

筑後川下流低平地域の治水対策について

佐藤 幸甫

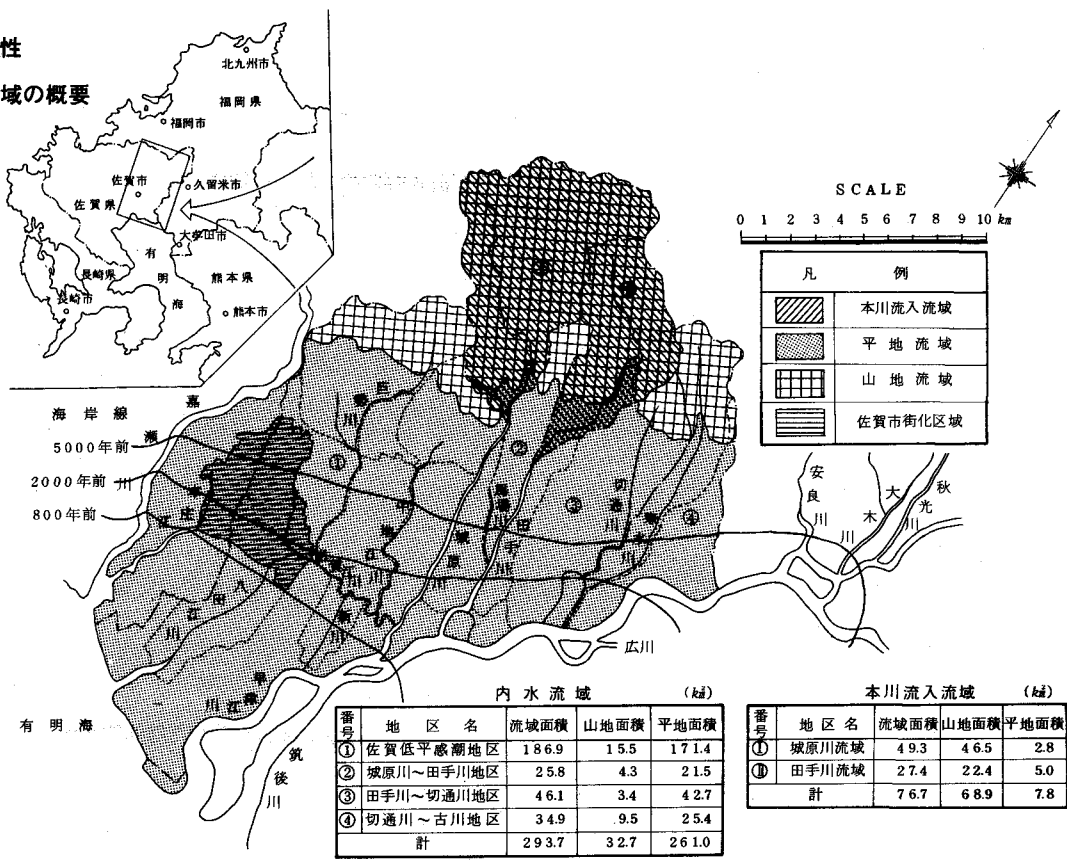
1. はじめに

流域開発が急速に進展すると、流域と河道のバランスが崩れ、洪水時には河道に過大な負担を生じることとなり、通常の改修事業の進捗ペースでは治水効果が見られなくなる。従ってこのような流域では、河道と流域とのバランスをとりながら、都市開発や農業基盤整備等の事業を適正に誘導していく必要がある。

筑後川下流部の右岸地域では、佐賀市を中心とした都市部での市街地の増大に加え、大規模な圃場整備事業を実施中もしくは計画中であり、流域の開発が流出および氾濫に影響を及ぼすことが予想されている。これらの影響および対応策について従来から種々検討が加えられて来たが、ここに総合的な治水対策の策定が必要であることが見いだされたので、その内容について述べることにする。

2. 流域特性

2-1 流域の概要



図一 筑後川下流右岸流域概略図

筑後川下流右岸地域は筑後川水系に属し、北の背振山地、南の有明海、東の筑後川および西の嘉瀬川を流域界とする流域面積約370km²の地域であり、主要河川として下記の河川を有している。

○直轄河川……田手川、城原川、佐賀川

○補助河川……寒水川、切通川、井柳川、馬場川、中地江川、巨勢川、新川、八田江川、本庄江

この地域は、筑後川や上記河川の堆積作用と有明海の干潟の成長に伴う干拓によって形成された海拔0～5mの平野部が全体の約70%を占める低平地帯である。この低平地は日本でも有数の穀倉地帯である佐賀平野に属し、佐賀市街地およびいくつかの集落を除いて大部分が水田地帯となっている。また、当地域は日本一干満の差の大きい有明海潮位の影響を受ける感潮地域であり、その潮を利用した独特の農水取水方法である淡水（アオ）取水を行っている地域でもある。この取水は、筑後川の上げ潮時に潮の上に乗った淡水を江湖（エゴ）を通して流域内に引き入れ、独特な樋門により取水する方法で、その淡水は平地部に縦横に張りめぐらされた不整形なクリークに一時貯められ、その後農水に利用するというものである。江湖とは、有明海の干潟が成長して陸化して行く過程で、干潟の滞（ミオ…水筋）が潮の満ち引きで深く刻まれ残ったものであり、これらの江湖のうちで、かつては筑後川とは独立して直接有明海に接する江湖であったものが、有明海の干拓が進んだため取り残されたものがある。これらが前述の八田江川、本庄江等の河川である。

また、当流域の排水は用水と同様にクリークが受け持ち、クリークは樋門・樋管により、前述の江湖と言われる筑後川支川や中小河川につながれていて、その水は筑後川または有明海に排出されている。このように、農水が潮を利用した取水形態をとっている反面、排水は有明海の平均満潮位がT. P. 2.38mにも及ぶため、満潮時に出水が起るとクリークからの排水ができなくなり、小規模洪水でも湛水被害が発生し、地形が低平地であることから湛水区域は内陸部の奥深くまで広がるといった、いわゆる内水常襲地域である。

さらに、佐賀市から南部にかけての地域では、農水や工水用の地下水揚水が盛んな地域で、地盤沈下も進行していて内水被害の増大に拍車をかけている。

2-2 流域の変貌

1) 昭和30年代から現在までの変化

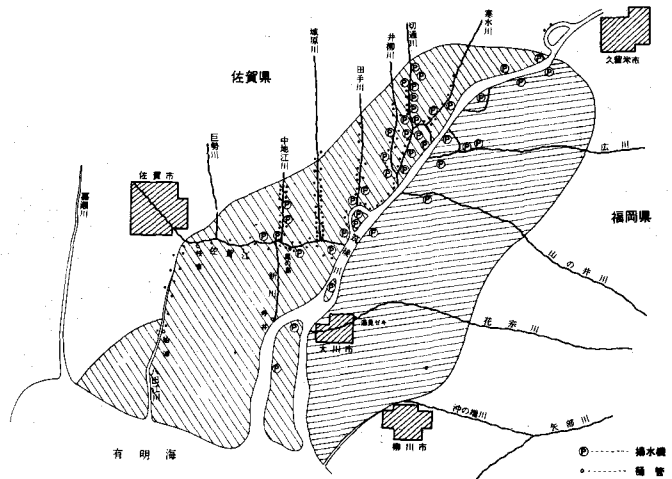
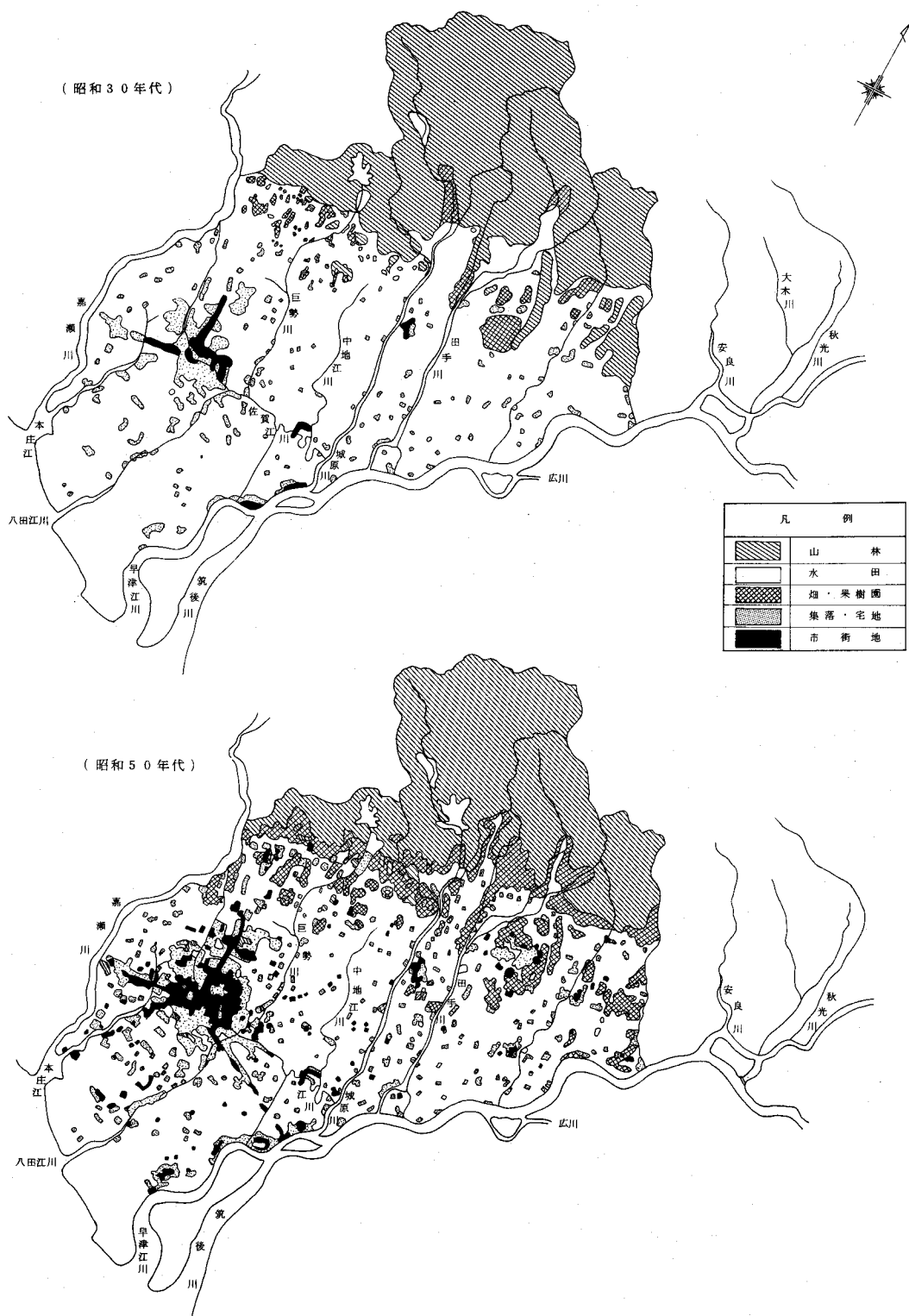


