことになる。

同様に、黒川、徳永川ならびに市の江水路が合流する地点でも下からの洪水が発生する。図-31に示すように、この合流点は標高5m地点でここまで有明海の潮が上がってくる。したがって、満潮の際には徳永川、黒川の水は下流へはけない。この時、徳永川右岸の無堤部から友貞遊水地（とふさゆうすいち）に流入することになる。したがって、この友貞遊水地ならびに上述の国分遊水地は、満潮型遊水地である。一方、尼寺遊水地、千布遊水地は、上からの洪水に対応する本川越流型にあたる。千布遊水地の南には市の江水路が流れているが、この用水路も右岸堤防が左岸より高くなっている。嘉瀬川右岸の治水システムで見てきた西芦刈水路と同様の手法である。利水とともに治水を考える全く無駄のない合理的な仕組みで両者を両立させているといえる。さらに徳永川上流の遊水地は、調査の結果、現地貯留型遊水地として機能していることが明らかとなった。

5 まとめ

佐賀の伝統的治水に関してこれまで見てきたが、「疎導要書」には記述されていない嘉瀬川を中心とした治水システムが藩政時代より確かに存在していたことが明らかとなった。「疎導要書」の著者、南部長恒は、江戸時代末期にこれをまとめており、その時代には江戸幕府の治水工法としては関東流ではなく紀州流が主流になってしまっており、また、佐賀藩でも成富兵庫の時代の治水工法を後世に引き継ぐことがうまくできていなかったのではないかと想像する。嘉瀬川本川における強固な作りの石井樋とその上流の堤外遊水地、前堤、水害防備林、野越などは、洪



図-29 耳取川と黒川の合流地点の航空写真¹⁸⁾



図-30 黒川・耳取川合流地点の野越の地盤石



図-31 黒川・徳永川・市の江水路合流点¹⁸⁾

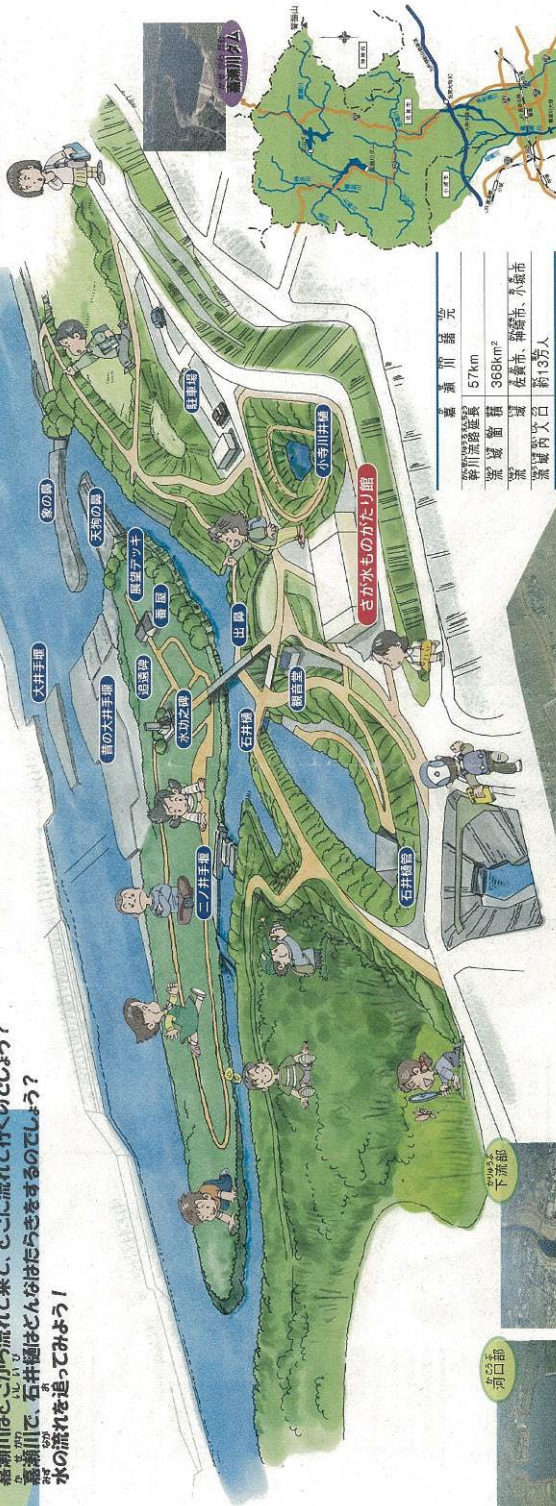
して嘉瀬川本川だけで洪水処理を行おうとしたものではない。兩岸の堤内地との連携により初めて可能になったものである。また、堤内地側についても、処理する洪水の種類に応じて対応すべき遊水地を分散・設定し、それらの遊水地と水受堤、水害防備林、野越を連携するとともに、単なる工法などのハード的なものだけでなく地租や土地利用といった面まで踏み込んだ積極的な流域で受け止める治水システムとなっていることが分かる。また、佐賀平野特有の有明海の大きな潮汐に対応するため、潮の遡上限界点に城内河川を集め、満潮型遊水地を必ず用意している所も抜かりがない。佐賀平野では、この潮の遡上限界点である標高5mより低い南側にクリークが発達し、低平地の用水確保ならびに治水のためのポケットとして機能してきたことも事実である。以上をまとめると、佐賀の伝統的治水は、その土地の風土や気候、水理・水文などの物理的特性、土地利用や地域計画などの社会的特徴を全て知り抜いた上で、その時代に可能な最大限の治水を行っていたことになる。今後、我が国で進められていくであろう流域治水の先進事例として大変参考になると同時に、今後もさらに現地の調査を継続していく必要性を感じている。ご興味のある方は、是非、一緒にこの研究に参加していただきたいと思います。

