

第4章 雨水管理計画

第4章 雨水管理計画の構成

本章は、第1節から第5節に計画降雨に対する事項、第6節に計画降雨を超える降雨に対する事項、第7節に両降雨に対するソフト対策について記載した。

第4章 雨水管理計画

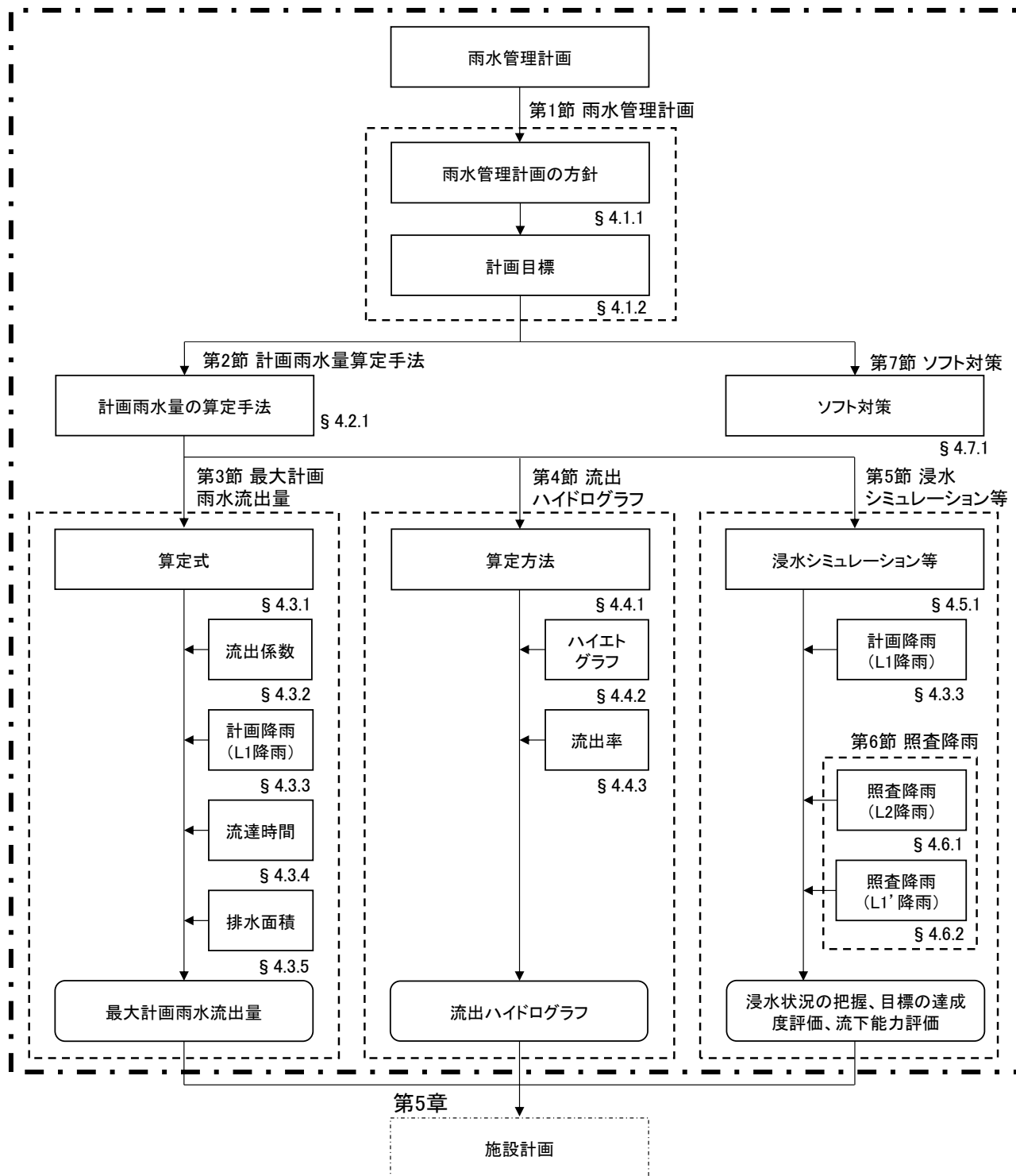


図 4.1 雨水管理計画の構成

第1節 雨水管理計画

§ 4.1.1 雨水管理計画の方針

雨水管理計画の方針は、次のとおりとする。

- (1) 気候変動を考慮した施設計画の策定
- (2) 照査降雨に対する減災対策*の推進
- (3) 時間軸を考慮した段階的な対策の推進
- (4) 既存ストックを活用する効率的な対策の推進
- (5) ハード・ソフト両面の総合的な対策の推進