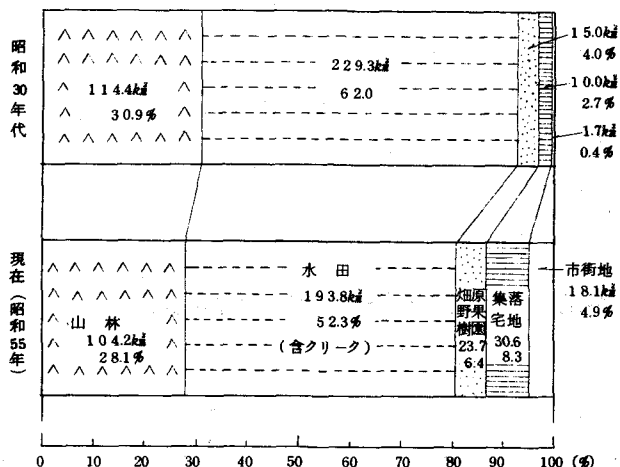
図-2 アオ利用地域図



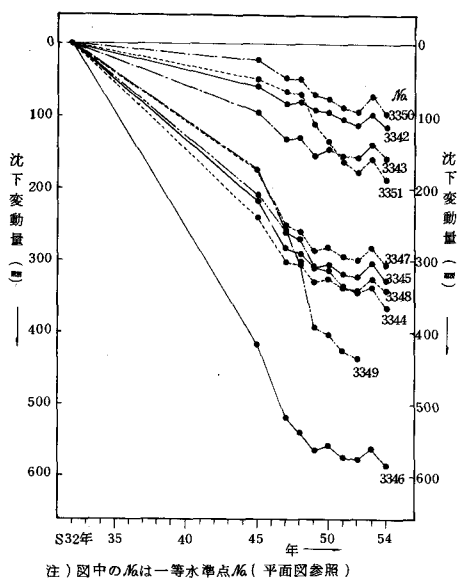
図一3 土地利用変化図

図一 3, 4 は, 昭和30年代および昭和50年代の 1/25,000地形図をもとに, 土地利用毎に区分を行なったものである。現在までの大きな変化は, 北部の山林地帯と平野部との境界付近でみかん園化が進んでいることと, 佐賀市を中心とした市街地と宅地の拡大であり, これに伴って水田面積, 山林面積は減少してきている。

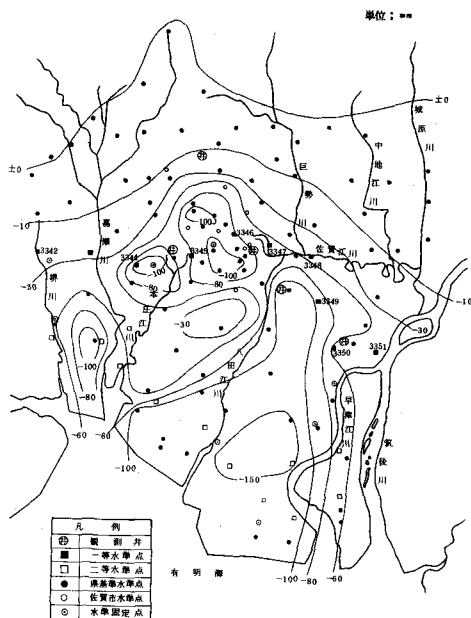
また, 地盤沈下については, 昭和32年以降一等水準測量が毎年行なわれているが, 昭和54年までの沈下量は最大60cmにも達している。沈下量は昭和45年～49年の間で大きくなっているが, 昭和49年に揚水規制が制定されたこともあって, その後は鈍化の傾向が見られる。



図一 4 土地利用面積の変化



図一 5 地盤変動量経年変化図



図一 6 地盤高等変動量図
(S47年2月～S54年2月)

2) 将来の土地利用

①佐賀市街地の拡大

佐賀市総合計画をもとに将来（S70年）の佐賀市人口を求めると、現在の市街化区域では将来人口を包含することは困難であり、約400haの市街化区域の増加が予測される。図一7はこれらをもとに昭和70年時点の佐賀市街地を予測したものである。



図一7 佐賀市街地の土地利用区分

②圃場整備計画

水田地帯では不規則なクリークが分布し、不安定な淡水取水を行なっているほか、地盤沈下が進行するなど農業近代化が阻害されてきたが、筑後大堰の建設が具体化するに伴ない、淡水取水を大堰地点で合口し、導水路および幹線水路を新設して用排水系統を再編し、用水不足の解消、取水の合理化を図ることを目的とした筑後川下流土地改良事業計画が昭和51年に策定された。

最終的な圃場整備区域面積は142km²に達するが、現在工事中または完成した区域は約56km²である。

本事業はこの地域に利水面で多大な利益をもたらす一方、問題点としては用排水路網の整備によって、従来蛇行・不整形なクリークが持っていた、洪水を一時貯留若しくは流出ピークを遅らせる機能を無くし、洪水波型をシャープにするとともに、流域で均等に湛水していたものが低平地に集中し易くなり、内水被害の増大をもたらすことが予想される。

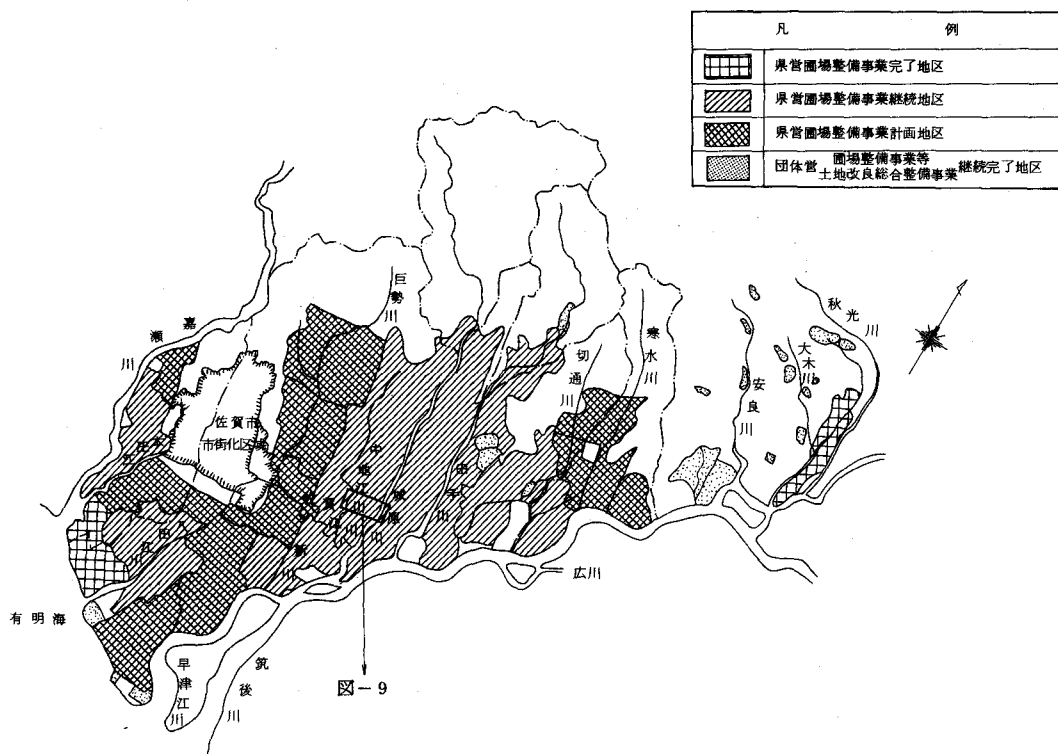


図-8 ほ場整備区域図

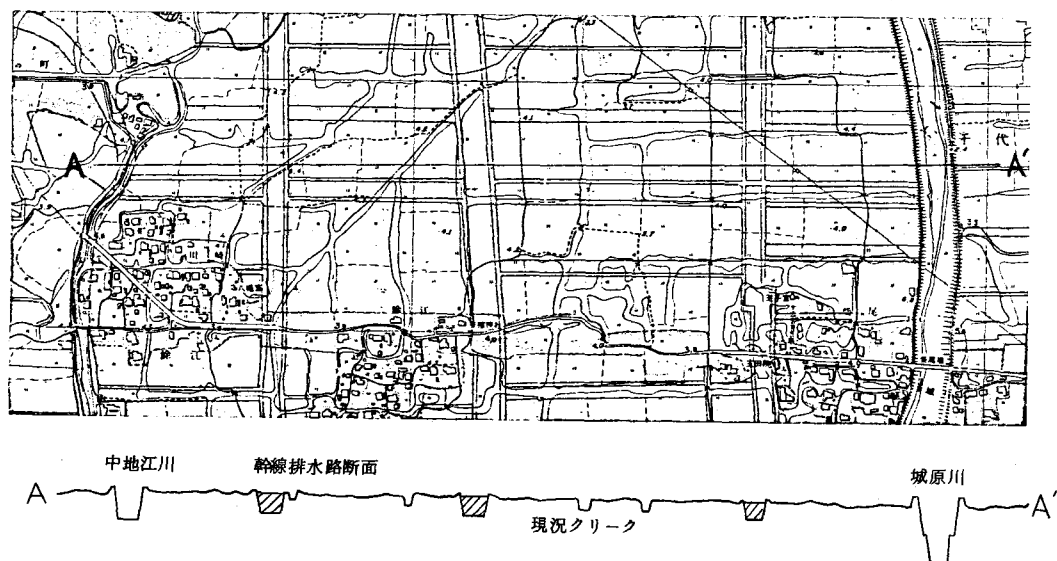


図-9 用排水路計画

3. 水害実績と治水対策

3-1 水害の記録

1) 主な水害

筑後川の歴史は洪水と治水の歴史である。一度洪水に遭遇すれば堤防の決壊・破堤・田畑の埋没・流失や人畜の死傷、家屋の流失等、測り知れないものがある。このようなことが幾度か繰り返され、それが筑後川の治水工事、特に築堤工事の動機になっている。

