


佐伯市公共下水道
雨水管理総合計画策定業務委託

【 概 要 版 】

令和8年3月

佐伯市上下水道部下水道課
九州建設コンサルタント株式会社

1 業務概要

1.1 業務目的

本業務は、佐伯市公共下水道全体計画区域において、効率的かつ総合的な浸水対策の実施を図るため、雨水管理総合計画を策定するものである。

1.2 業務概要

- (1) 業務名：令和5年度佐伯市公共下水道雨水管理総合計画策定業務委託
- (2) 業務場所：佐伯市中村南町ほか
- (3) 委託者：佐伯市下水道課下水道工務係
- (4) 受託者：九州建設コンサルタント株式会社
- (5) 契約年月日：令和5年7月25日
- (6) 工期：自) 令和5年7月26日
至) 令和7年12月16日

1.3 業務項目

本業務における調査・検討項目は、表1に示すとおりとする。

表1 業務項目一覧表

工種・種別	単位	数量	備考
雨水管理総合計画策定業務	式	1	
雨水管理方針策定業務	式	1	A=631ha
全体計画業務	式	1	A=631ha
浸水シミュレーション	式	1	A=478ha

1.4 業務位置

業務対象区域は、次のとおりである。



図1 検討対象区域位置図

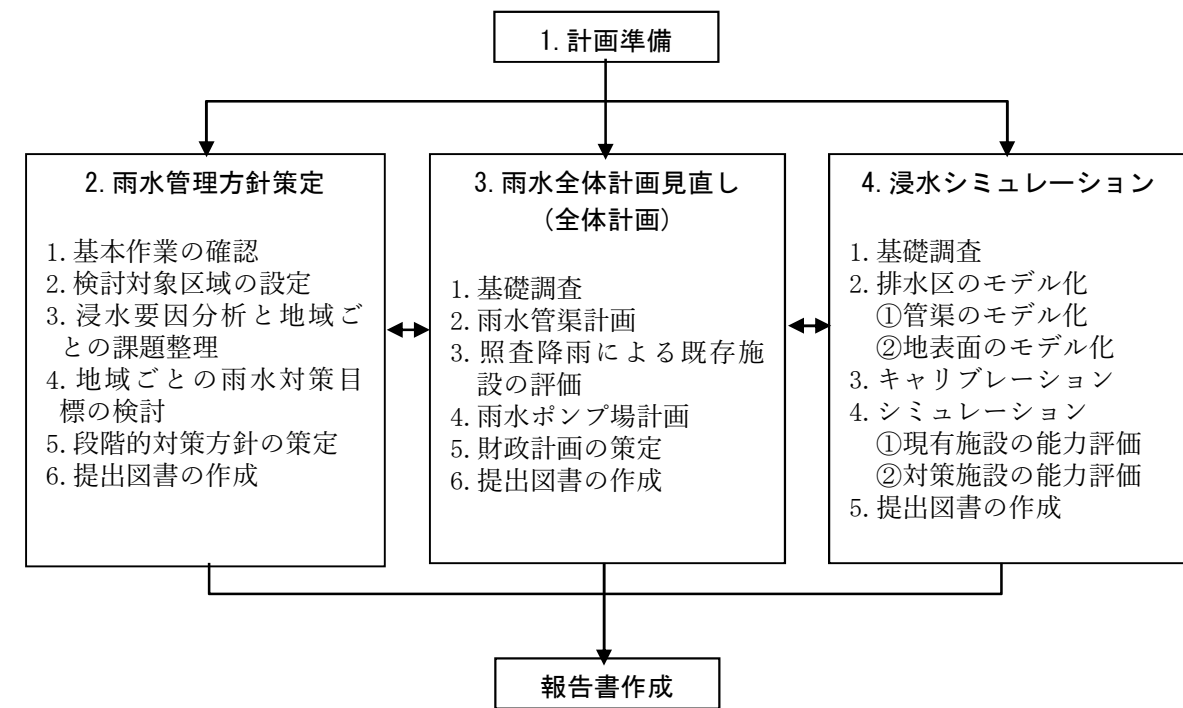


図2 業務フロー

【雨水管理方針策定業務】

1 業務の目的

佐伯市における都市浸水対策については、これまで計画降雨を 59mm/hr とし、一律の整備目標に基づき、過去の浸水被害の大きい地区を優先的に整備してきた。その一方で、令和 3 年 5 月に流域治水関連法が改正され、国土交通省からは、気候変動の影響を踏まえた新たな計画降雨に対応するための浸水対策の長期計画（雨水管理総合計画）の策定を求められているところである。

本業務は、こうした状況を踏まえ、佐伯市公共下水道全体計画区域において、効率的かつ総合的な浸水対策の実施を図るため、「佐伯市公共下水道雨水管理総合計画」を策定するものである。

2 対象区域

本業務で対象とする区域は、「佐伯市公共下水道変更事業計画書（佐伯処理区）令和 2 年度」において示される 630.8ha を対象区域とした。以下に計画一般図（雨水）を示す。