【解説】

(1)について

気候変動に関する政府間パネル* (IPCC) の第5次評価報告書によると、気候システムの温暖化については疑う余地がなく、21世紀末までに平均気温が更に上昇し、短時間強雨の発生件数も増加するとされている。そのため、例えば現在の10年確率の降雨は将来的にはより発生頻度の高い降雨となるため、安全度が低下することが想定される。したがって、今後は、気候変動の影響を踏まえた計画降雨（レベル1降雨（L1降雨））及び計画雨水量に基づく施設計画を策定する。

施設計画は、流下型管きょやポンプ場等による雨水排水施設を原則とするが、放流先の河川計画や特定都市河川浸水被害対策法に基づく流域水害対策計画等を踏まえて計画する必要がある。計画雨水流出量が放流河川や下流管きょ、ポンプ場等の排水能力を上回る場合等、放流先の条件等に応じて、雨水調整池*や雨水貯留管*等の雨水貯留施設を計画する。

(2)について

近年、気候変動の影響等から計画を上回る降雨が頻発している。加えて、都市の地下空間利用が進み、そのような空間に雨水が浸入することによる人的被害の危険性が增大している。このため、計画を上回る降雨に対して浸水被害をできるだけ軽減させる減災の取組が求められていることから、次のとおり照査降雨を設定して、減災対策などを推進する。

1) 照査降雨の定義

照査降雨とは、計画を上回る降雨のうち、減災対策の対象とする降雨のことである。照査降雨には以下に示す2種類がある。

レベル2降雨（L2降雨）：水防法で規定される「想定し得る最大規模の降雨」（以下、「想定最大規模降雨」という。）であり、安全な避難の確保を目標とする降雨

レベル1'降雨（L1'降雨）：計画降雨（L1降雨）とL2降雨の間の降雨であり、浸水被害軽減を目標とする降雨

2) 照査降雨への対応

照査降雨への対応は、計画降雨に対して整備された下水道施設に加え、下水道以外の施設も含めた既存ストックの能力を適切に評価・活用し、一定程度の浸水を許容した減災（浸水軽減）対策を基本とする。対策内容は、多様な主体との連携による対策やソフト対策を基本とする。

(3)について

計画降雨へのハード対策及びL1' 降雨への減災対策は、いずれも長期間を要するため段階的に対策を推進する。

計画降雨においては、ハード対策によって浸水想定区域の解消を優先的に目指し、将来的には自由水面流れによる浸水防止を目標とする。

L1' 降雨においては、既存ストックの活用、多様な主体との連携による対策及びソフト対策により、床上浸水の概ね解消を目標とする。

L2 降雨においては、なるべく早期にソフト対策を実施し、安全な避難の確保につなげることを目標とする。

本市における段階的な対策方針を表 4.1.1.1 に示す。

表 4.1.1.1 本市における段階的な対策方針

		計画降雨 L1	照査降雨 L1'	照査降雨 L2
目標	短期～	浸水想定区域の浸水解消	床上浸水の概ね解消	安全な避難の確保
	将来	自由水面流れによる浸水の防止		
対策方針	短期～	ハード対策 (圧力状態を許容)	<ul style="list-style-type: none"> ・既存ストックの活用 ・多様な主体との連携による対策 ・ソフト対策 	ソフト対策の実施
	将来	ハード対策 (自由水面流れ)		

(4)について

計画降雨に対する下水道施設が整備途上の期間においては、施設が既に整備されている場合、流下能力を評価する計画手法（合理式*による流量計算）に加え、水位を評価し浸水発生の可能性を検証する計画手法（第5節 浸水シミュレーション等を参照）の採用等により、既存ストックを最大限に活用する効率的な対策を検討する。照査降雨に対しては、下水道以外の施設も含めた既存ストックを最大限活用することを前提として、他の対策と組合せた総合的な対策を検討する。