明治以前の洪水として、史実に残る一番古い洪水は大同元年（806年）で、「太宰府内で水干、悪疫、田園荒廢のため、筑後の国一ヶ年田租を免ぜらる」とある。さらに天正元年（1573年）から明治22年（1889年）に至る316年の間に183回の洪水記録がある。このように平均2年に満たない期間に一回の割合で洪水が発生している。

明治以降の筑後川における洪水のうち大洪水を拾ってみると、明治18年6月、同22年7月、大正3年6月、同10年6月、昭和3年6月、同10年6月、同16年6月、同28年6月等の洪水があり、明治22年7月、大正10年6月、昭和28年6月洪水が筑後川の三大洪水と呼ばれている。

また、明治18年6月、同22年7月洪水は筑後川の改修計画樹立の契機となった洪水で、昭和28年6月洪水は現在の筑後川水系全体の治水計画の基本となっている洪水である。

このように筑後川の洪水はほとんど梅雨期に発生するものが多い。この時期の降雨は短時間に終るものは少なく3～6日間位にわたる降雨が普通で、一週間以上の長期間降り続くこともまれでない。このような長雨で流域がほとんど飽和状態にあるところに短時間の豪雨があり大洪水となることが多い。

2) 近年の出水による被害状況

昭和28年災害以前の洪水の特徴は、筑後川本川の越水や破堤を伴う外水氾濫が主な現象であったが、その後の下笠・松原ダムの建設や河川改修の進捗に伴ない、外水氾濫の頻度は少なくなった。

筑後川下流右岸地域においても、昭和28年災害以降外水氾濫による被害は発生していない。しかしながら前述のように低平感潮地帯であるため、依然として内水被害は発生し、近年では昭和47年7月、51年8月、54年6月、55年8月および57年7月と毎年のように湛水被害を蒙っている。特に昭和55年8月出水時の佐賀江川流域では、浸水家屋14,000戸、冠水田畑5,000ha、佐賀市街地の湛水時間約3日間に達する多大な被害を蒙った。このため激甚災害の指定を受け、昭和55年度より5ヶ年計画で昭和55年8月出水対応の激甚災害対策特別緊急事業として、佐賀江川改修事業及び蒲田津排水機場設置事業が進められている。

3-2 治水対策の変遷

1) 成富兵庫の治水対策

成富兵庫は永禄3年（1560年）肥前国（現佐賀県）に生まれ、佐賀藩主鍋島直茂、勝茂父子二代に仕え、佐賀平野の水利事業に多くの功績を残した。彼の水利事業は主にかんがい施設等の利水に関するものが多いが、農業基盤整備の観点に立った治水事業も数多く見られる。

例えば、筑後川本川からの外水氾濫を防除するため、筑後川右岸に延長12kmに及ぶ千栗堤を12年の歳月をかけて完成した。堤防の規模は、天端幅3.6m、堤敷幅54.5m、高さ7.2mの大きさに、現在の筑後川の

災 水 年'月'日	佐 賀 雨 量 (mm)					出 水 状 況			潮 汐 状 況	
						内 水		本 川		
	日	2 日	3 日	連 続	3日雨量 確 率	地 区	状 況	瀬ノ下 流 量	三池港 潮 位	沙
S 2 8 年'6'月	366.5	465.1	555.8	590.6	1/100	戦後最大	戦後最大	(9,490)	2.73	大 潮
S 4 7 年'7'月	150.0	256.0	300.0	331.0	1/10	戦後第3位		2,950	2.75	大 潮
S 5 1 年'8'月	158.0	174.0	187.0	187.0	1/2			910	1.84	小 潮
S 5 4 年'6'月	156.5	247.5	311.0	328.5	1/5		戦後第2位	5,370	2.69	中 潮
S 5 5 年'8'月	198.0	336.5	390.5	390.5	1/30	戦後第2位		3,800	2.86	大 潮
S 5 7 年'7'月	202.0	205.0	206.5	206.5	1/3		大山川で 戦後最大	4,990	2.24	中 潮

表—1 近年の出水規模

堤防に匹敵するものである。また、佐賀江川については東西に流れる川であるため勾配がとれず、排水負担は相当重かった。この負担を軽くするため、上流部のクリークを特に大きくするとともに、佐賀江川を著しく蛇行させ掘り下げることによって貯留機能を持たせ、さらに新川の開削を行ない佐賀江川の分流を行なった。

その他、できるだけ被害が少なくなるように洪水を平野全体で受けとめるため、乗越堤、横堤、野堤、遊水池のような特有の仕掛けを作った。

以上のような成富兵庫の治水対策は、その後数百年にわたって受け継がれ、現在の治水対策も一部でその思想を継承していると言っても過言ではない。

2) 筑後川の治水計画の沿革

筑後川の全体的な治水計画が樹てられたのは、明治20年に着手した第一期改修工事が最初であり、その後明治22年の大洪水により同29年から第二期改修工事に着手した。さらに大正10年の大洪水により同12年から国の直轄事業となり、昭和24年、昭和30年、昭和41年と順次治水計画の改定を行ってきた。そして、昭和48年、現計画である筑後川水系工事実施基本計画の策定を行なった。現計画は、夜明における基本高水のピーク流量を $10,000 \text{ m}^3/\text{s}$ とし、上流ダム群により $4,000 \text{ m}^3/\text{s}$ を調節し、計画高水流量を $6,000 \text{ m}^3/\text{s}$ と定め、下流の支川合流量を合わせ瀬ノ下における計画高水流量を $9,000 \text{ m}^3/\text{s}$ としている。

昭和24年以前の計画は、主として筑後川本川に対する改修が主であり、下流部右岸低平地域では、中小河川の部分的な改修が行なわれたにとどまったが、その後ポンプ排水計画が導入され、本川堤および支川堤の充実とともに、昭和25年以降各所に排水機場が設置され現在に至っている。

3—3 低平地における現在の治水対策と問題点

1) 現在の治水対策

当地域で現在計画されている治水対策として、

- 河川改修
- 内水ポンプ場の建設
- 嘉瀬川・城原川両ダムの建設

○流況調整河川佐賀導水路の建設

が予定されている。上記事業の概要と進捗状況は以下のとおりである。

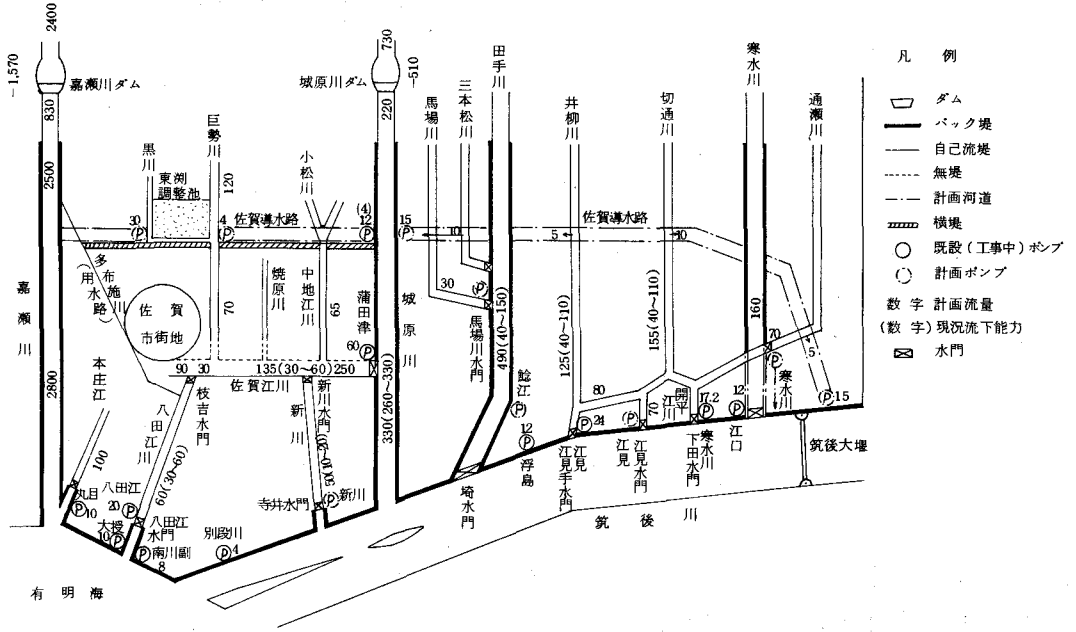


図-11 筑後川下流右岸地域の現行の治水対策

表-2 河道整備等一覽表

流域名	河川名	流域面積 (km ²)	区分	改善方式	確率規模	計画流量	現況流下能力	河道改善状況 (km)				
								計画区間		無計画区間		計
								全体計画完了区間	暫定計画完了区間	未改善区間	要改善区間	
田手川 ～ 古川流域	通瀬川	9.9	補助	堰込	1/30	70	—			2.0	1.8	3.8
	寒水川	30.4	補助	堤防(半々夕堤)	1/50	160	—		3.7	1.9	1.8	7.4
	切通川	32.3	補助	堰込	1/10	155	40~110			10.2	2.4	12.6
	開平江川	32.8	補助	堰込						2.0		2.0
	井柳川等	12.3	補助	堰込	1/10	125	40~110	0.8	4.5	5.3	3.6	14.2
	中津江川	2.4	補助	堰込							1.2	1.2
城原川 ～ 田手川流域	田手川 (0.000~3.800)	56.4	直轄	堤防(半々夕堤)	1/50	490	40~150			2.5	1.3	3.8
	田手川	56.4	補助	堤防	1/50	490	140	1.1	1.5	7.9	1.5	12.0
	馬場川	4.6	補助	堰込	1/10	30	10~15			3.5	5.2	8.7
	三本松川	6.5	補助	堰込			15				7.5	7.5
	黒津江川	0.9	補助	堰込							1.0	1.0
	城原川 (0.000~8.000)	67.5	直轄	堤防	1/100	330	260~330			8.0		8.0
佐賀江川以南流域	城原川上流	67.5	補助	堤防	1/100	220			3.9	0.4		4.3
本庄江流域	別段川	—	補助	堰込						0.6		0.6
佐賀江川 流域	本庄江	32.7	補助	堰込	1/50	100		2.1	2.1	1.8		6.0
	佐賀江川 (0.000~2.100)	9.1	直轄	堤防	1/100	330	330			2.2		2.2
	佐賀江川	9.1	補助	堰込(右岸受堤)	1/50	250	30~60			5.6		5.6
	八田江川	18.3	補助	堰込	1/50	60	30~60		7.8			7.8
	巨勢川	27.1	補助	堰込(上流堤防)	1/50	70	20~30			5.3	6.6	11.9
	焼原川	9.8	補助	堰込	—	—	—				7.3	7.3
	中地江川	13.5	補助	堰込	1/50	65	15	2.0		7.2	1.0	10.2
	新川	4.7	補助	堰込	1/50	50	10~20			3.4		3.4
合 計		—	—	—	—	—	—	6.0 (4.6)	36.2 (25.6)	58.4 (41.6)	40.9 (30.6)	141.5 (100.6)