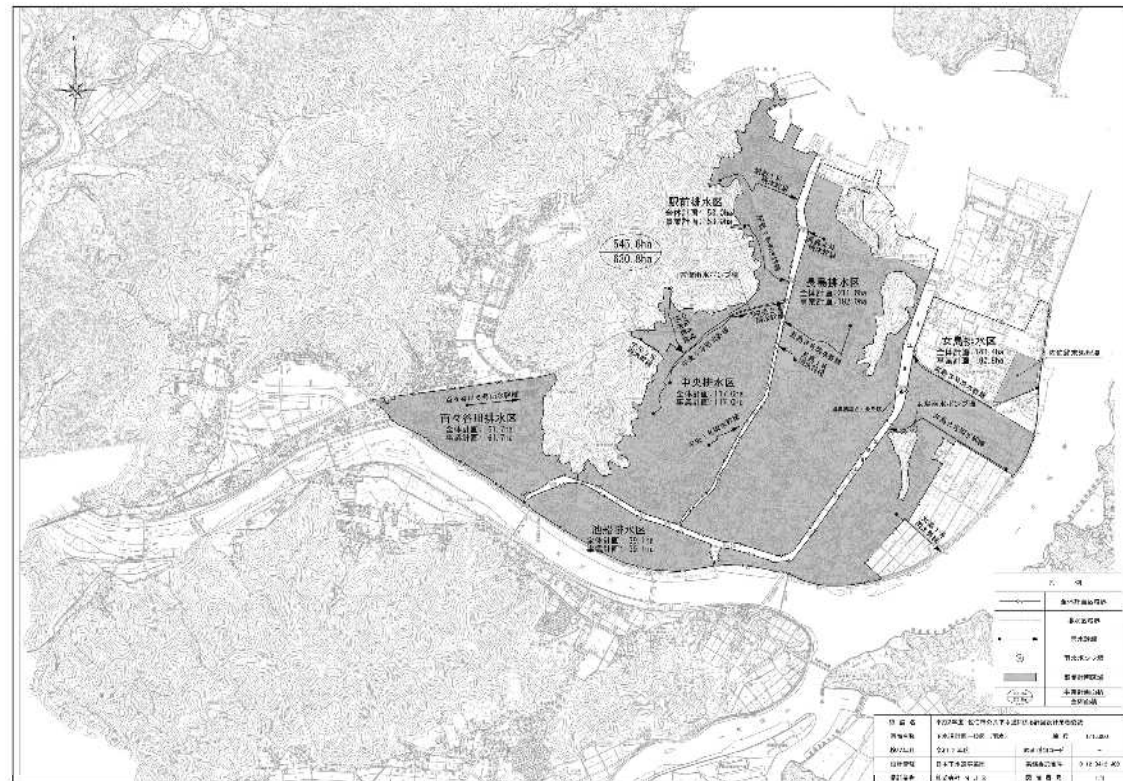


図 2.6 下水道計画一般図（雨水）

図 2.1 下水道計画一般図（雨水）

*出典：佐伯市公共下水道変更事業計画書

3 新計画雨量の算定

(1) 計画雨量の考え方

佐伯市における雨水排水計画の計画降雨量 59mm/60 分の算定期間から約 50 年の期間が経過していること、或いは雨水排水計画における計画降雨量以上の降雨が近年頻発していることから、以下のフローにより計画降雨量の見直しを図る。

ここでは、昭和 26 年～平成 22 年までの降雨データから、雨水排水計画降雨の算定を次の手順により行う。（気候変動考慮）

なお、参考として現時点 2023 年（令和 4 年）までのデータにより降雨強度式を算定する。

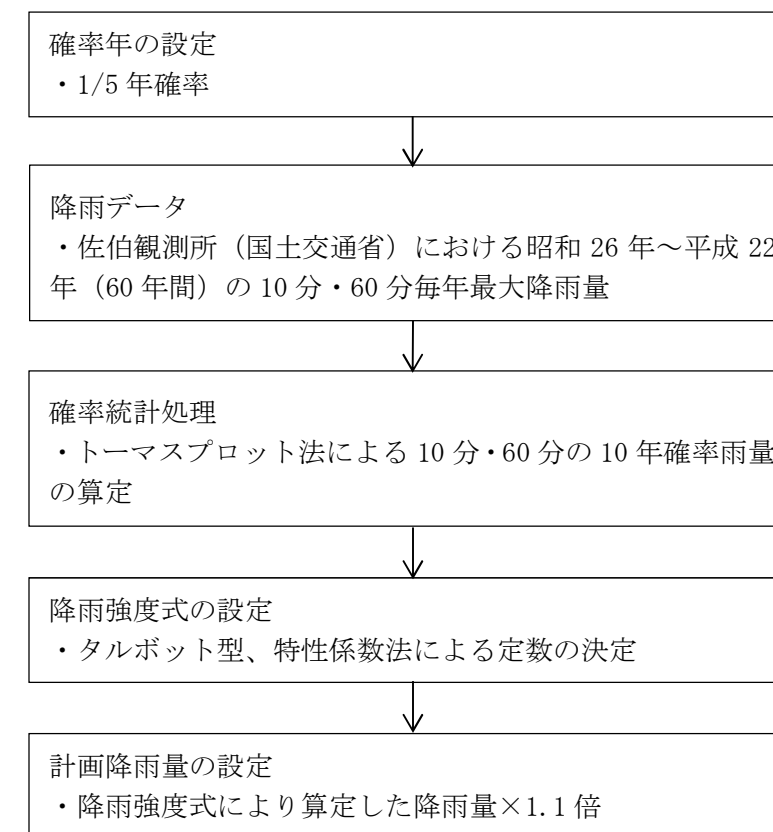


図 3.1 下水道計画降雨算定フロー

気候変動に伴う降雨量や洪水発生頻度の変化

- 2℃上昇した場合の降雨量変化倍率は、3地域で1.15倍、その他12地域で1.1倍、4℃上昇した場合の降雨量変化倍率は3地域で1.4倍、その他12地域で1.2倍と試算。
- 4℃上昇時には小流域・短時間降雨で影響が大きいため、別途降雨量変化倍率を設定する。

<地域区分毎の降雨量変化倍率>

地域区分	2℃上昇 (暫定値)	4℃上昇	
		短時間	長時間
北海道北部、北海道南部、九州北西部	1.15	1.4	1.5
その他12地域	1.1	1.2	1.3
全国平均	1.1	1.3	1.4

※ 4℃上昇の降雨量変化倍率のうち、短時間とは、降雨継続時間が3時間以上12時間未満のこと



<参考>降雨量変化倍率をもとに算出した、流量変化倍率と洪水発生頻度の変化

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
RCP2.6(2℃上昇相当)	約1.1倍	約1.2倍	約2倍
RCP8.5(4℃上昇相当)	(約1.3倍)	(約1.4倍)	(約4倍)

※ 降雨量変化倍率は、20世紀末(過去実績)に対する21世紀末(将来実績)時点の、一般水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の降雨量の変化倍率の平均値
 ※ RCP8.5(4℃上昇相当)時の降雨量変化倍率は、産業革命以前に比べて全球平均温度が4℃上昇した世界をシミュレーションしたGCMデータを活用して試算
 ※ 流量変化倍率は、降雨量変化倍率を乗じた時間より算出した、一般水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の流量の変化倍率の平均値
 ※ 洪水発生頻度の変化倍率は、一般水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の降雨の、現在と将来の発生頻度の変化倍率の平均値
 (例えば、ある降雨量の発生頻度が現在は1/100として、将来ではその発生頻度が1/50となる場合は、洪水発生頻度の変化倍率は2倍となる)

(2) 計画雨量の決定

新計画降雨量については「気候変動を踏まえた治水計画の在り方」を踏まえ、1951年(S26)から2010年(H22)までの10分、60分降雨量から特性係数法により降雨量を算定し、1.1倍して新計画降雨量とする。以下に降雨量の比較を示す。

表 3.1 現計画降雨と見直し計画降雨の比較

種類	現計画	現在まで	気候変動 (新計画降雨)		備考
			現在まで	新計画降雨	
データ期間	S26~S44	S26~R4	S26~H22	S26~H22	
確率規模	1/5	1/5	1/5	1/5	
降雨強度式	6,550/(t+51)	7,482/(t+54)	6,627/(t+49)	6,627/(t+49)	
10分雨量	17.9mm (107.4mm/hr)	19.5mm (116.9mm/hr)	18.7mm (112.3mm/hr)	20.6mm (123.6mm)	
60分雨量	59.0mm	65.6mm	60.8mm	66.9mm ≒67.0mm	
増	0mm	+6.6mm	1.8mm	+8.0mm	
採用				○	

1) 現計画降雨と気候変動前の降雨

現計画降雨に対し降雨期間を2010年(H22)まで延長して降雨量を算定した結果、60.8mmとなり現計画降雨に対し1.8mmの増である。現計画降雨以上の発生頻度は14回/60年となり4.3年に1回となる

2) 現計画降雨と現時点での降雨(R4)

現計画降雨に対し降雨期間を2022年(R4)まで延長して降雨量を算定した結果、65.6mmとなり現計画降雨に対し6.6mmの増である。これは近年12ヶ月で現計画以上の降雨が6回発生し、頻度・降雨量とも大きく気候変動の影響が生じている。