(5)について

下水道施設の整備途上における計画降雨への対策及び照査降雨への対策は、多様な主体との連携による貯留・浸透施設の設置やソフト対策を実施するなど、ハード・ソフトを組み合わせた総合的な対策とすることで、効率的・効果的に浸水被害の軽減を図る。

§ 4.1.2 計画目標

計画目標は、次のとおりとする。

- (1) 計画降雨（L1降雨）に対する整備目標は、当面は浸水想定区域の浸水解消、将来は自由水面流れによる浸水の防止とし、目標整備水準は次のとおりとする。
 - 1) 原則として全市域に対し10年確率の降雨とする。
 - 2) 当面は、「自然排水区域」については5年確率の降雨、「ポンプ排水区域」については10年確率の降雨を対象とする。
 - 3) 特に重大な被害が生じるおそれがあり、より高い整備水準が求められる「特別地区」は、30年確率の降雨を対象とする。
- (2) 計画降雨を上回る降雨への対策目標は次のとおりとする。
 - 1) 照査降雨（L1'降雨）に対する目標は、床上浸水の概ね解消とする。
 - 2) 照査降雨（L2降雨）に対する目標は、安全な避難の確保とする。

【解説】

(1)について

L1降雨では、自由水面を確保した流下を基本としてハード対策による整備を進める。一方で、こうしたハード対策の完了までには相当の期間を必要とするため、流下能力を評価する計画手法に加え、水位を評価し浸水発生の可能性を検証する計画手法の採用等により、既存ストックを最大限に活用する効率的な対策を検討する。

当面は浸水想定区域の浸水解消に向けて、段階的な計画目標のレベルアップとして、整備が完了した雨水排除施設の圧力管状態の運用を許容した能力評価も用いて検討を行っていく。

(1)の1)について

目標整備水準は、都市計画中央審議会の答申（「**今後の下水道整備と管理は、いかにあるべきか**」**についての答申**（平成7年7月））及び横浜市下水道事業経営調査会による報告（第一次報告書、平成7年8月）を踏まえ、原則として全市域に対し10年確率の降雨としている。

(1)の2)について

「**雨水管理総合計画策定ガイドライン（案）**」（令和3年11月：国土交通省水管理・国土保全局下水道部）では、地域ごとに目標を定め、段階的に整備水準の向上を図る必要があるとしており、浸水被害による社会的、経済的影響が甚大であると考えられるポンプ排水区域については10年確率の降雨、自然排水区域については5年確率の降雨を当面の目標とする。

ただし、社会資本整備審議会の答申（「**新しい時代の都市計画はいかにあるべきか。（第二次答申）**」（平成19年7月））では、地域の実情を踏まえて目標水準を設定するとしており、自然排水区であっても人口密集地区など重大な被害が生じるおそれのある地区においては10年確率の降雨対応、又はポンプ排水区域であっても市街化調整区域など重大な被害が生じるおそれの少ない地区は当面5年確率の降雨対応とするなど、必要に応じて地域の特性を考慮した目標整備水準の設定を行うこともできる。

(1)の3)について

特別地区の目標整備水準は、近年、本市で最も大きな浸水被害が発生した平成16年台風22号が襲来した際に市内で観測された時間最大降雨量（76.5mm/hr）をふまえ、同等の強度である30年確率の降雨とする。

特に重大な被害が生じるおそれのある地区としては、都市機能が集積しており、さらに地下街や地下施設を有する地区が該当する。該当する地区においては、想定される浸水の状況や対策に要する費用を考慮し、特別地区とする可能性を検討する。なお、令和7年10月時点では横浜駅周辺地区を特別地区としている。

(2)の1)について

L1' 降雨では、計画降雨に対して整備された下水道施設に加え、下水道以外の施設も含めた既存ストックの能力を適切に評価・活用したうえで、多様な主体と連携した雨水貯留浸透施設による対策やソフト対策により、床上浸水の概ね解消を図ることを対策目標とする。

(2)の2)について

L2 降雨では、多様な主体と連携し、ソフト対策により市民の安全な避難の確保につなげることを対策目標とする。

第2節 計画雨水量算定手法

§ 4.2.1 計画雨水量の算定手法

計画雨水量の算定手法は、次のとおりとする。

- (1) 計画雨水量は次の各手法により算出する。
 - 1) 雨水排除施設の計画雨水量は、最大計画雨水流出量とする。
 - 2) 貯留浸透施設の貯留量及び浸透効果等の算定は、流出ハイドログラフ*を用いる。
- (2) 詳細な施設計画や目標の達成度評価等を行う場合には、流出解析モデルによるシミュレーションを活用することができる。