注 全体計画完了区間 ; 河道の流下能力が一定計画に基づく安全度を有する河川区間
 暫定計画完了区間 ; 河道の流下能力が一定計画に基づく安全度には満たないが、水準以上の安全度を有する河川区間(6.0mm/hr)
 未改善区間 ; 河道の流下能力が水準に満たない河川区間

表-2 河道整備等一覽表

a 河川改修

当地域の支川改修方式は、本川堤防高を上流へ引きのばす、いわゆるバック堤方式の城原川（下流部は佐賀江川）や嘉瀬川、半バック堤と水門の併用方式で計画されている田手川や寒水川、その他掘込み河道と水門の併用方式などがある。計画規模は、城原川および嘉瀬川で確率 1/100、他の河川で 1/10～1/50 である。なお、城原川、嘉瀬川には、洪水調節を含む多目的ダム計画がある。また、現在の河道の整備状況は、暫定改修完了区間を含めても整備率約29%と極めて低くなっている。

b 内水ポンプ

現在、筑後川下流右岸地域の既設のポンプ場（含工事中）は10ヶ所であり、総排水量は181.2 m³/s である。内水流域の流域面積が約300km²であるので、比排水量約0.6m³/s/km²となり、大まかな目安と考えられる1.0m³/s/km²に比べやや不足している。計画規模は未定の地点が多いが計画完成すると、佐賀導水路ポンプも合わせて、概ね比排水量1.0m³/s/km²に達する。

c ダム

○嘉瀬川ダム計画

基準地点官人橋での基本高水ピーク流量3,400m³/s を2,500m³/sに低減させ、洪水被害の軽減をはかる洪水調節を行なうとともに、下流の流水の正常な機能の維持、都市用水の供給、および特定かんがい用水の補給を行なおうとするものである。

○城原川ダム計画

基準地点日出来での基本高水ピーク流量810m³/s を330m³/sに低減させ、洪水被害の軽減をはかる洪水調節を行なうとともに、下流の流水の正常な機能の維持、および都市用水の供給を行なうとするものである。

d 佐賀導水

流域内の河川を導水路で連絡し、相互の異なる流況を調整して水を有効に利用するとともに、内水排除等洪水防禦施設として活用し洪水被害の軽減をはかる目的で現在計画が進められている。その内後者の治水対策について述べると次のとおりである。

○洪水調節

東洲調整池および導水路により、巨勢川東洲地点での最大流量200m³/s を70m³/sに低減させ洪水被害の軽減をはかる。

東洲調整池は成富兵庫の治水対策の思想、即ち横堤と遊水池により洪水を自然調節し、下流の被害軽減をはかるという考え方を受け継ぎ、さらにポンプ排水を加え発展させたものである。

○内水排除

河川名	名称	規 模 (m ³ /s)		管 理 者
		既 設 (工事中も含む)	計 画	
江 口 川	江 口	12.0	12.0	建設省
寒 水 川	寒 水 川	17.2	17.2	"
	"	-	未 定	佐賀県
井糟川・切通川	江 見	24.0	未 定	建設省
中 津 江 川	浮 島	12.0	12.0	"
田 手 川	輪 江	-	未 定	未 定
佐 賀 江 川	蒲田津	60.0	未 定	建設省
新 川	寺 井	-	30.0	佐賀県
八 田 江 川	八 田 江	20.0	30.0	"
別 度 川	別 度 川	4.0	4.0	"
東 与 賀 海 岸	大 授	10.0	10.0	建設省
有 明 海 岸	南 川 副	8.0	8.0	農水省
本 庄 江	丸 目	10.0	10.0	"
佐 賀 導 水 路	古川橋水	-	15.0	建設省
	城 原 川	-	15.0	"
	中 地 江	4.0	12.0	未 定
	東 洲	-	30.0	建設省
計	-	181.2	289.2+α	-

表－3 内水排除施設一覧表

通瀬川、切通川、井柳川、三本松川、馬場川、中地江川、焼原川等の内水を筑後川、城原川および嘉瀬川へ排水して内水被害の軽減をはかる。

2) 佐賀江川流域における激特事業

①激甚災害以前の状況

佐賀江川の著しい蛇行部は貯留効果を持たせるため、成富兵庫によって人工的に作られたものであり、その平面形状は約400年経た現在でもほとんど変わっていない。このため本川や佐賀江川下流部（城原川合流点下流）の改修が進むにつれ、外水位の継続時間は短縮されたが、佐賀江川の流路延長が長いこと上流部の佐賀市街地での湛水被害は一向に軽減されていなかった。

また、八田江川は佐賀江川から分派する河川であるが、下流の改修が完了していないこともあって、分派点には枝吉水門が設けられ分流量は極端に制限されていた。

このような状況下で、昭和28年6月洪水につぐ戦後第2位の昭和55年8月洪水に見舞われたため、佐賀市を中心として甚大な被害を蒙った。

②激特事業の内容

そこで昭和55年8月出水対応の激特事業として、下記の工事が急ピッチで進められている。

○佐賀江川の暫定改修

蛇行部のショートカットを行ない暫定断面を完成する。

○蒲田津排水機場の建設

激特事業分 $25\text{m}^3/\text{s}$ 、改修事業分 $35\text{m}^3/\text{s}$ 合せて $60\text{m}^3/\text{s}$ のポンプ場を建設する。

○八田江川の改修

築堤・護岸を概成させ掘削を行なう。

○枝吉水門の改築

八田江河道に見合った枝吉水門の改築を行なう。

○八田江排水機場の建設

$20\text{m}^3/\text{s}$ のポンプ場を建設する。

3) 低平地の問題点

低平地における湛水被害に及ぼす影響要因を整理すると以下のとおりである。

a 自然的要因

○地形……有明海の干陸化によって形成されているので大部分が海拔0～5mの低平地である。

○潮位……筑後川本川の出水の影響を受けるとともに日本一干満差の大きな有明海の高潮位の影響を受ける感潮地域である。

○地盤沈下…恒常的な水不足地帯でもあり地下水利用も盛んで地盤沈下も進行している。

b 社会的要因

○都市の増大…佐賀市街地を中心とした都市部の発展による都市資産の増大は同時に被害対象物の増加をもたらしている。

○圃場整備……圃場整備に伴う用排水路の整備は出水時に流域全体で分散貯留していた機能を無くし、低平地に湛水が集中し易くなる。

○畑地転換……稲作から湛水に弱い作物への転換は被害資産の増加をもたらす。

c 歴史的要因

○利水形態……淡水取水や河川取水等をクリークに貯留して農水に利用するため、通常はクリークに満々と水を貯めているので、出水時にはすぐに被害が発生する。

以上の要因のうち社会的要因については、地域住民の利益を目指した行為が逆に被害増に繋がるという矛盾を示している。次節ではこれら流域の開発が湛水被害に及ぼす影響について定量的な検討を試みる。

4. 流域開発に伴う影響

4-1 モデル流域の選定

影響検討を行なう対象流域は、佐賀市を中心とした都市部の発展が見られるとともに、圃場整備や用排水路整備による流域開発が予定され、且つ激特事業の対象河川となっている佐賀江川の関連流域をモデル流域として選定した。

4-2 流出・氾濫モデルの検討

1) 流域分割

湛水状況や排水計画等を考慮して図-12に示すように11流域に大分割し、さらに道路や降雨特性を考慮して細分割を行った。

2) 降雨解析

①確率雨量

流域内および近傍の雨量観測所の雨量記録をもとに、ティーセン分割法および代表係数法によって流域平均雨量を求め、確率雨量を算出した。(期間;明治24年～昭和55年)

②代表洪水の選定

年平均被害額を算出するための代表洪水については、降雨継続時間、外水位継続時間および湛水継続時間を考慮して3日雨量の降雨ランクで分類し、近年の主要出水を中心に各降雨ランクを代表する洪水を選定した。