3) 現計画降雨と新計画降雨

新計画降雨は1)を1.1倍して算定し67.0mm(66.9mm)となり、現計画に対し1.13倍とする。

4) 新計画降雨で現在の計画降雨59mmを評価した場合、確率規模は約1/3年相当となる。

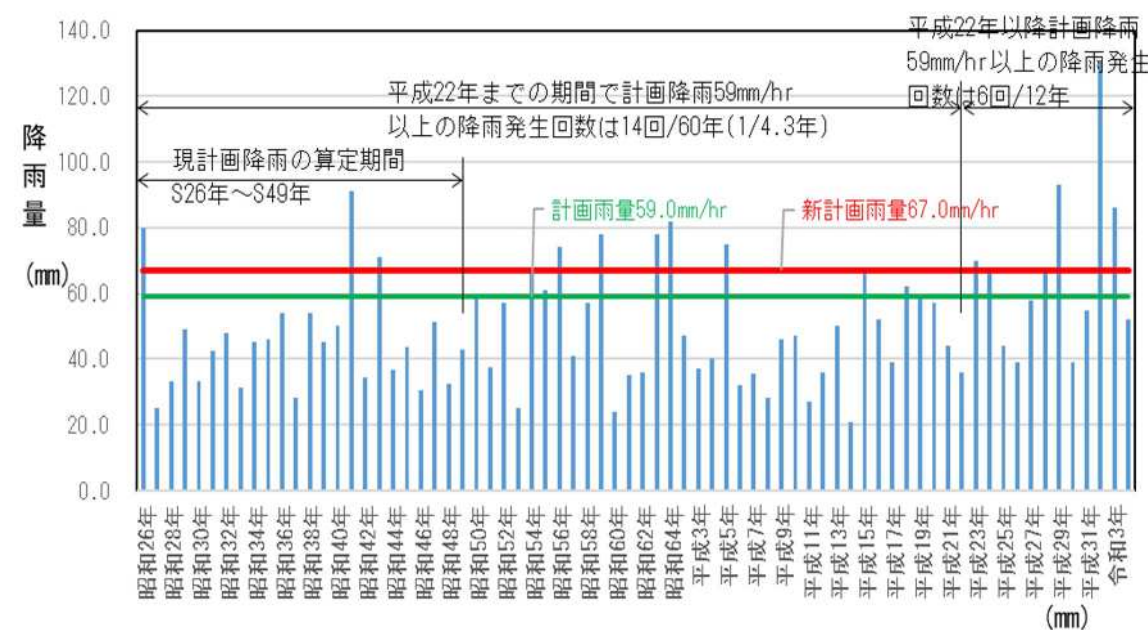


図 3.2 計画降雨以上の降雨発生状況

- ・ H22 までの現計画 59mm 以上の発生頻度 14 回/60 年(1/4.3 年)
- ・ R4 までの現計画 59mm 以上の発生頻度 20 回/72 年(1/3.6 年)
- ・ R4 までの新計画 66.9mm 以上の発生頻度 13 回/72 年(1/5.5 年)

(3) 対象降雨の設定

雨水管理方針に用いる対象降雨は、下水道計画における管路整備の対象降雨（下水道計画降雨（レベル1））、雨水対策施設の効果を評価する降雨（照査降雨1（レベル1'）：外水増水時）、内水ハザードマップ作成の対象降雨（照査降雨2（レベル2））を設定します。次頁に各降雨の考え方を示す。

表 3.2 雨水管理計画における対象降雨

項目	降雨の内容	対象降雨	備考
① 下水道計画降雨 レベル1	下水道計画における 管路整備の対象降雨	1/5年確率降雨 67.0mm/hr	
② 排水対策降雨 レベル1'	照査降雨1'	浸水被害最大降雨 H29 1/20年確率 93.0mm/hr	実績被害 最大
① 内水ハザードマ ップ レベル2	照査降雨2 想定最大降雨	想定最大降雨 1/1000年確率 136.7mm/hr	実績拡大

L2 降雨：136.7mm/hr（事業計画 A:630.8ha）

$$(33-1) : (140-120) = (6.3-1) : x$$

$$x = 3.3\text{mm} \quad 140 - 3.3 = 136.7\text{mm/hr}$$

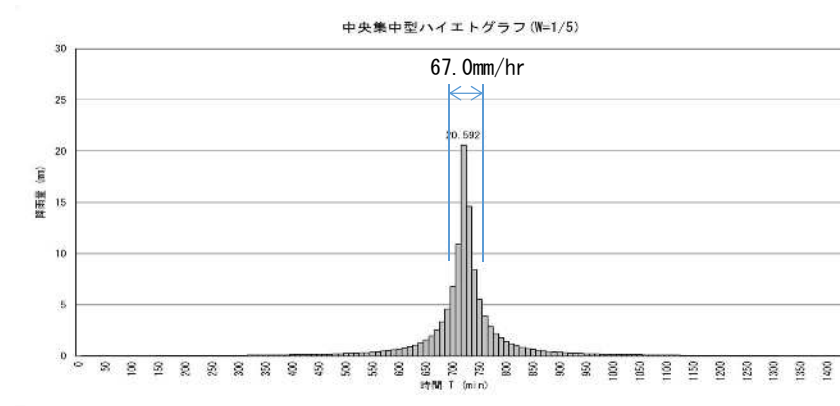
別添表-15 地域ごとの最大降雨量（九州南東部）

（単位：面積(km²)、雨量(mm)）

1 時間		2 時間		3 時間		6 時間	
面積	雨量	面積	雨量	面積	雨量	面積	雨量
1	140	1	210	1	256	1	460
33	120	33	210	33	256	33	460
66	117	65	179	65	250	65	456
132	111	130	178	130	241	130	447
263	95	260	171	260	232	260	415
527	90	520	159	520	214	519	379
790	84	780	152	779	201	779	353