参 考 文 献

- 1) 玉城哲・旗手勲：風土，平凡社，1974.
- 2) 南部長恒：疎導要書，1834.
- 3) 江口辰五郎：佐賀平野の水と土，成富兵庫の水利事業（宮地米蔵監修），新評社，1977.
- 4) 野間晴雄：「疎導要書」にみる佐賀藩の治水と利水，治水と利水の歴史地理，第29号，pp.55-83，1987.
- 5) 小出博：嘉瀬川と成富兵庫，佐賀県治山治水協会，pp.1-23，1955.
- 6) 土木学会：明治以前日本土木史，1936.
- 7) 竹林征三：「治水の神様」の系譜—信玄・清正そして成富兵庫—，加藤清正 築城と治水（谷川健一編），富山房 インターナショナル，pp.7-44，2006.
- 8) 大串浩一郎・外尾一則・葛堅・島谷幸宏・岸原信義・平川隆一：佐賀平野における伝統的治水技術と地域計画との連携ならびに河川・水路を活用した水辺環境形成の方策に関する研究，平成16年度～18年度流域管理と地域計画の連携方策に関する共同研究成果報告書，2007.
- 9) 池田孝太郎・大串浩一郎：嘉瀬川中流域の水害防備林と前堤の現状と洪水流に及ぼす影響について，水工学論文集，第50巻，997-1002，2006.
- 10) 岸原信義：水害防備林に関する研究（Ⅱ）嘉瀬川の水害防備林と遊水地について，日本林学会誌，第61巻，311-320，1979.
- 11) 岸原信義・田中秀子・池田孝太郎：嘉瀬川本川の高水敷と水害防備林の機能に関する研究，低平地研究，13号，2004.
- 12) 黒澤靖・岸原信義・田中秀子・池田幸太郎：佐賀県嘉瀬川における河川伝統技術としての堤外水害防備林（竹林）の整備に関する研究，低平地研究，14号，2005.
- 13) 田中秀子・大串浩一郎・岸原信義・古瀬園吉：佐賀平野における河川伝統技術の発掘と復元に関する研究，低平地研究，12号，2003.
- 14) 岸原信義・荒谷清英・竹下和孝・山本彦彦：藩政時代における佐賀平野の治水について，水利科学，第33巻，第6号，1990.
- 15) 岸原信義：佐賀平野における藩政時代の治水遺構に関する研究，（財）鍋島報効会研究助成研究報告書，第2号，2006.
- 16) 成富三平：武略・地政両全の偉人成富兵庫を語る，先哲遺徳顕彰会，1971.
- 17) 大串浩一郎：近世佐賀藩の治水事業に関する水理学的研究，低平地研究，7号，1998.
- 18) 岸原信義：流域管理と地域計画の連携方策に関する共同研究打ち合わせ資料，2004.
- 19) 岸原信義・田中秀子他：祇園川瀬替に関する研究，低平地研究，13号，2004.
- 20) Nezu, I. and Nakagawa, H：Turbulence in open channel flows, IAHR Monograph, Balkema, Rotterdam, pp.53-56, 1993.
- 21) 池田幸太郎：現地調査と流れの数値解析に基づく嘉瀬川流域の治水に関する研究，平成17年度佐賀大学大学院工学系研究科修士論文，2005.

「さが水ものがたり館」に行ってみよう!

霧瀬川はどこから流れて来て、どこに流れて行くのでしょうか?
 霧瀬川で、石井樋はどんな仕事をしていますか?
 水の流れを追ってみよう!