3) 流出解析

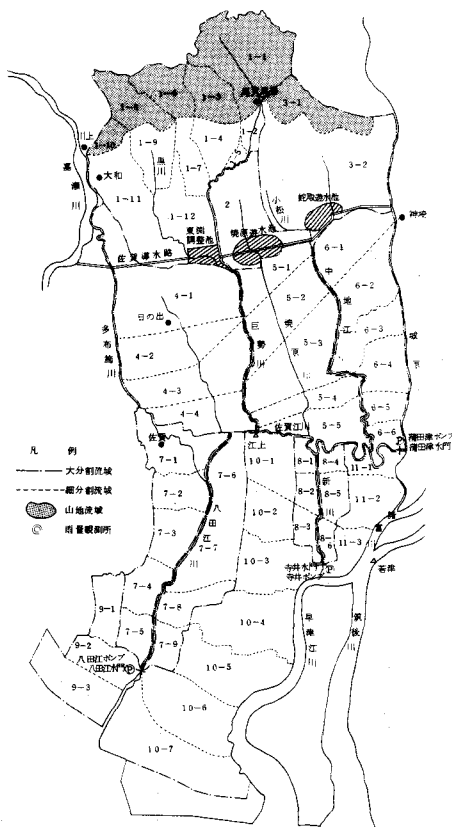
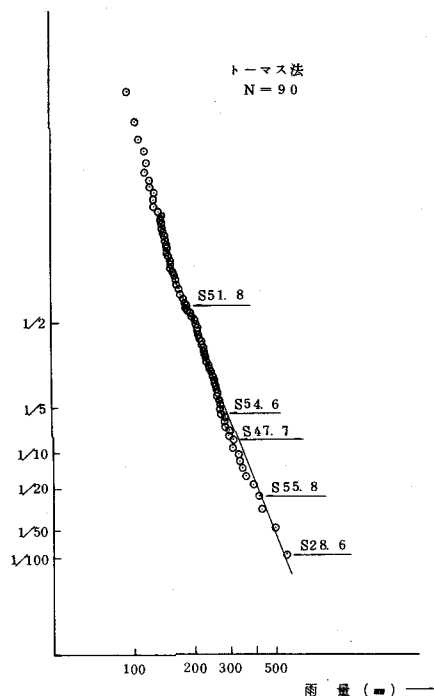


図-12 検討対象流域分割図



図—13 佐賀江川流域平均3日雨量超過確率図

3日連続 雨量降雨 ランク	対象洪水 年 月	流域平均雨量 (mm)				3日雨量 相当確率	摘 要
		日雨量	2日雨量	3日雨量	連続雨量		
500 mm以上	S 2 8 年 6 月	375.7	476.7	569.7	605.4	1/100	
400~500 mm	S 5 5 年 8 月	242.8	391.3	430.5	430.5	1/30	激特 対象洪水
300~400 mm	S 4 7 年 7 月	160.8	259.2	355.0	426.9	1/10	
200~300 mm	S 5 4 年 6 月	152.7	238.3	284.2	292.0	1/5	
100~200 mm	S 5 1 年 8 月	160.8	174.5	183.6	183.6	1/2	

注) 連続雨量は無降雨が12時間以内の場合について求めた。

表—4 降雨規模別代表洪水

土地利用 形 態	土木技術費料		河川砂防技術基準(案)		Nの決定	
	土地利用形態	Nの 標準値	土地利用形態	Nの 標準値	土地利用形態	N
山 林	山 林	0.7	林相のかなりよい山地流域	0.4 ~0.8	山 林	0.6
水 田 河 川	水 田	2.0	排水改良の行なわれていない水田地帯	1.0 ~3.0	水 田	2.0
			階段状旧畑主体流域	0.2 ~0.4	水 田	0.5
			上流山地、中、下流に市街地を含む階段状旧畑主体流域	0.3 ~0.5	(園場整備済)	
			上流丘陵地50%、中流市街地20%、下流低平水田30%の流域	0.6 ~1.1	河 川	0.05
原 野 畑 ゴルフ場	丘陵・放牧地 公園・ゴルフ場 畑	0.3	階段状に宅地造成を行なった丘陵地帯	0.05	畑、原野、果樹園 ゴルフ場、荒地、 草地改良、畑地 改良	0.3
宅 地 市 街 地	市 街 地	0.03	流域の一部(15%)に宅地造成を行なった丘陵地帯	0.1 ~0.5	集 落 (宅地)	0.05
	1	0.1				
	2	0.05				
	3	0.01				
	4	0.005			市 街 地	0.03

表—5 土地利用形態毎の
等価粗度

流域流出は貯留関数法によって求めるものとした。

貯留関数法を用いる場合、定数の設定が問題となるが、ここでは下記のとおりとした。

○ $K \cdot P$

流域の表面流出をマニング式に従うとした場合の一般式を用いた。

$$\begin{cases} P = 3/5 \\ K = 0.0728 \left(\frac{N \cdot B}{\sqrt{i}} \right)^{0.6} \end{cases}$$

但し、 i ；流域斜面勾配， N ；等価粗度， B ；斜面長

等価粗度は、河川砂防技術基準（案）および土木技術資料（S52年…19-5）に示されている土地利用形態毎の値を参考にして、一仮定としてその値を設定し（表-5），加重平均によって流域毎の等価粗度を算定した。

○ $f \cdot R_{sa}$

近傍の流域での検証値を用いた。

山地流域…… f_1 ; 0.6, R_{sa} ; 100^{mm}

平地流域…… f_1 ; 0.5, R_{sa} ; 100^{mm}

4) 氾濫モデル解析

①解析手法

当該流域のような感潮低平地での湛水では、氾濫水の貯留効果が大きいこと、潮汐による河道水位の時間的変動が大きいことから、河道および田面を含む湛水池水路について不定流モデルを適用した。

また、遊水池、湛水池水路及び河道との連絡は佐賀江川以北では単純な合流計算とし、以南では樋管流出計算とした。

計算は不定流式を差分化して行ない、差分の方法は、Leap・Frog法を用いた。

②検証計算

モデルの妥当性をチェックするために巨勢川合流点の江上自記水位記録を用いて検証計算を行なった。

i) 検証の条件

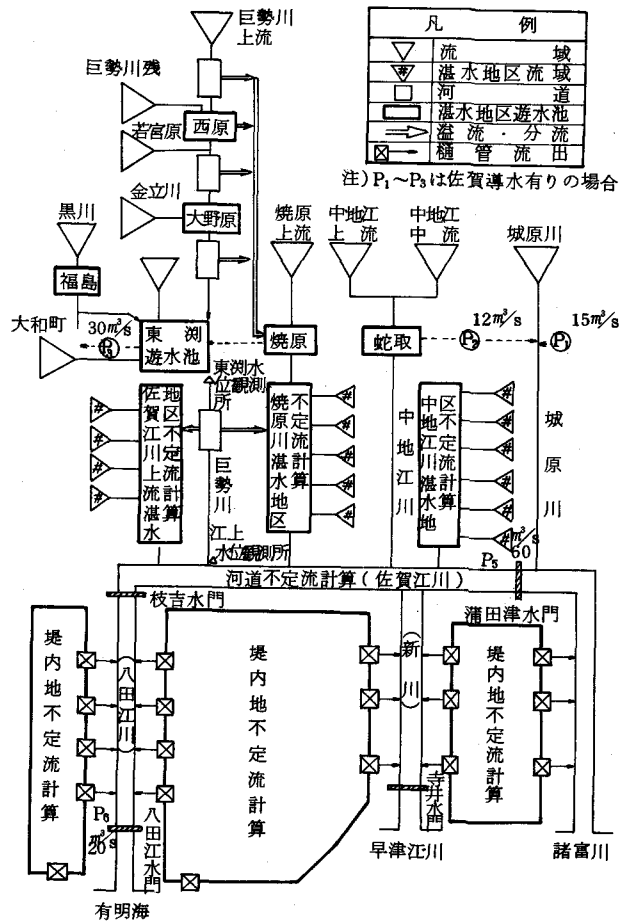
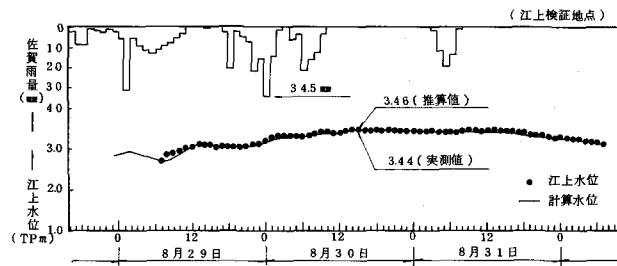


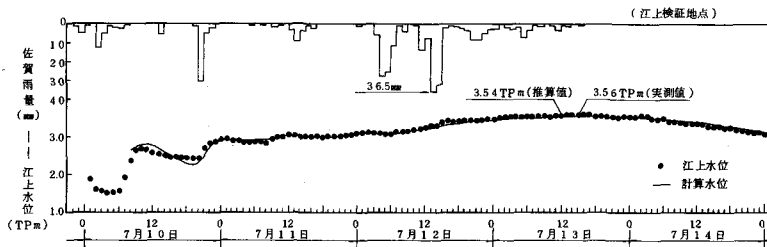
図-14 水理解析モデル図

- 対象洪水；「昭和47年7月洪水（降雨確率1/10）昭和55年8月洪水（降雨確率1/30）」
- 境界条件；上流端に流量ハイドロ，各湛水池の水位計算地点に横流入の流量ハイドロ，下流端に実績の潮位および水位ハイドロを与えた。
- 河道・施設条件；各時点の現況施設（水門は実績操作を導入）
- 粗度係数；佐賀江川・八田江川…0.028，新川…0.035，クリーク水路…0.050，田面…0.10
- 初期条件；計算開始は満潮時刻とし，満潮位を全川レベルとして与えた。
- 計算時間間隔；60秒

ii) 検証結果



図—15—1 昭和55年8月洪水検証結果図



図—15—2 昭和47年7月洪水検証結果図

検証結果は図—15に示すとおりであり，両洪水とも計算の初期で若干誤差を生じているが，全体的には潮位および洪水ならびに水門操作の影響が表現できていて，満足できる結果が得られた。なお計算初期には初期条件の影響が残っていると考えられるのでこの期間は無視できるものと思う。