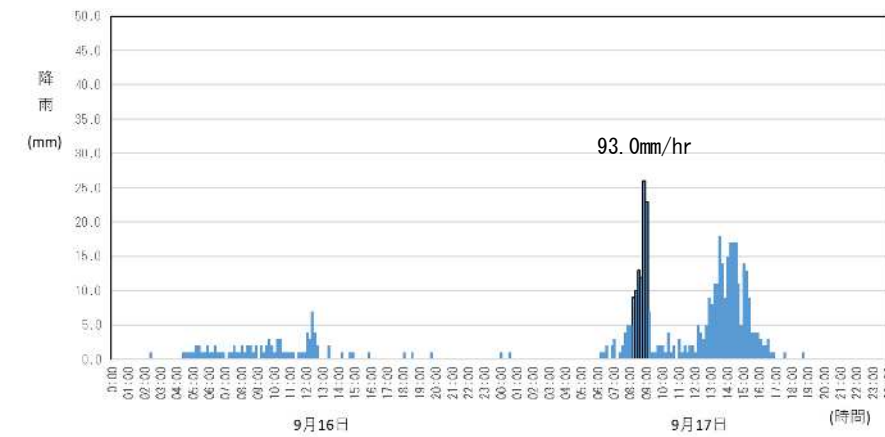
① 下水道計画降雨（レベル1）

下水道計画降雨は、管路規模を検討する対象降雨として計画雨水量の算定に用いる 1/5 年確率降雨 67mm/hr を設定する。



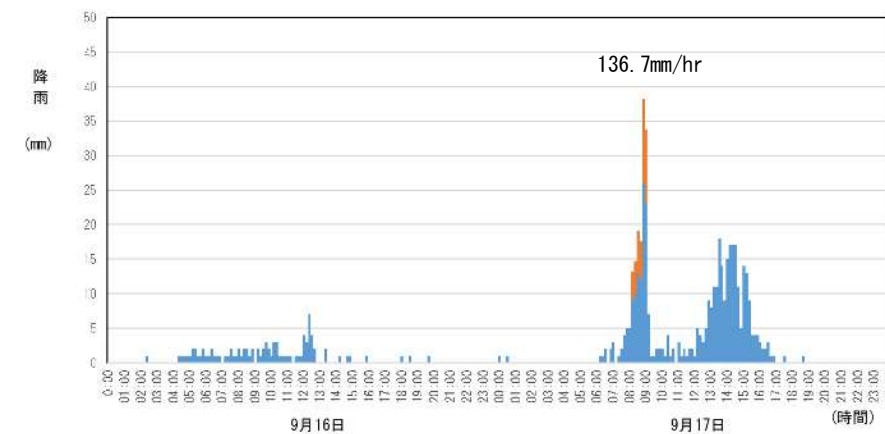
② 照査降雨（レベル1'）

照査降雨は計画降雨に対する防災対策に加え、照査降雨に対する減災対策を必要に応じて検討する降雨である。佐伯市では浸水被害最大であった H29 実績降雨をとる。



③ 照査降雨（レベル2：想定最大降雨）

想定最大規模の降雨として実績の最大時間降雨 93.0mm を L2 降雨相当の 136.7mm に 1.47 倍拡大する。



4 浸水要因と地域毎の課題

現況管路に計画降雨を用いたシミュレーションを行った結果、各排水区の浸水要因を以下に整理する。

4.1 各排水区の浸水要因

排水区	浸水要因
駅前排水区	田の浦の山水は道路沿いの水路により中川や海へ排水されるが、水路勾配が緩いため水路が複数接合する地点において浸水している。
中央排水区	佐伯鶴城高校グラウンド周りの浸水は臼坪山からの流量を流す水路断面の不足により生じている。また、国道 217 号沿いでは山水を受ける道路排水が U300～U400 程度で狭小となっている。なお、常盤排水ポンプが暫定施工されているため周辺で一部道路冠水が生じているが、計画ポンプとなると常盤ポンプ周りは解消する。
長島排水区	全体的に浸水があるが、地盤高が 1～2m 程度の低い地盤の所が多いが、地盤高 2～3m でも浸水しており、断面不足が要因である。
女島排水区	全体的に浸水が点在するが、地盤高が低く水路勾配が緩いため能力不足となり、特に地盤高が 0～2m の所に浸水が多い。
池船排水区	池船排水区は中江川の上流に位置し、地盤高は 2～3m の平坦な地区であり、水路勾配が緩く断面不足となり浸水する。
百々谷排水区	百々谷川に設定されている百①～百⑬断面の幅 1.35m が河川幅約 7.0m に対して狭いため、百々谷川に接する管路の接合部から浸水が生じている。また排水区内で浸水が生じているのは、U300～U360 水路が断面不足で浸水する。

5 地域毎の排水対策目標

(1) 対策地区の設定方針

照査降雨 L1' (93mm/hr)によるシミュレーションの結果から、佐伯市 6 排水区における排水対策の目標を設定する。排水対策の目標については、早期に浸水被害の軽減を図るために、浸水常襲地区や浸水発生時の被害の大きさなど考慮した対策地区を設定します。効果的な浸水対策を実施するために、以下の 3 つの分類から浸水被害の状況やその深刻度等を考慮して対策地区を設定する。

表 5.1 対策地区の設定方針

分類	地区設定の例	佐伯市への適用
生命の保護 (カテゴリー A)	高度地下空間利用地区 (地下街、地下鉄駅構内等)	× 地下空間の利用はないため、当該地区での設定は行わない。
	災害時要配慮者関連施設を有する地区 (医療施設、養護老人ホーム、身体障害者療護施設、児童養護施設等)	× 浸水シミュレーションの浸水状況では、生命に係る浸水は発生しないため、当該地区での設定は行わない。
都市機能の確保 (カテゴリー B)	商業・業務集積地区 (商店街、官庁街、大規模オフィスビル等を含む地区等)	× 佐伯市役所、大分県佐伯総合庁舎、国土交通省佐伯河川国道事務所等の周辺において、浸水シミュレーションによる浸水深が防災業務に支障をきたすような浸水被害が生じていないため、当該地区での設定は行わない。
	交通拠点施設・主要幹線地区 (終着駅、複数路線の結節点となっている駅、緊急輸送道路等になりうる幹線道路等)	○ 国道 217 号、BP、国道 388 号は緊急輸送道として位置付けているため、浸水シミュレーションによる浸水対策を検討する。
	防災関連施設地区 (災害時の防災拠点や避難所、緊急医療施設、役所、消防本部、消防署等)	△ 佐伯市役所、南海医療センター周辺において、浸水シミュレーションによる浸水深が防災業務に支障をきたすような浸水被害が生じていないため、当該地区での設定は行わない。
個人財産の保護 (カテゴリー C)	一般市街地の床上浸水常襲地区	○ 浸水シミュレーションにより床上浸水被害が生じる地区を対象とする。

※分類及び地区設定の例は、「下水道浸水被害軽減総合計画策定マニュアル (案) 平成 28 年 4 月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部」(以下、「下水道浸水被害軽減総合計画策定マニュアル (案)」という。)より整理

(2) 対策地区の設定

対策地区の設定方針に基づき、照査降雨：レベル1'（93mm/hr：H29波形）による浸水シミュレーション結果の浸水状況を考慮し、対策地区として次の地区を設定する。

また、対策地区毎の分類に見合った浸水被害軽減目標（機能保全水深）を設定する。

表 5.2 対策地区の設定

分類	排水区名	設定理由	浸水被害軽減目標
都市機能の確保 (カテゴリ-B)	中央排水区 駅前排水区 長島排水区 池船排水区	避難路となりうる幹線道路としての道路が一連区間において20cm程度の浸水深となり、通行に支障が生じるため。	乗物の移動限界水深である20cm程度を目安とする。
個人財産の保護 (カテゴリ-C)	百々谷排水区 女島排水区	内水により45cm以上の浸水深となり、家屋の床上浸水が発生するため。	床上浸水を防止するためには45cm程度以下を目安とする。