【解説】

本指針で対象とする計画雨水量の算定手法としては、主に次の3種類がある。

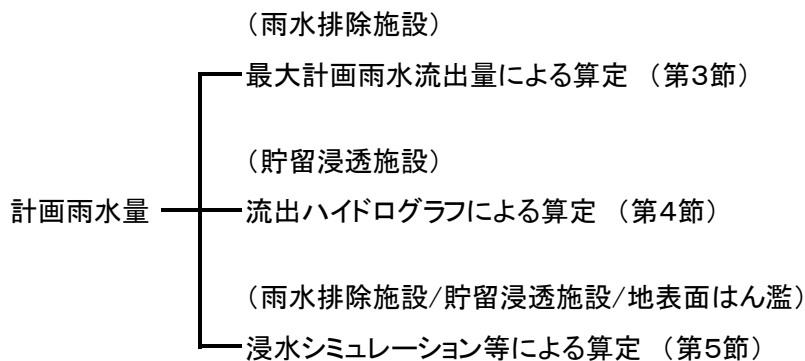


図 4.2.1.1 本指針における計画雨水量の算定手法

(1)の1)について

最大計画雨水流出量は、計画降雨時に生じる雨水流出量の最大値（最大流出量）であり、一般に管きょやポンプ施設の施設規模等の算定に用いる。

(1)の2)について

流出ハイドログラフは、雨水流出量の時間的な変化を表すものであり、雨水貯留施設の貯留量や雨水浸透施設*の浸透効果等の算定に用いる。

(2)について

流出解析モデルによるシミュレーションは、排水系統全体を対象に流量・流速・水位の時系列における解析を行うことができる。そのため、次の項目など多面的な検討が可能であり、地域特性を反映した効率的・効果的な施設計画や目標の達成度評価などに活用することができる。

- ・ 流下型施設や雨水貯留施設など各種対策施設（既存施設も含む）の対策効果の確認
- ・ 地表面はん濫解析による浸水域、浸水深、浸水時間等の算定
- ・ 対策シナリオに応じた浸水軽減効果の確認
- ・ 費用対効果分析に必要な浸水域と浸水深の算定
- ・ 雨水流出量算定式が異なる施設（古い基準と新しい基準による施設）が混在する地区の面的な評価など

第3節 最大計画雨水流出量

§4.3.1 算定式

最大計画雨水流出量は、合理式による算定を基本とする。

$$Q = \frac{1}{360} C \times (I \times \alpha) \times A$$

- Q : 最大計画雨水流出量 (m³/s)
 C : 流出係数
 I : 流達時間内の降雨強度 (mm/hr)
 α : 降雨量変化倍率 (=1.10)
 A : 排水面積 (ha)

【解説】

「横浜市下水道計画基準（平成11年度）」までは、排水面積20ha未満の雨水流出量の算定において実験式を用いていたが、近年、局地的な大雨による浸水被害が比較的流達時間*の短い小流域で発生していることから、平成22年4月より合理式による算定を基本とした。合理式は確率年の評価や流達時間を的確に反映することができる。

すでに実験式で整備された既存施設に対し合理式を用いて再整備する場合には、既存施設の能力評価を行った上で、合理的な雨水排除計画を策定することが必要である。

なお、最大計画雨水流出量の算定過程については、「下水道施設計画・設計指針と解説」を参考にするとよい。

（参考）旧計画基準で用いた実験式

表 4.3.1.1 旧計画基準で用いた実験式

排水面積	算定式	備考
1ha 未満	$Q_r = RCA = 0.1667CA$	直線式
1ha～3ha 未満	$Q_r = RCA (S/A)^{1/6} = 0.1667CA^{5/6}$	ブリックス式* S=1‰
3ha～20ha 未満	$Q_r = RCA (S/A)^{1/6} = 0.1667CA^{5/6}$	ブリックス式 S=30‰

- ここに、
 Q_r : 最大計画雨水流出量 (m³/s)
 R : 実験式での降雨強度* (0.1667m³/s/ha)
 C : 流出係数
 A : 排水面積 (ha)
 S : 地表平均こう配 (‰)