4—3 流域開発の影響検討

1) 検討条件

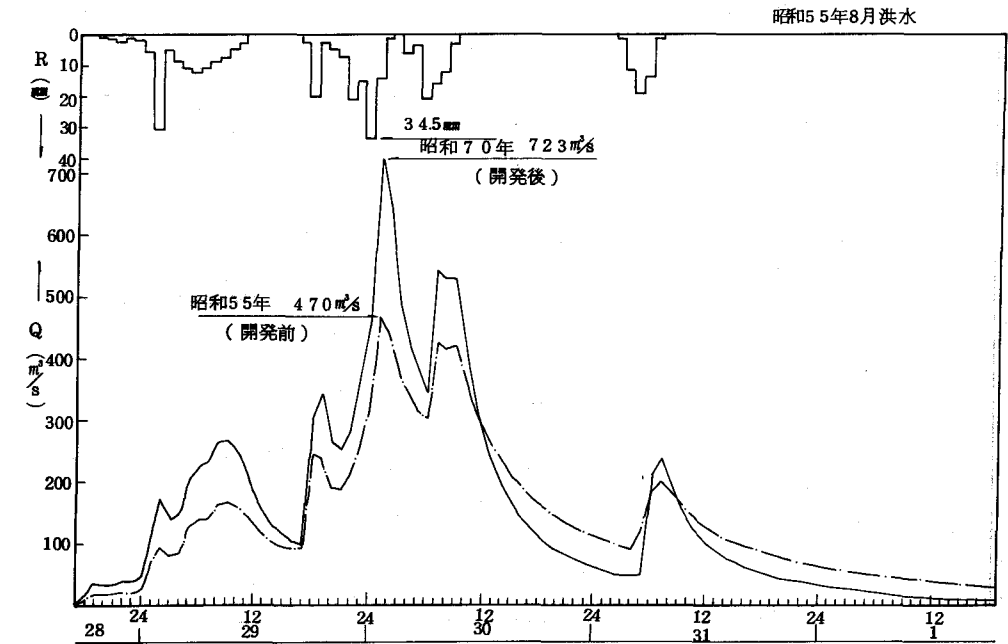
流域開発要因および改修条件をモデル上，以下に示すように組み込んで湛水位および被害額に及ぼす影響について検討した。

i) 幹線用排水路の建設

圃場整備区域では図—9で見たように，用排水兼用の主要幹線水路（法線幅20～40m法勾配1：2）が

南北方向に計画されている。現況の状態ではクリーク網のうち南北方向の排水にかかわる水路幅は、合計でせいぜい10～20m程度であり、幹線水路が完成すると5～10倍の水路幅となる。従って現況モデルのクリーク断面を計画幹線水路断面に取り替えて、粗度係数を現況0.050から計画0.035に変更した。

ii) 流出量の変化



図一16 流量波型の変化（佐賀江川全流域）

圃場整備区域や市街地の拡大した地域では、排水路への流入時間を短縮し流量波型をシャープにする。従って表一5に示したように、流域の等価粗度を小さくして各流域の流出量を算出し用いた。

S55年8月出水の各細分割流域の流出量を遅滞時間、河道低減を考慮せず、全て単純合成すると図一16のとおりとなる。これより流域全体でみると、開発後のピーク流量は開発前の約50%増となっている。

iii) 改修条件

激特事業がここ2・3年で完了するので、事業完了後の河道および施設を考えた。

iv) 水理計算ケース

上記 i), ii), は土地利用, iii) は河道条件としてその組合せの3ケースで表一6に示すよう設定した。なお将来は圃場整備幹線水路が完成が予想されるS70年時点とした。

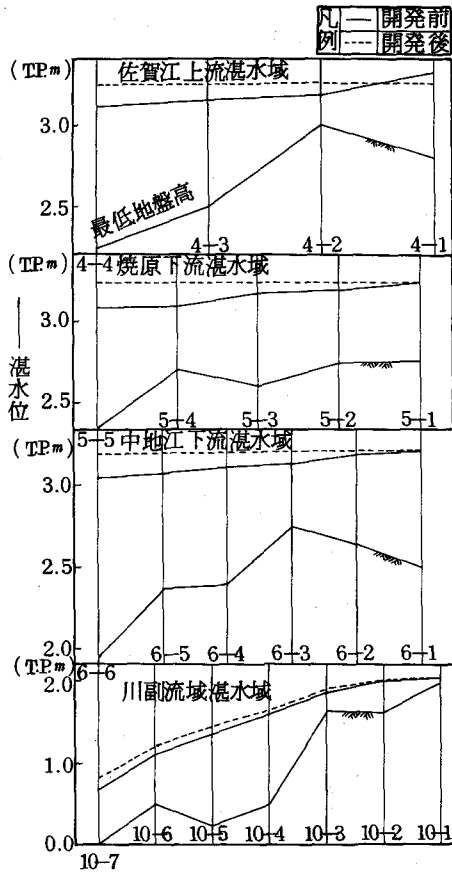
2) 湛水位に及ぼす影響

図一17, 18は昭和55年8月洪水について、ケース2とケース3を比較し、開発の影響を見たものである。

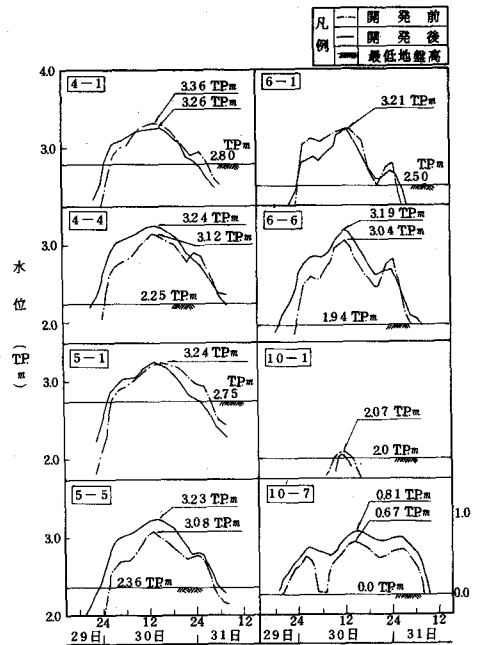
開発前の状況では、流域全体で勾配を持って比較的均等

ケース	河 道	土地利用
1	現 況 河 道	現 況
2	激 特 河 道	現 況
3	激 特 河 道	将 来

表一6 水理計算ケース



図一七 ピーク湛水位縦断比較



図一八 湛水位ハイドロ比較

に湛水していたものが、開発後は縦断的にレベル湛水となり下流側で湛水位が増大することとなる。

なお図中の流域番号 4-1 , 5-1 , 6-1 , 10-1 は湛水地区の上流部, 4-4 , 5-5 , 6-6 , 10-7 は下流部を示す。(図一〇参照)

3) 被害額に及ぼす影響

年平均被害額の算定は治水経済調査要綱に準じて行なったもので、まず標高毎の一般資産及び農作物資産を求め、これに表一に示す降雨ランク毎の代表洪水について水理計算により算出した湛水深及び湛水時間に対する被害率を乗じることにより被害額を算出した。さらに、降雨ランク毎に年平均発生回数を求め、それを代表洪水の被害額に乘じ、トータルすることにより年平均被害額を求めた。

上述の手法により開発前後の年平均被害額を求め、開発による影響を求めた。なお開発後は昭和70年時点を想定した資産についての被害とした。

図一〇は開発による影響について、細分割ブロック毎の単位面積当りの年平均被害額変化を見たものであるが、湛水位変化と同様、上流側の内水が下流側に集中するため、各湛水池の上流側のブロックでは被害は減少するが、下流側では被害増が見られる。

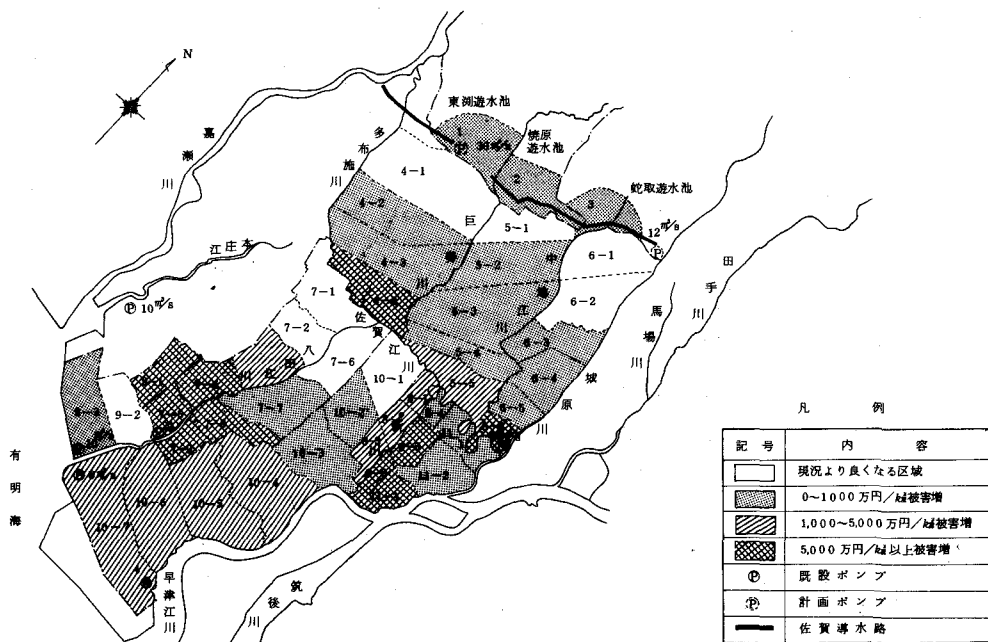


図-19 年平均被害額の変化

また、図-20は各ケース別の全体被害額の変化を見たものである。現況に対し激特事業によって被害軽減となったものが、流域開発による被害増で相殺され、事業効果がほとんど見られなくなるという問題の発生が考えられる。

5. 総合的な治水対策

5-1 河川の治水対策と問題点

流域開発に伴う流出量の増大および氾濫形態の変化によって、当該流域の被害バランスが崩れ、被害増加が進むことが明らかとなったが、当流域の治水対策としては今後下記の治水事業が予定されている。

- 佐賀江川、八田江川の全体計画の完成
- 分流河川新川の改修
- 中地江川、焼原川、巨勢川の改修
- 佐賀導水路の建設

しかし、当流域における改修事業の段階的な施工を考えた場合流域外排水が望ましく、排水河川である新川の改修（新川ポンプの完成を含む）、およびバック堤河川の城原川、嘉瀬川への排水路である佐賀導水路

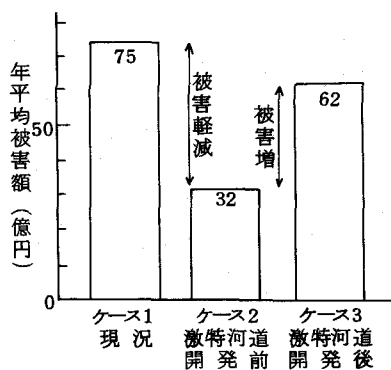


図-20 全体被害額の変化

の建設が、激特事業後の当面考えられる治水対策である。

この対策が行なわれると、ピーク湛水位は図-21に示すとおり、佐賀江川以北の地区ではほぼ開発前の水位となるが、以南地区では開発前の水位まで低下しない。これは図-22に示すとおり、家屋敷高+30cmあるいは最低田面+50cmの高さ、即ち内水をある程度許容できるような高さ以上の湛水継続時間で見ると、より顕著に現われている。