6 雨水管理方針

前述までの結果をとりまとめ、雨水管理方針を作成する。

(1) 基本計画方針

既設雨水施設の流下能力検討

現地調査結果及び近年の整備状況を反映させ、既設の雨水施設の流下能力が満足しているか検討を行った。次頁の青色の路線にて能力不足が確認された。

特に幅員500mm未満の枝線管渠は、能力不足管渠が比較的多く、排水区全域に存在する。

流下能力が不足している区間の能力不足の原因は、①管渠の勾配が小さい、②計画雨量に対して断面が小さい、③道路側溝が片側だけ、等である。

(2) 雨水管渠計画の方針

整備目標

本計画においては新降雨強度となる5年確率降雨（67mm/hr）にて計画を行う。

5年確率降雨強度公式 $I_5=6,627/(t+49) \times 1.1$ 倍 （67mm/hr）

雨水流出量

雨水流出量の算定公式には合理式と実験式があるが、本市は各流域の排水面積も狭く背後の山地もかなり急峻なため、流出量も短時間の降雨強度に大きく左右され、その変動も激しいので降雨強度を加味した合理式を採用する。

$$Q = 1/360 \cdot C \cdot I \cdot A$$

ただし、 Q：雨水流出量（m³/s）

C：流出係数

I：降雨強度（mm/hr）

A：排水面積（ha）

5年確率降雨強度公式を $I_5=6,627/(t+49) \times 1.1$ （設計強度67mm/h）に更新した結果、既設管路の一部で流下能力が不足することが判明した。これに対応するため、当該区間については計画流量を満足する管路断面を新たに設定する。

なお、一部の幹線管路では流下能力が不足する可能性がある。対策としては、管渠勾配の見直し（インバート調整を含む）および実測測量による現況勾配の再確認が必要であるが、本計画ではまず断面改修を前提として管路計画を策定する。

(3) ポンプ場の必要性の検討

雨水計画については、多数の河川及び既存水路にて排除されているが、市街地の一部において浸水被害が生じている。これは既存水路の断面不足によるところもあるが、放流先が感潮河川のため降雨時に潮位の影響を受けて排水不能となるためである。

本計画では、原則として既存水路の改修により浸水被害の軽減を図るものとするが、既存水路の改修だけでは浸水被害の軽減が図れない場合は、雨水ポンプによる浸水対策について、「佐伯市公共下水道変更事業計画書（佐伯処理区）令和2年度」を踏まえ、検討を行った。

検討を行った結果、今後も浸水被害状況に応じて、雨水ポンプ場の整備を計画する必要がある。

【浸水シミュレーション】

1 解析手法

下水道分野の流出解析モデルとしては、一般に市販され使用実績も多く、都市域からの雨水流出現象および管路内の流況について時系列的に解析でき、放流先まで統合的に表現できるソフトウェアとして、以下の3つのソフトが主に使われている。各流出解析モデルの特徴を下表に示す。

本業務では、国内で最も使用されている流出解析ソフト InfoWorks ICM を用いて検討する。

流出解析モデルは、大きく以下の3つの要素に分けられる。

①降雨損失モデル

地表面貯留、浸透、蒸発散による降雨の損失をモデル化し、降雨量から地表面に流出する有効降雨を算出する。

②表面流出モデル

有効降雨が地表面を流れる経過を運動力学的に求め、ノード（マンホール）への流入量を算定する。

③管内水理モデル

表面流出モデルより算出された各ノードでのハイドログラフを用いて、質量および運動量保存則からなる「サンヴナン方程式」により管渠内の流れを解析する。

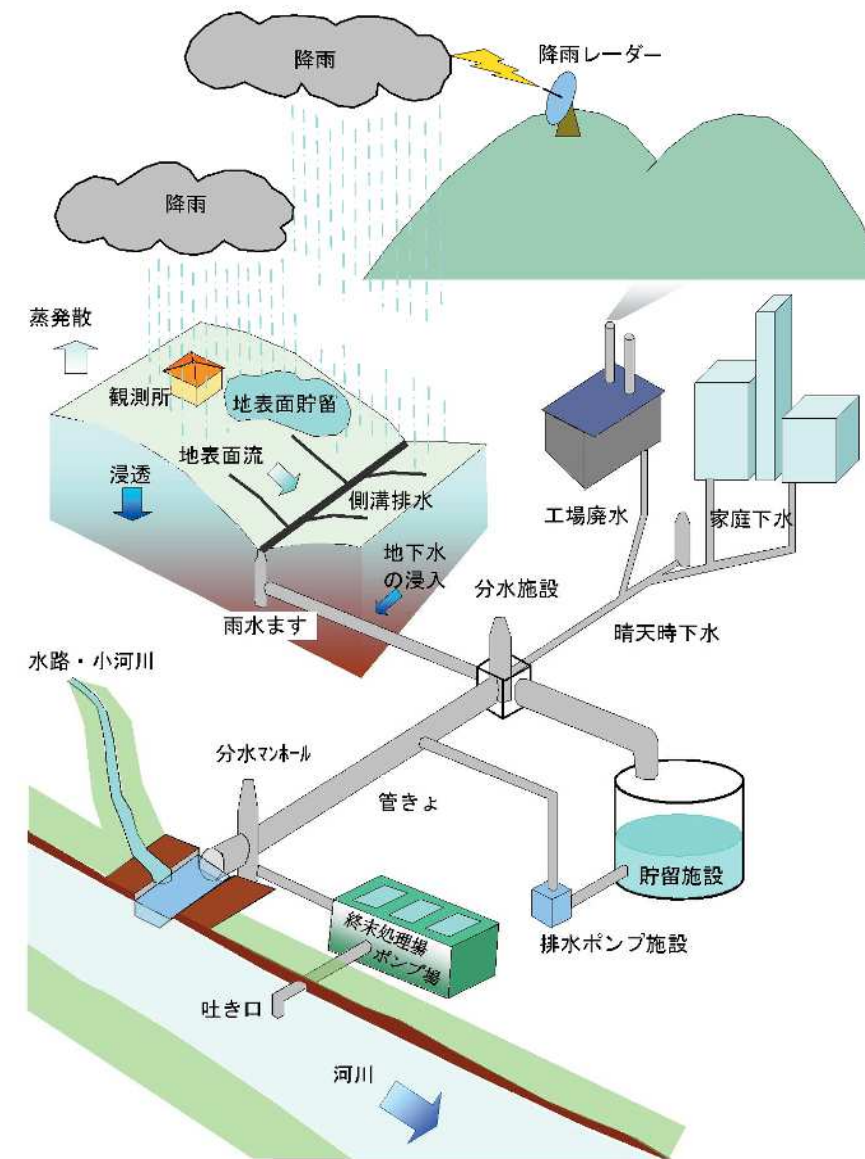
表 1.1 流出解析モデルの機能概要

		Infoworks ICM	MIKE URBN	xpswmm
基本機能	1. 降雨損失モデル	・降雨損失モデル ・流出係数モデル	・降雨損失モデル ・流出係数モデル	・降雨損失モデル
	2. 表面流出モデル	・二重線形貯留法 ・非線形貯留法	・時間面積法 ・非線形貯留法	・非線形貯留法
	3. 管内水理モデル	・完全サンヴナン方程式 (Dynamic wave 法)	・完全サンヴナン方程式 (Dynamic wave 法)	・完全サンヴナン方程式 (Dynamic wave 法)
	4. 汚濁負荷量モデル	・地表面堆積流出モデル ・堆積物輸送モデル ・水質 7 項目 +ユーザー定義項目	・地表面堆積流出モデル ・堆積物輸送モデル ・水質 7 項目 +ユーザー定義項目	・地表面堆積流出モデル ・堆積物輸送モデル ・水質：任意項目
追加機能	5. 氾濫解析モデル	・二次元不定流モデル (Infoworks ICM+SULIS)	・二次元不定流モデル (MIKE Urban Flood)	・二次元不定流モデル (XP-Flood:2D)
	6. その他の機能	・RTC (リアルタイムコントロール) ・河川統合解析 ・GIS	・RTC (リアルタイムコントロール) ・河川統合解析 ・GIS	・RTC (リアルタイムコントロール) ・河川統合解析 ・GIS