降雨量変化倍率は、その算出根拠となった現在気候に対する将来気候の状態を表すものであり、「雨水管理総合計画策定ガイドライン（案）」に準拠し、パリ協定等における政府としての取組の目標及び下水道施設の標準耐用年数をふまえ、2℃上昇を考慮した1.10（北海道を除く地域）とする。

§ 4.3.2 流出係数

流出係数は、次の各項を考慮して定める。

- (1) 流出係数は、用途地域別の値を採用する。
- (2) 雨水流出量の算定に用いる計画流出係数は、排水区内や集水区域内の用途地域別面積による加重平均値を用いる。

【解説】

(1)について

流出係数は、合理式等で最大流出量を算出するための主なパラメータであり、土地利用の状況によって異なるため、用途地域別の値を採用する。

表 4.3.2.1 用途地域別流出係数

用 途 地 域		流出係数
住居系	第 1 種 低 層 住 専	0.70
	第 2 種 低 層 住 専	
	第 1 種 中 高 層 住 専	
	第 2 種 中 高 層 住 専	
	第 1 種 住 居	
	第 2 種 住 居	
商業系	準 住 居	0.80
	近 隣 商 業	
工業系	商 業	0.60
	準 工 業	
	工 業 専 用	
その他	市 街 化 調 整 区 域	0.40

注) 都市機能が集積している地区や地下空間利用等が発達している地区等においては、C=0.90を上限値として用いることができる。

(2)について

排水区域内や集水区域内は一般に複数の用途地域で構成しているため、雨水流出量の算定に用いる計画流出係数は、その用途地域別面積による加重平均値を用いる。

なお、土地利用の変化が伴う開発事業等で計画流出係数を超過する場合は、事業者等への適正な助言・指導（雨水流出抑制施設*の設置など）を行い、適切に雨水流出抑制対策を図る。

(参考) 計画流出係数の算定

$$\text{計画流出係数 } C = \frac{\sum_{i=1}^m (C_i \cdot A_i)}{\sum_{i=1}^m A_i}$$

C_i : 用途地域別流出係数

A_i : 用途地域別面積

m : 用途地域の数

〈算定例〉

住居系 : 10ha、商業系 : 10ha、工業系 : 10ha
(計 30ha) の場合

$$C = \frac{0.7 \times 10 + 0.8 \times 10 + 0.6 \times 10}{30} = 0.7$$

§ 4.3.3 計画降雨強度式 (L1 降雨)

計画降雨である5年確率、10年確率、30年確率の降雨変化倍率を乗じる前の降雨強度は、次式を採用する。

$$\text{5年確率} \quad I = \frac{883}{t^{0.65} + 4.4}$$

$$\text{10年確率} \quad I = \frac{1,452}{t^{0.70} + 7.5}$$

$$\text{30年確率} \quad I = \frac{2,731}{t^{0.77} + 13.4}$$

I : 降雨強度 (mm/hr)

t : 降雨継続時間* (min)

【解説】

降雨強度式は、降雨継続時間と降雨強度との関係を表す式であり、確率年ごとに異なる。また、確率年とは、何年に1回程度生起する大雨かを表す指標であり、降雨量 X の発生する時間間隔の平均値(期待値)を $1/T$ で表す。この場合の T が確率年(リターンピリオド(再現期間))である。5年確率の降雨とは毎年 $1/5$ の確率で発生する大雨を意味する。

本市の下水道計画において従来から採用している降雨量変化倍率を乗じる前の降雨強度式は、横浜地方気象台における1926年(昭和元年)～1968年(昭和43年)の毎年最大値資料からトーマスプロット法*を用いて求めたもの(表4.3.3.1)であり、市内の河川計画とほぼ整合が図れたものである。

また、この期間(1926～1968年)の降雨データは、降雨量変化倍率の算定根拠となった降雨データ期間(1951～2010年(出典:雨水管理総合計画策定ガイドライン(案)参考資料))と大きな乖離が無く、1969年以降の降雨データ(1926～2010年)を含めて、より精度の高い「水文統計ユーティリティ」(財)国土技術研究センター)を用いて検討した結果においても、適合するモデルの範囲内では降雨強度に明らかな相違がみられなかったものである。