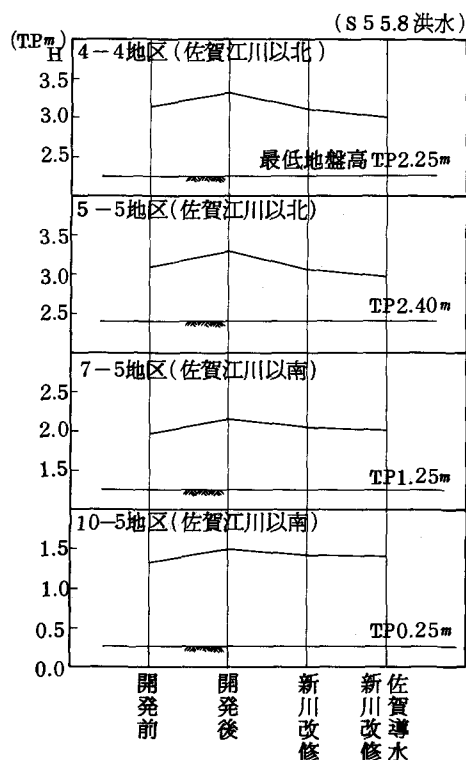


図-21 河川対策によるピーク湛水位の変化

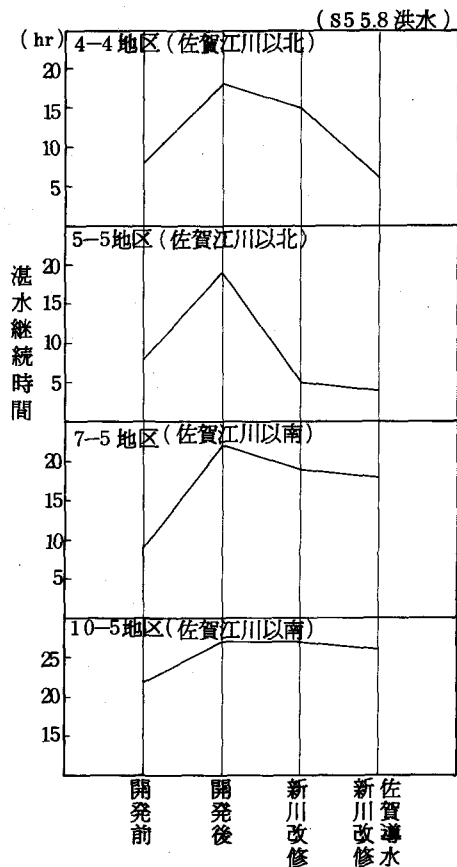


図-22 河川対策による湛水継続時間の変化

また、図-23は流域全体に対する新川改修および佐賀導水の事業効果を示すものであるが、開発による年平均被害額増分30億円（ケース3-ケース2）に対し、両者の効果を合わせても21億円しかなく、約10億円については被害増分として残ることになる。元来、開発前の状態からさらに安全度レベルを高めようとした治水対策も開発前の状態を維持することが困難なものとなる。

さらに、これらの治水対策を行なうにしても、時間的、事業費的な制約を受け、完成までには長年月を要することとなる。従って治水対策を河川のみが負担するのではなく、流域内でも治水負担を行なうといった新たな発想の展開が必要となってくる。

5-2 流域内の総合的な治水対策の具体化

流域内の治水対策としては、当流域の特性を考慮した以下のメニューが考えられる。これらの治水対策を河川対策と合せて実施すれば、図-24に示すとおり流域全体の年平均被害額をほぼ開発前の状態にもどすことが可能である。

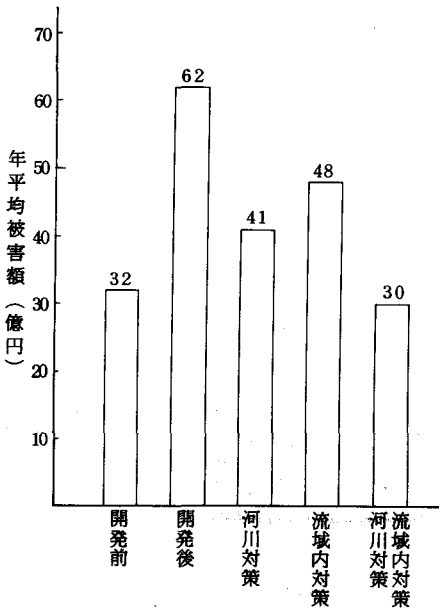


図-24 被害軽減効果

1) 用排水路による洪水低減

流域内のクリークは、主に佐賀導水路以南に存在し、その面積は約500haであり、圃場整備による用排水路が完成してもこの面積が維持される計画となっている。例えばこのクリークを利用することも考えられ、用排水路水位を1m下げて管理することが可能であれば約5百万 m^3 の空容量が確保でき、クリークに係わる流域面積が107 km^2 であるので約50mmの降雨量が貯留可能となる。

従って今回の流出計算で用いた $R_{sa} 100mm$, $f_1 0.5$

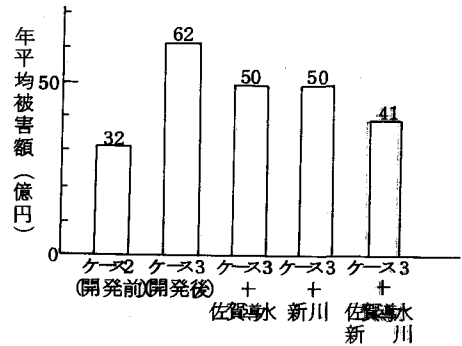


図-23 河川の治水対策による効果

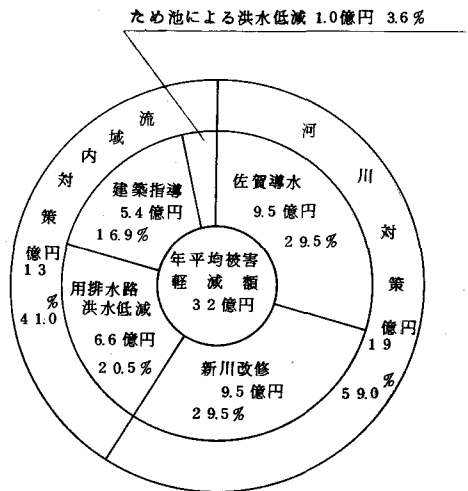


図-25 対策別年平均被害軽減額

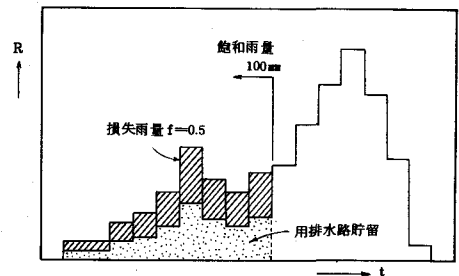


図-26 降雨損失モデル図

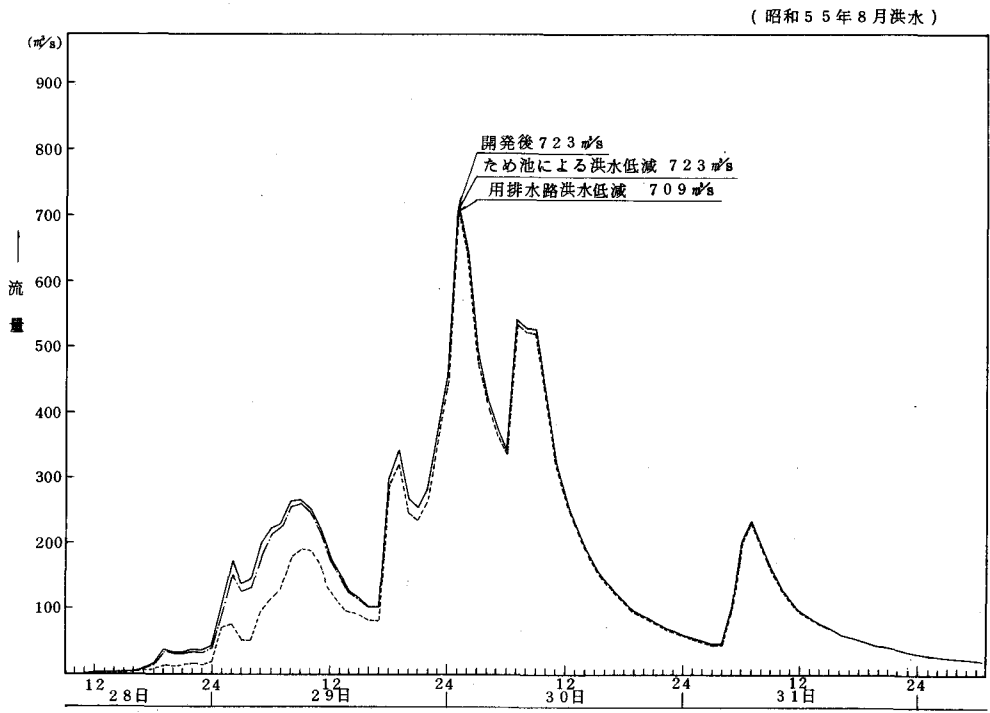
の定数は図一26に示すように $R_{sa}100\text{mm}$, $f_10.0$ に変換でき、流出量は図一27に見るとおり大洪水では前期流出量が低減され、小洪水ではピーク流量の低減が可能となる。この流出をもとにした氾濫計算を行なうと、図一28, 29に示すとおり流域全体でピーク湛水位および湛水継続時間の低減効果が期待でき、年平均被害額で約7億円の被害軽減が可能となる。

なお、用排水路水位を1.0m下げて管理することと仮定しているが、利水面と治水面とは相反するものとなっているため実際の運用に当っては、用水計画との十分な調整が必要となってくる。

2) ため池による洪水低減

流域北部に点在する20ヶ所以上のため池を利用し、ため池の嵩上げ、または出水期のため池水位を下げる等の運用を変更することで、空容量を確保し洪水低減を行なうことも可能である。