2 地表面管内流出解析

流出解析モデルの構成は、降雨損失モデル、表面流出モデル、管内水理モデル及び氾濫解析モデルに分けられる。以下に各モデルの計算概念を整理する。

流出解析の概念図を図 2.1 に示す。



(出典：「流出解析モデル利活用マニュアル」)

図 2.1 流出解析の概念図

3 管渠のモデル化

管渠のモデル化は、現況管路区画割図及び計画管路区画割図をもとに、GISにより水路モデルを構築し、シミュレーションの基礎データとした。以下に各排水区のモデル化した管路延長を示し、次頁以降に現況管路網図、計画管路網図を示す。

※道路側溝についても対象としている。

表 3.1 排水路モデル延長

流域	延長 (m)	備考
女島排水区	29,960	
池船排水区	12,835	
百々谷排水区	14,853	
中央排水区	52,269	
駅前排水区	54,670	
長島排水区	17,765	
合計	182,352	

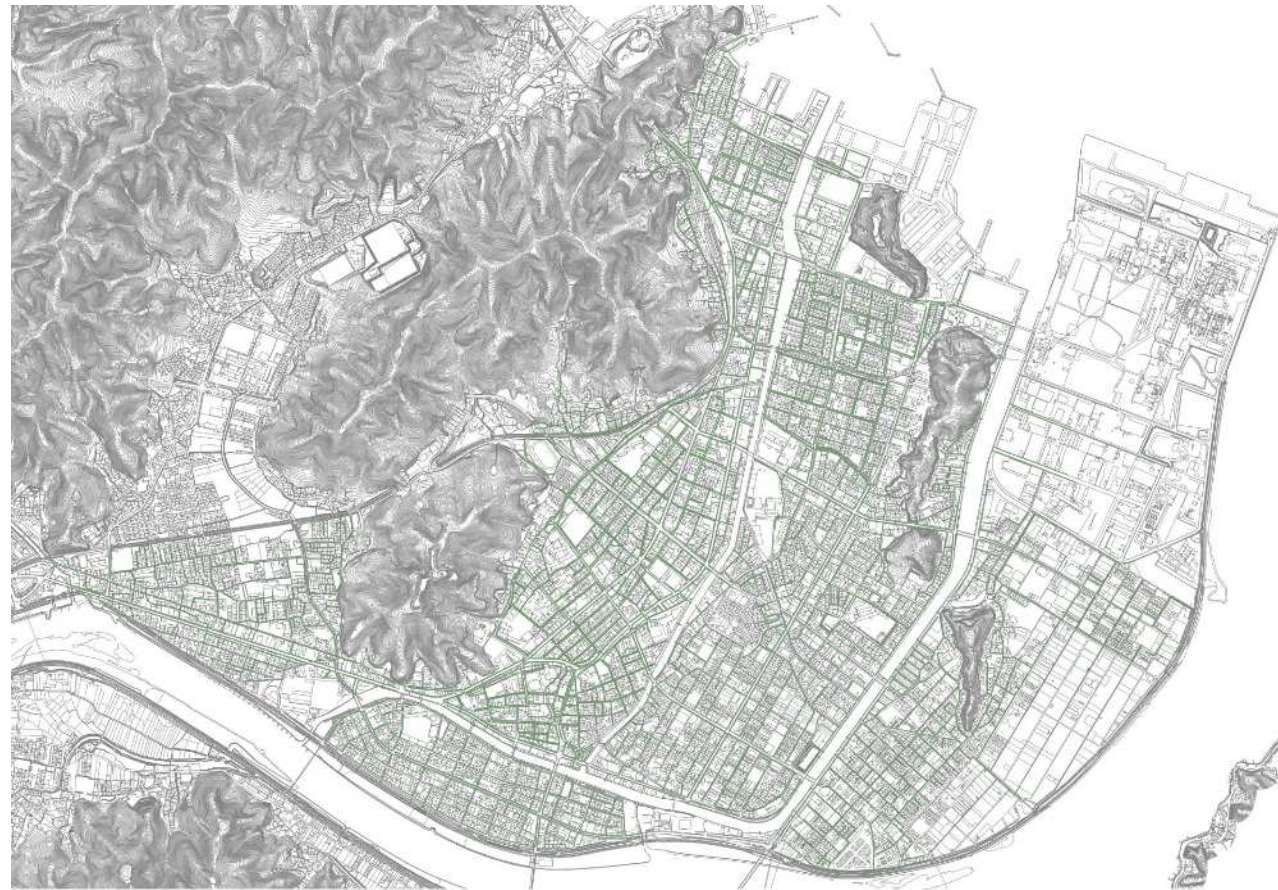


図 3.1 佐伯市現況雨水排水管路モデル図

4 地表面のモデル化

地盤高は国土地理院の基盤地図情報から数値標高モデル 5m メッシュデータ DEM5A をダウンロードし地盤高データとする。なお、解析モデルでは地表面の凸凹を TIN(任意の三角メッシュ)にし、地表面モデルとする。