表 4.3.3.1 確率年別降雨強度式

確率年 (年)	降雨強度式	継続時間別の降雨強度と降雨量			
		10分	30分	1時間	24時間
5	$I = \frac{883}{t^{0.65} + 4.4}$	99.6	65.3	47.2	7.5
		16.6	32.6	47.2	180.6
10	$I = \frac{1,452}{t^{0.70} + 7.5}$	116.0	79.3	57.9	8.5
		19.3	39.6	57.9	205.0
20	$I = \frac{2,199}{t^{0.75} + 11.1}$	131.5	91.9	67.3	9.0
		21.9	46.0	67.3	215.5
30	$I = \frac{2,731}{t^{0.77} + 13.4}$	141.6	100.7	74.2	9.6
		23.6	50.3	74.2	231.0

注) 上段: 降雨強度 (mm/hr)、下段: 降雨量 (mm)

出典: 神奈川県土木部河港課資料

§ 4.3.4 流達時間

流達時間は、次の各項を考慮して定める。

- (1) 流達時間は、流入時間と流下時間の和とする。
 - 1) 流入時間は、原則として5分とする。
 - 2) 流下時間は、管きよ延長を管きよの設計流速で除して求める。
- (2) 複数の系統が合流する地点では、最長の流達時間を用いる。

【解説】

(1)の1)について

流入時間は、管きよに接続する区域の雨水排水が、管きよまで到達するのに要する時間であり、一般に5～10分が用いられている。本市では、舗装率が高く家屋が密集している区域が多いため、原則として最小値である5分を採用する。ただし、急傾斜地等の地区で流入時間が5分に満たないことが想定される場合には、流況に見合う流入時間を用いることができる。

(1)の2)について

区間*i*の管きよの流下時間は、次のように求める。

$$t_f = \frac{L_i}{60 \cdot V_i}$$

ここに、 t_f : 流下時間 (min) L_i : 管きよ延長 (m) V_i : 設計流速 (m/s)

なお、設計流速の算定は § 5.1.4 を参照のこと。

(2)について

合理式の基本的な仮定は、「降雨強度 I の降雨による流出量は、その降雨が流達時間以上継続する時最大になる」というものであり、排水区域に降った雨水が一律均等に流下することを前提にしている。このため、最遠点の雨水が計画地点に到達する時間、すなわち計画地点までの最長流達時間に対応する降雨強度が最大流出量の算定に用いられる。

流達時間は、

$$t_c = t_e + \sum t_f = t_e + \sum \left(\frac{L_i}{60 \cdot V_i} \right)$$

ここに、 t_c : 流達時間 (min) t_e : 流入時間 (min)

であり、複数の系統が合流する地点では、それらのうちの最大値を用いる。

河川の最上流部に放流する雨水幹線等の施設計画では、計画放流量*等について河川計画との整合を図る必要がある。なお、「国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編」では、下水道との管理区分である流域面積 200ha において、河川への流入時間は 30 分に定めてよいとしている。

§ 4.3.5 排水面積

排水面積は、次の各項を考慮して定める。

- (1) 排水面積は、地形図を基に道路、鉄道、河川等の配置を踏査により十分調査し、将来の計画も考慮して正確に求める。
- (2) 自然排水区域とポンプ排水区域の境界では、計画外水位を基に水位計算を行い、安全に排水可能かを確認する。

【解説】

(1)について

排水境界は、比較的こう配のある地域では正確に求まるが、平坦な地域では排水境界を地形図のみから求めることは困難であるため、道路の配置やこう配、在来水路や河川の位置、流向等を踏査により十分調査し、排水境界を確定する必要がある。

排水境界にまたがる特定用途の土地利用、例えば工場や公園等については、その敷地内の排水経路等によって排水区域に入れる必要のある場合とそうでない場合があるので、十分に調査しておく必要がある。なお、河川区域については、排水面積から除外することを原則とする。

また、隣接する自然排水区域から氾濫水の流入（落ち水*）のおそれがあるポンプ排水区域の雨水排除計画等においては、必要に応じてその排水面積又は雨水流出量を見込むことができる。