ため池面積は全体で約28haであり、ため池への導水可能な流域面積が約40km²であるので、水深2mを空容量として使用すれば約14mmの降雨量が貯留可能となる。これを用排水路による洪水低減と同様に一次流出率 f_1 で表現し、流出・氾濫計算を行なうと、ピーク湛水位および湛水継続時間さらには年平均被害額でみた被害軽減効果は、図一25, 27, 28, 29で示すとおり僅かではあるが期待できる。



図一27-1 用排水路およびため池による流出変化

(昭和51年8月洪水)

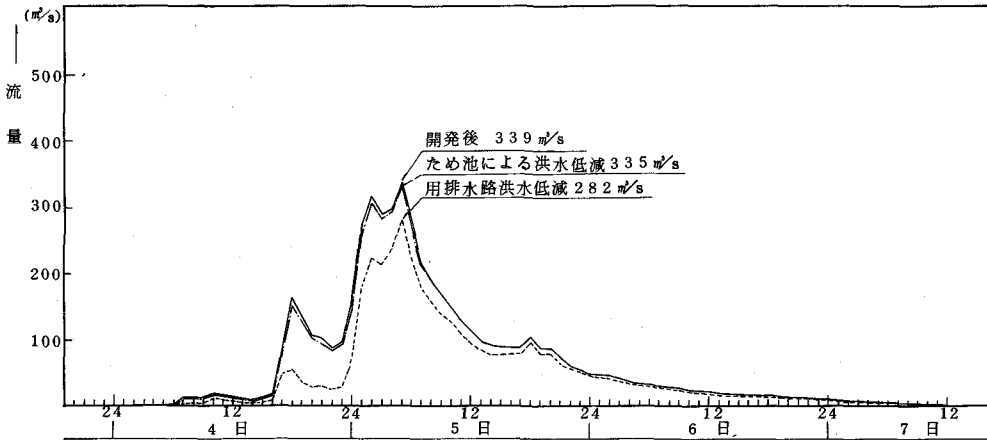


図-27-2 用排水路およびため池による流出変化

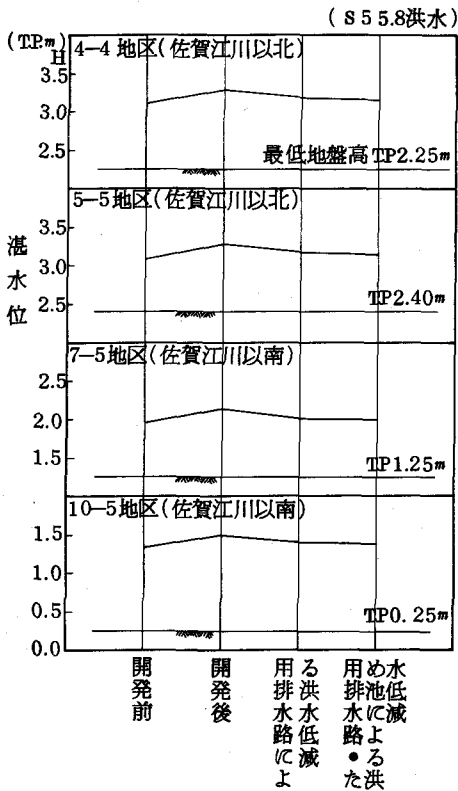


図-28 流域対策によるピーク湛水位の変化

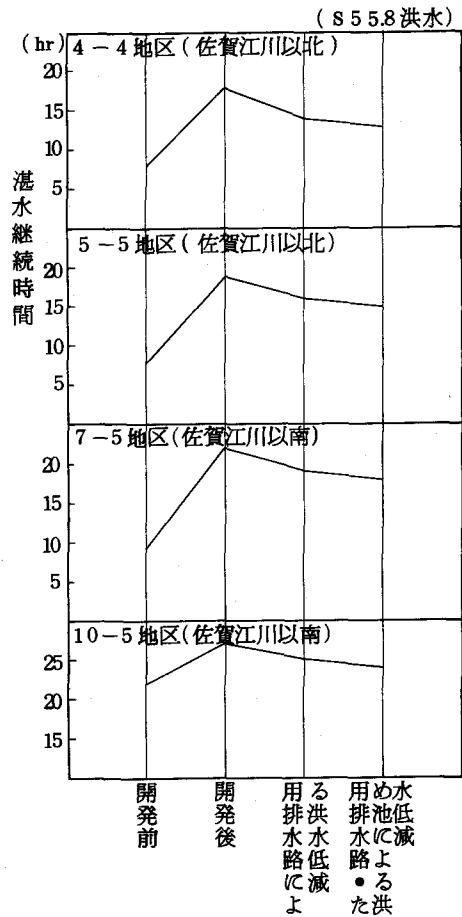


図-29 流域対策による湛水継続時間の変化

3) 建築指導

佐賀市の将来人口（S70年）を現在の市街化区域で包含することは困難であり約400haの市街化区域の増加が必要であるが、水害に強い都市とするため、特に佐賀市街地周辺では浸水被害を受けない床上高および構造等を指導し、将来増加する被害ポテンシャルを最小限に抑える必要がある。

昭和55年8月出水が再現した場合の湛水区域には約10,000戸の家屋が存在するが、建築指導や規制を行わなければ、昭和70年には浸水家屋は約12,000戸と予想され、年平均被害額にして約5億円の損失となる。

4) 横堤の保存

佐賀北部では城原川から嘉瀬川にかけての横堤（一部は成富兵庫の築堤）により、東湊、焼原、蛇取遊水池が形成され、これが山水を一時貯留するため下流側の資産集積の著しい佐賀市街地を含む流域南部に対して大きな治水効果を発揮している。佐賀導水事業もこれら横堤を利用することによって効果を上げることができ、将来とも横堤の保存を行なう必要がある。

横堤を撤去すると貯留されていた山水が下流側に集中するため図—30に示すとおり、佐賀市街地部で湛水位および湛水継続時間が増大し、流域全体の年平均被害額で約15億円の増加となる。

5) その他の対策

①果樹園、荒地等の森林化

佐賀北部の山麓ではみかん園化が進み、その面積は約100haに及んでいるが、農業政策の転換等により果樹園及び荒地等の森林化が可能であれば、保水機能を高め流出抑制に大きく寄与するものと考えられる。

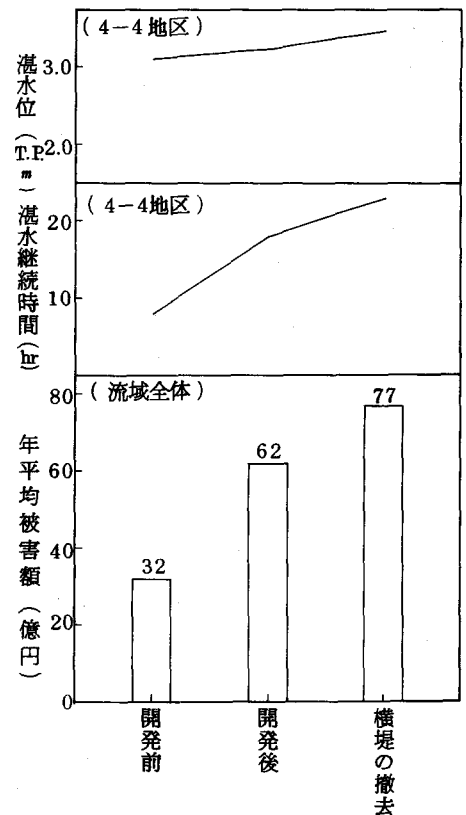
②土地利用の誘導

都市の発展や圃場整備の進行とともに、水田の畑地転換やビニールハウスによる野菜栽培が盛んになり、内水湛水に対し脆弱な性質の土地利用が形成されつつあるが、これらの畑地転換等を適性に誘導することにより、将来の内水被害の増加を軽減することが可能である。

③防災体制の強化

防災道路の設置、避難地の設定、都市中枢機能の耐水化等を図り防災体制を強化する。

現在の主要道路を嵩上げするか、新規道路高を浸



図—30 横堤の撤去による湛水被害増

水に強い高さとすることによって出水時の避難路を確保するとともに、避難場所を設定して避難体制を強化する等、防災体制の強化も必要である。

以上のような流域内の総合的な治水対策については、地元及び関連機関との十分な調整が必要であり、今後の大きな課題として残されている。

5-3 今後の治水対策の方向

今日、全国的な問題として、都市化の進展など急激な流域の変貌に伴う洪水流出量の増大に対処するため、地域的な視点に立った総合的な治水対策が推進されている。特に総合治水対策特定河川については、流域の開発計画等と有機的な連携調整を図りつつ、治水施設の整備、流域の適正な保水遊水機能の確保等に関する流域整備計画の策定が推進されている。

従来の治水対策は線的な対策、つまり河積を広く施設を強固なものにするか、あるいはポンプ排水のようなものによって面的機能を持たせようと努力してきた。しかし線は線でしかなく面の中では相変わらず個々の地域の利益向上のための開発が進み、それがもとで面相互の治水バランスも崩れているが、線は面をカバーできていないという問題がある。そこで河川と流域の分け隔てなく「流域全体の治水をどうすればよいか」という問題に対し、一体となって取り組んで行く必要があり、ここに総合的な治水対策の必要性が生まれる。歴史的には決して新たな発想ではなく、すでに当流域においても藩制時代に成富兵庫が取り入れていた思想であり、明治以降発達してきた縦割り行政によって治水の範囲が限定され、流域は治水と無関係なものと位置付けられていたため今日的な問題となったのである。

既に見てきたように、当筑後川下流右岸地域においても流域の特異性ゆえに、圃場整備を中心とした流域開発は流出や氾濫形態に影響を及ぼし、河川サイドの対策だけでは対応が難しい状態になってきている。

地域の発展と被害即ち「利と害は正比例する」という現状の図式を再確認するとともに、「害を抑える方を如何にすべきか」について河川および流域が一体となって考えて行く必要があり、そのためには浸水区域の公表等積極的に資料を公開することによって、地元および行政が同一認識の上に立ち、今後の治水対策の方向を見い出して行く必要がある。

6. おわりに

本報告には行政上、制度上の範囲を越えた多くの問題を含んでおり、さらに精度上の観点からも今後の出水実態等を踏えた技術的な検討の余地が残されているが、治水に携わる者からの一つの問題提起と受けとめていただければ幸いである。