表 4.1 メッシュコード表

地域	二次メッシュ No	備考
佐伯市	493136	
	493137	

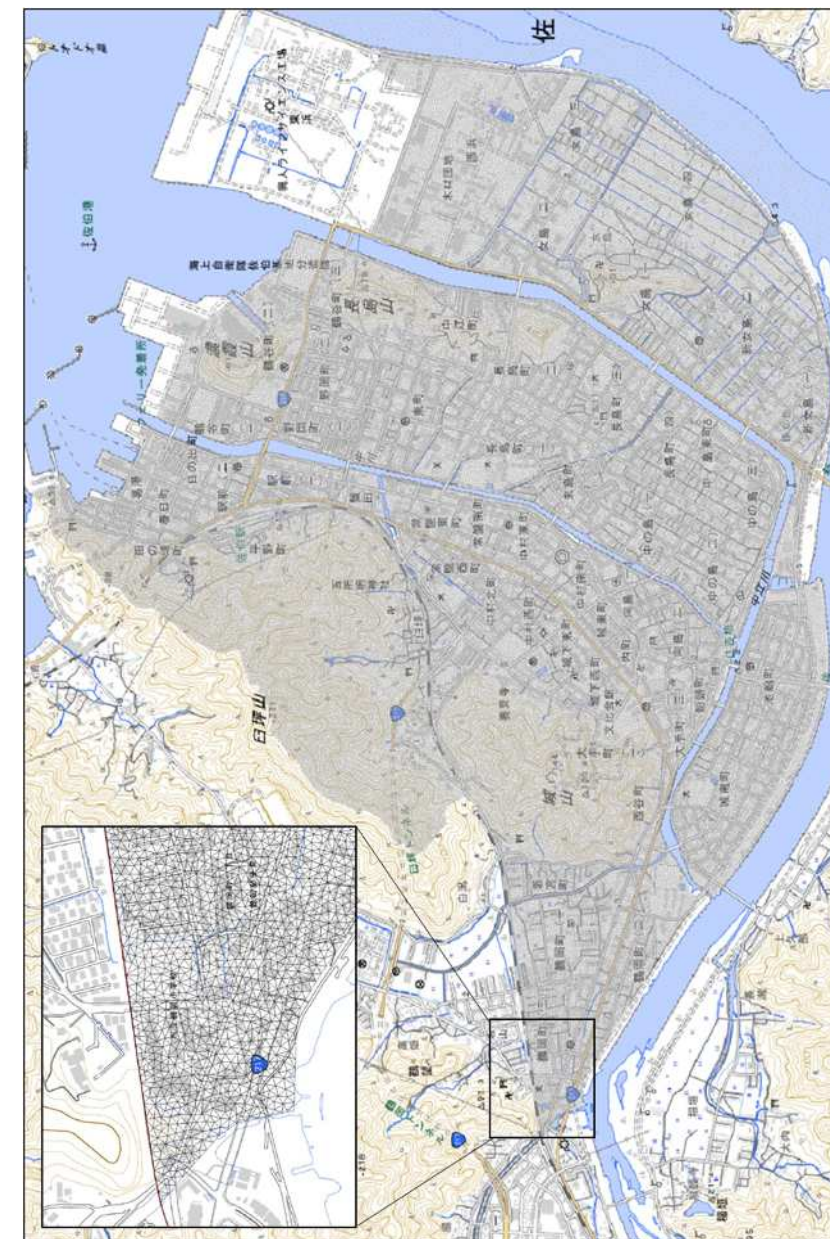


図 4.1 各排水区の地表面モデル(TIN)図

5 外水位の算定

外水位については、佐伯市公共下水の雨水の排水先が中江川、中川、番匠川となっているため、それぞれ、大分県及び国土交通省における河川モデルにより確率規模5年、実績洪水平成29年、想定最大L2について水位の算定を行った。以下に中江川及び中川の水位比較図を示す。

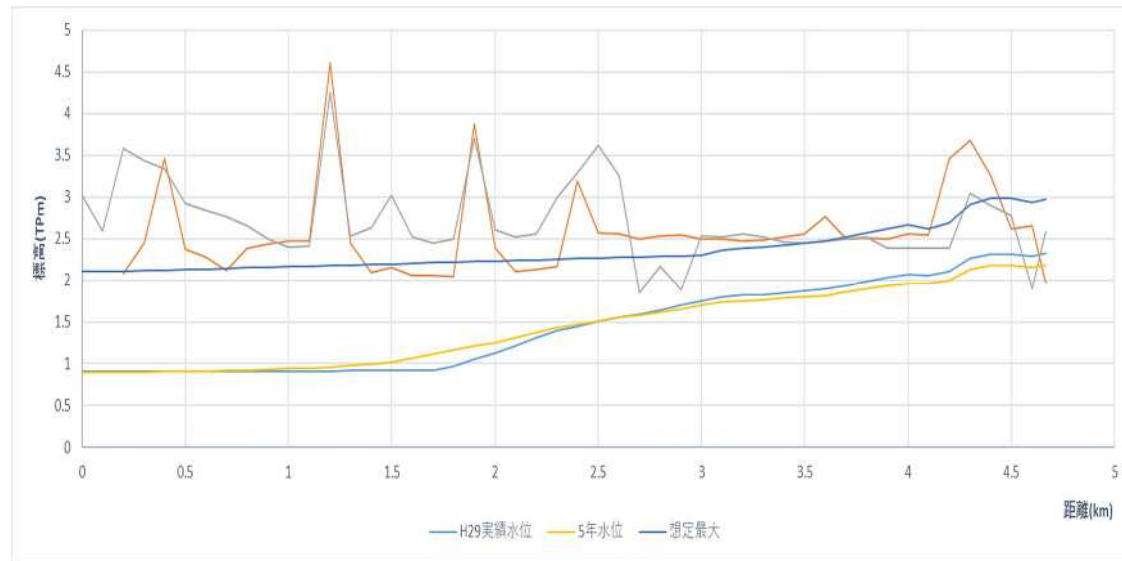


図 6.1 中江川水位縦断面図

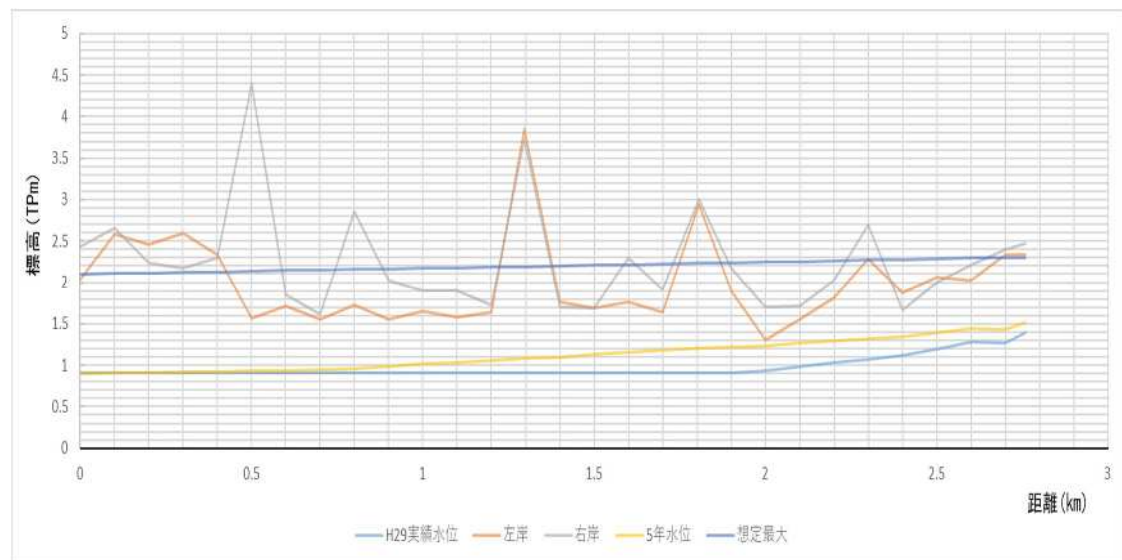
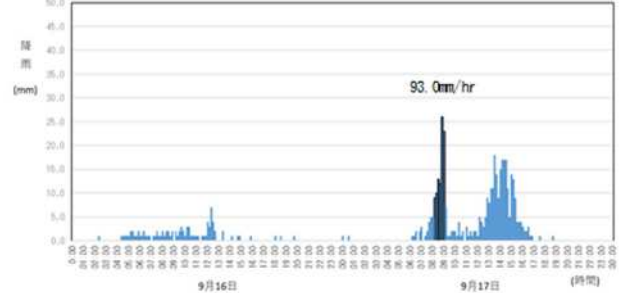
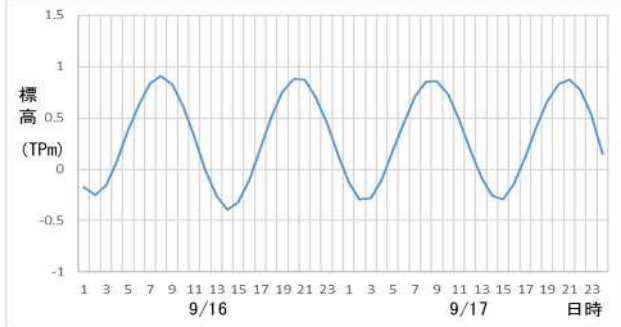