霧瀬川	延長
57km	
流域面積	368km ²
流域	佐賀市、神埼市、小嘉市
流域内人口	約13万人



河口部



下流部



中流部



上流部



さが水ものがたり館

石井樋って、何？

川から水を取り入れられたものを石井樋といい、その中で石でつくられたものを石井樋と呼んでいます。石井樋は佐賀県にたくさんあり、その代表が佐賀市大和町の嘉瀬川から多布施川が分かれるところにあるものです。この石井樋は約400年前に成富兵衛茂安という人がつくったもので、佐賀の城下町や農地をつくるために必要な水をみちびくだけでないが目的でした。また、水をみちびくだけでなく、佐賀の城下町を水害から守る役目も持っていました。

石井樋のはたらき

- ① 洪水をふせぐ**
洪水を防ぐために2つの堤防と犬吠のときに水をためることができている遊水池をつくっています。
- ② 川の勢いをゆるめる**
川の勢いをゆるめたり、水の流れを速めるために、川の中に家の鼻や天狗の鼻などの障害物をつくっています。
- ③ 水の量を調節する**
井堰をつくらせて水をためたり出したりできるようにしています。また、嘉瀬川から多布施川への入口に水門をつくって流れを調整しています。

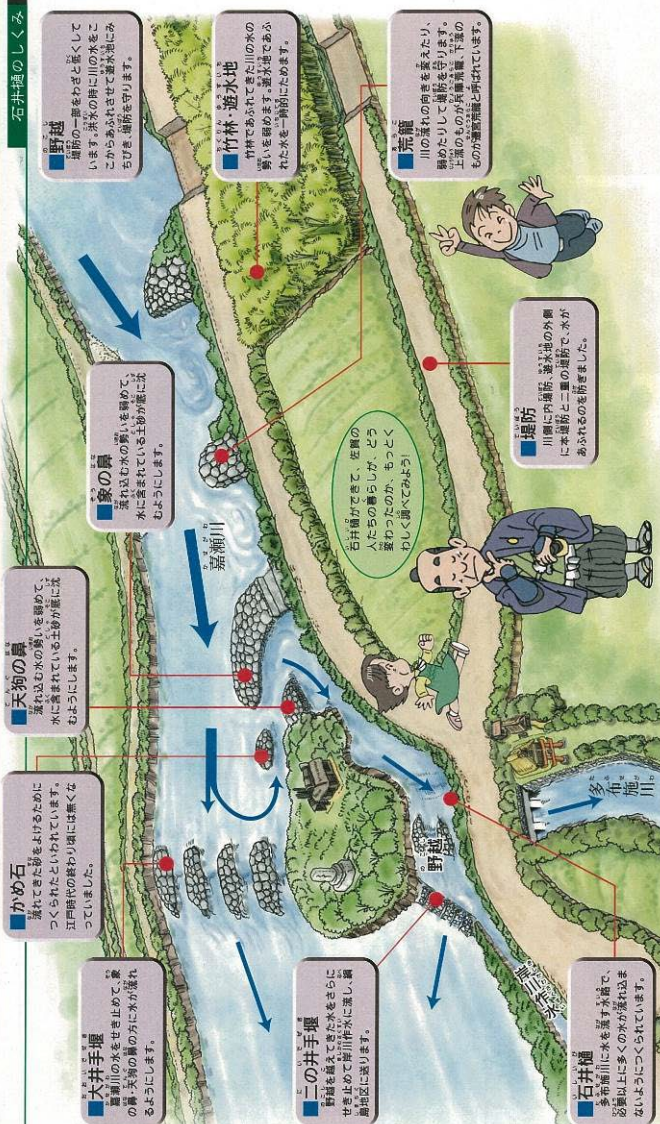
石井樋の工夫

その1

遊水池や二重の堤防、洪水の勢いをゆるめたるための竹束などのしかけがあったんだ。

石井樋付近の堤防は二重になっていて、その間に遊水池をつくっています。1番目の堤防をあふれた水が2層目の堤防にたどりつくまでに勢いが弱くなるし、かき止めて、洪水の被害が大きくなるような工夫したものです。