なお、計画区域外から雨水が流入する地域においては、その雨水流入量を見込むものとする。

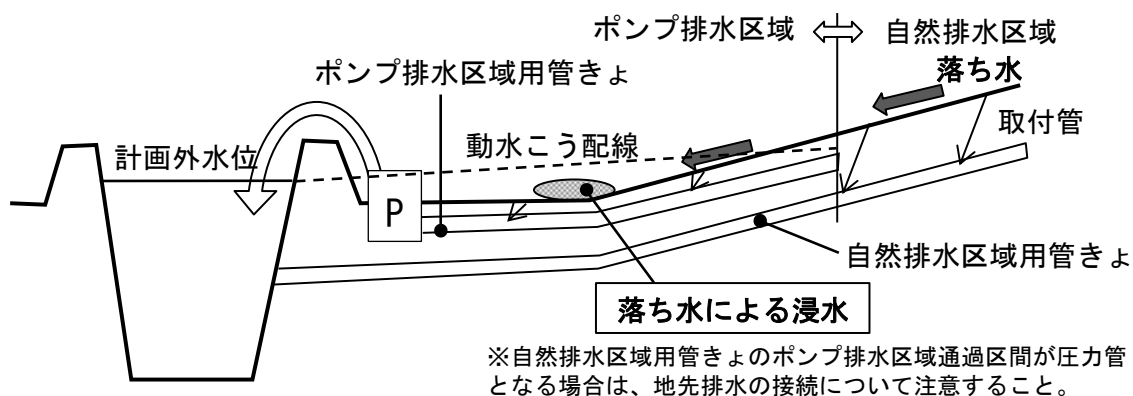


図 4.3.5.1 落ち水概念図

(2)について

自然排水区域、ポンプ排水区域の境界において、局地的な浸水が発生しないよう、放流先の計画外水位を用いて動水こう配*を確認する。また、河川改修が完了していない場合は、安全の確認のため、堤防高等を用いることもできる。

第4節 流出ヒドログラフ

§ 4.4.1 算定方法

流出ヒドログラフの算定には、原則としてタイムエリア法を採用する。ただし、必要に応じて合理式合成法を採用できる。

【解説】

合理式合成法、タイムエリア法は、単位図と合理式の組み合わせをもとに流出ヒドログラフを算出する方法である。

1) 単位図法について

単位図とは、単位雨量によって生じた直接流出量のヒドログラフである。単位雨量とは、「ある流域において、一様に降った有効降雨*」を意味する。

単位図を時系列で重ね合わせるにより、任意の有効雨量による流出ヒドログラフを算定することができる。

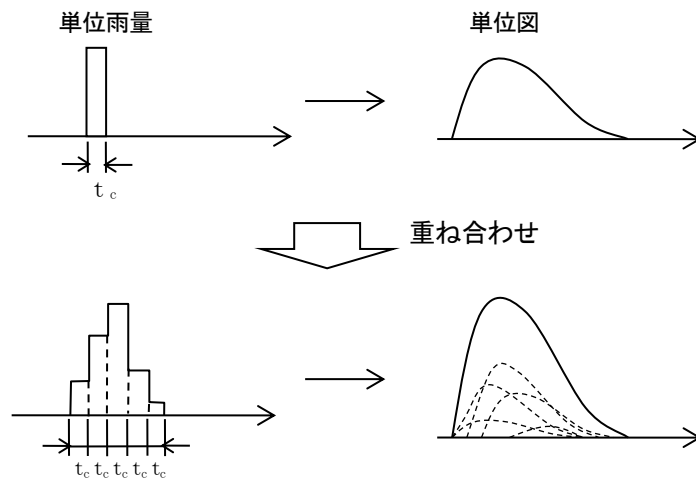


図 4.4.1.1 単位図法の概念

2) 合理式合成法について

対象排水区域の流達時間 t_c の間隔でハイトグラフ*を作成し、流達時間内の平均の降雨強度を求め、合理式によって最大流量を算出する。合理式合成法は、これを基に単位図 (Δabc) を作成し、時系列で重ね合わせて流出ヒドログラフを作成するものである。