図 6.2 中川水位縦断面図

6 キャリブレーション

既往最大の浸水実績は平成29年9月降雨であった。この実績降雨と潮位を基に、今回作成した佐伯市浸水モデルによりキャリブレーションを行った。以下に検討条件を整理し、次頁にシミュレーション結果を示す。

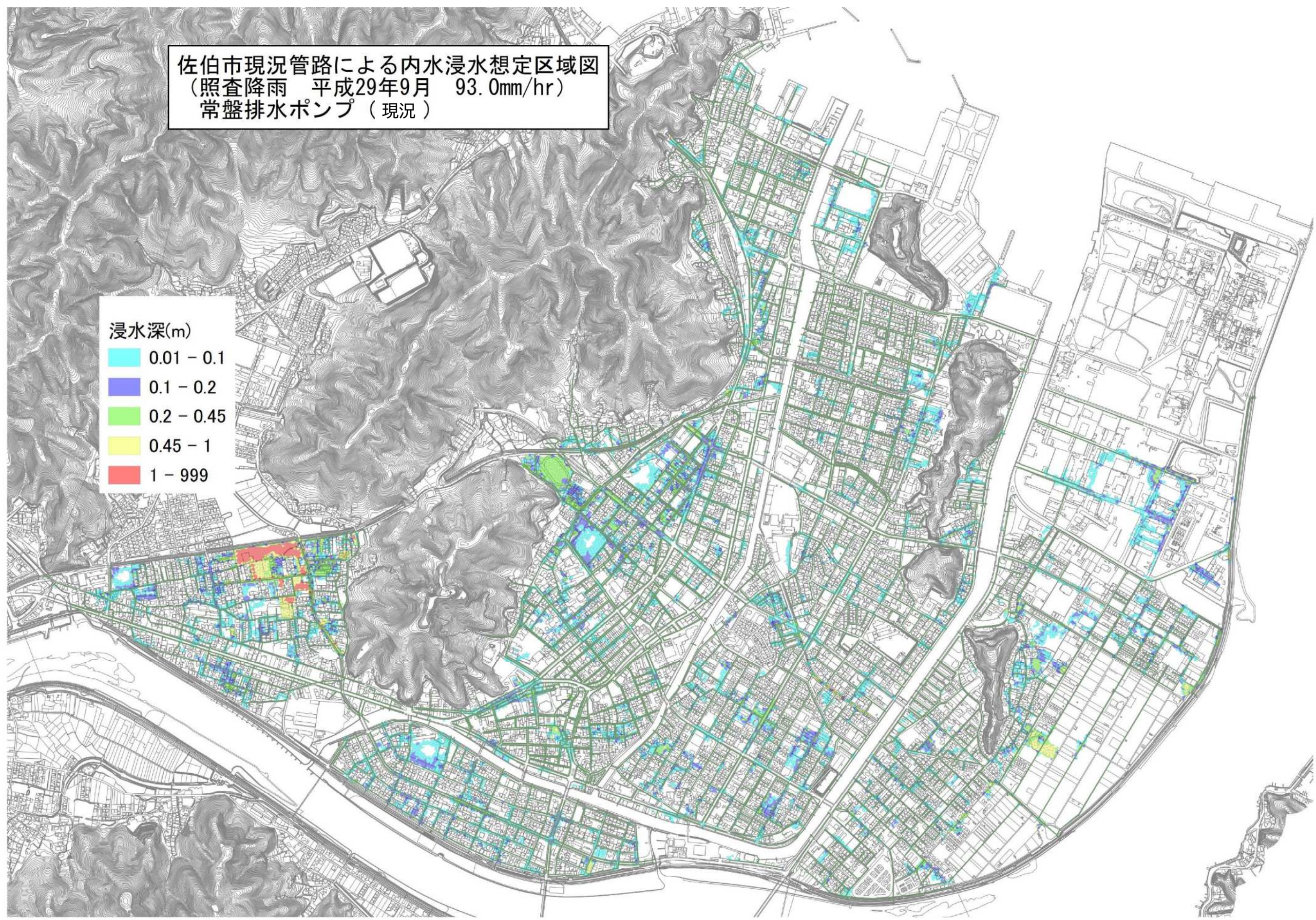
表 7.1 平成29年9月降雨の状況

項目	内容	備考
降雨	平成29年9月17日降雨（佐伯観測所） 	
潮位	実績潮位（気象庁） 	
河川流量	上記降雨を貯留関数法により流域からの流出量を算定し、流域面積比により中江川、中川に配分 流域面積 $A=9.3\text{km}^2$ 流出量 $Q=147.0\text{m}^3/\text{s}$ 中江川 $Q=147.0 \times 0.839 \approx 123\text{m}^3/\text{s}$ 中川 $Q=147.0 \times 0.312 \approx 45\text{m}^3/\text{s}$	
妥当性	各排水区において、浸水が発生している箇所は概ね再現できている。	

佐伯市現況管路による内水浸水想定区域図
(照査降雨 平成29年9月 93.0mm/hr)
常盤排水ポンプ (現況)

浸水深(m)

0.01 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.45
0.45 - 1
1 - 999



7 現有施設の能力評価

現有施設の能力評価を雨水管理方針に記述した浸水モデルにより実施した。

現有施設の能力評価として、すべての排水区において浸水深 20cm 以下の浸水が発生するが、百々谷排水区や女島排水区では浸水深 1.0m 未満の浸水が生じる可能性がある。

また、平成 29 年 9 月のモデルによると浸水深 20cm 以下の浸水範囲が広がり、百々谷排水区では 1.0m 以上となる箇所も生じる。

さらに、想定最大降雨^ノ 136.7mm/hr の降雨が発生した場合、すべての排水区で浸水深 45cm 未満の浸水が生じ、道路等では車の通行が不能となる状況が想定される。

8 計画施設の能力評価

計画施設の能力評価を雨水管理方針に記述した浸水モデルにより実施した。

計画施設の能力評価として、計画規模の 67mm/hr であれば主要な道路等で浸水深は 20cm 以下となるが、中央排水区、百々谷排水区、女島排水区で一部高い浸水深を示す地区が残る。

また、平成 29 年 9 月のモデルにおいて、緊急輸送道路等の主要な道路では浸水深が 20cm 以下に抑えられており、都市機能に支障はないが、百々谷排水区や中央排水区、女島排水区においては家屋の床上浸水等が生じる危険性がある。