また、川側に竹を植えて、水の勢いをゆるめたり、大きな石や落木などを通さないようにしたりしていました。

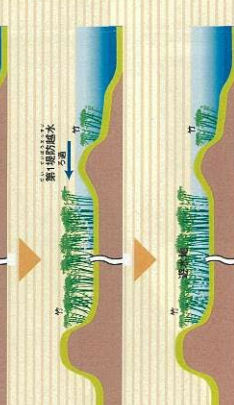


- かめ石**
流れてきた砂をよけるためにつくられたといわれています。江戸時代の終わり頃には無くなっていました。
- 大井手堰**
嘉瀬川の水をせき止めて、家の鼻・天狗の鼻の方に水が流れるようにしています。
- 二の井手堰**
野瀬を直せ、せき止めた水をさらにせき止めて、多布施川に流します。
- 天狗の鼻**
流れ込む水の勢いを弱めて、水に含まれている土砂が溜りに沈むようにしています。
- 家の鼻**
流れ込む水の勢いを弱めて、水に含まれている土砂が溜りに沈むようにしています。
- 竹林・遊水池**
竹林であふれてきた山の水を溜めたりして、遊水池を守ります。遊水池であふれた水を一時貯留してためます。
- 荒瀬**
川の流れの向きを変えたり、細めたりして、遊水池を守ります。上流のものが竹束や落木、下流のものが遊水池とすべり防止しています。
- 堤防**
川側に中流防、遊水池の外側に本堤防と二重の堤防で、水があふれるのを防ぎました。

石井樋の工夫

その2 嘉瀬川の水は砂が多く含まれています。そこで、

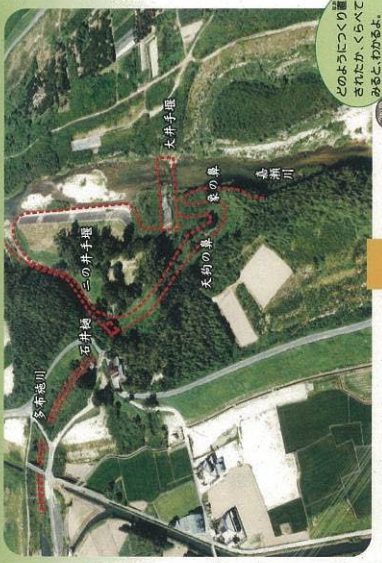
- ① 土砂がまざった嘉瀬川の水は、家の鼻で流れが川の中央に寄り、大井手堰にぶつかります。そのとき水に含まれた土砂の一部が川底に沈みます。**
- ② 大井手堰にぶつかった水は逆流してゆるやかな流れになり、土砂を少しづつ川底に沈めながら家の鼻と天狗の鼻の方へ流れていきます。**
- ③ 家の鼻と天狗の鼻の間を通過中にさらに流れはゆるやかにになり、土砂の多いきれいな水が石井樋から多布施川に流れ出ていきます。**



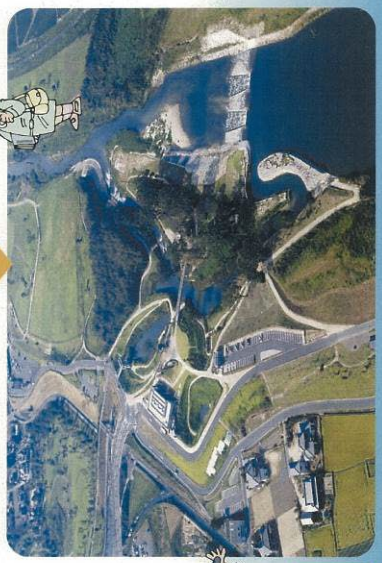
つくり直されたこと、本当？

石井樋は昭和35年に上流に川上頭工という水を取る施設がつくられるまで、約350年もの間、水不足や水害から佐賀平野を守り続けてきました。使われなくなってきたら、水も流れなくなり、一部が土砂に埋もれていました。しかし石井樋は、現在日本に残っている利水施設としては、最も古いもので、歴史的な価値が高いものです。そこで佐賀の歴史やすぐれた土木技術を未来に伝えることを目的に、平成17年に整備・保存されました。

工事前の石井樋周辺



●石井樋を囲った図面
 (出典：「佐賀 成書家集」東田新蔵著大正8年頃)



現在の石井樋周辺



石井樋のいわれ
 石井樋の歴史は、古くは石井樋の歴史が語られています。佐賀の歴史は、平野を守り、水不足や水害から佐賀平野を守り続けてきました。使われなくなってきたら、水も流れなくなり、一部が土砂に埋もれていました。しかし石井樋は、現在日本に残っている利水施設としては、最も古いもので、歴史的な価値が高いものです。そこで佐賀の歴史やすぐれた土木技術を未来に伝えることを目的に、平成17年に整備・保存されました。

大井手堰



発掘前



発掘状況

発掘前はコンクリートの層になっていました。新しい大井手堰の橋に、こわれないように地盤もとして保存しています。

コンクリートをのぞくと、古い石積みが出てきました。

石井樋



発掘前



発掘状況

発掘されたままの状態で保存されています。天井には「佐賀」が彫られています。裏面をおもっていたコンクリートをはりました。

土まのぞくと古い石積みが出てきました。

天狗の鼻



発掘前



発掘状況

残っていた石積みは密集に積み重ねて行いました。

古い石積みは石がはずれたり、かたがたりしていました。