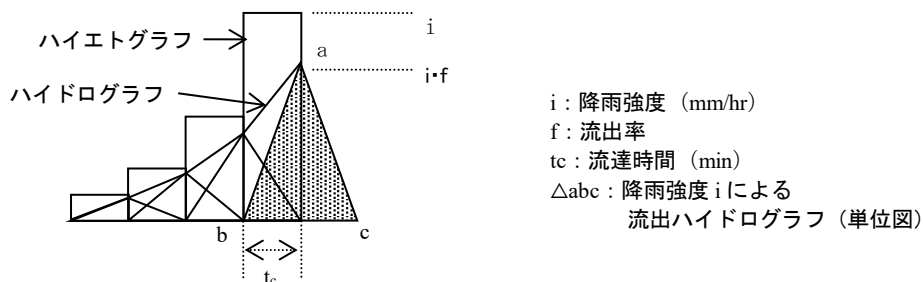
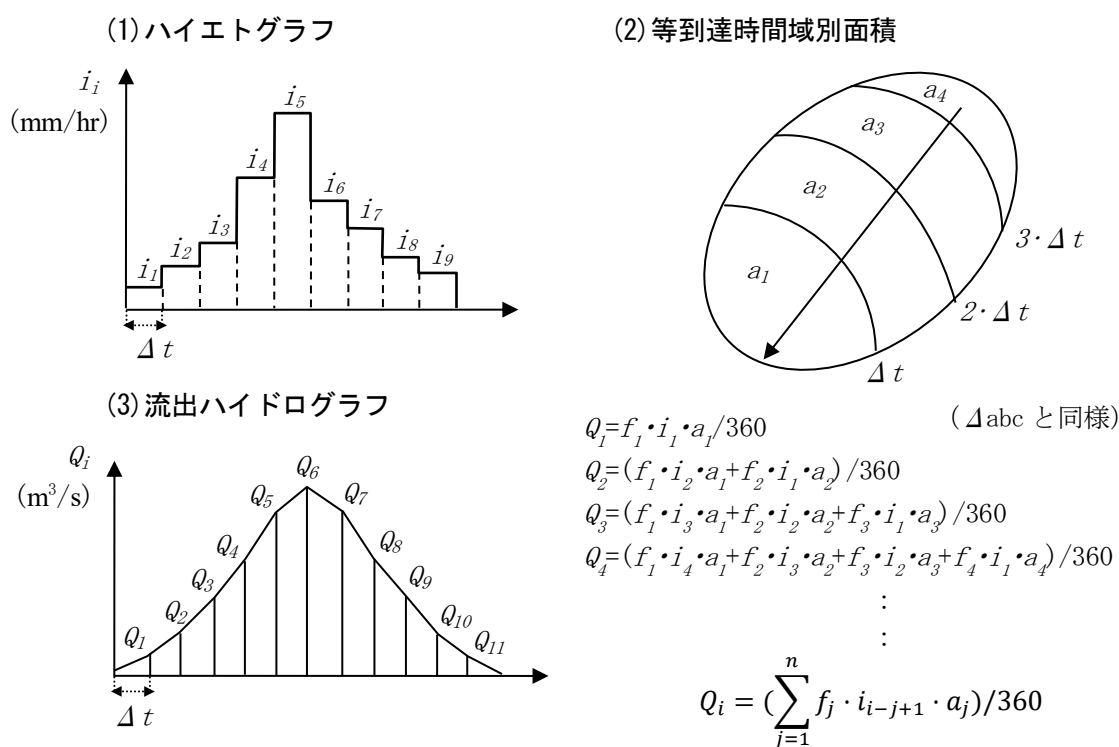


図 4.4.1.2 合理式合成法による流出ヒドログラフ

3) タイムエリア法について

タイムエリア法は、合理式合成法の変法であり、ハイエトグラフの時間間隔（降雨波形*の単位時間 Δt ）ごとに対象とする排水区域を分割し、合理式と等到達時間域別面積から単位図法と同様に、時系列で重ね合わせて流出ハイドログラフを求める。

タイムエリア法は、合理式合成法に比べて集水状況など地域特性をより反映した解析が可能となるため、流出ハイドログラフの算定には、原則としてタイムエリア法を採用する。



- ここに、
- Q_i : 時間 i における流出量 (m³/s)
 - f : 流出率
 - i_i : 各時間ステップの降雨強度 (mm/hr)
 - a_j : 下流から j 番目の等到達時間域面積 (ha)
 - n : 等到達区域の数
 - Δt : 計算時間間隔

図 4.4.1.3 タイムエリア法による流出ハイドログラフ

4) その他の算定方法について

流出ハイドログラフに雨水貯留施設や雨水浸透施設の雨水流出抑制効果を見込むためには、貯留効果（調節計算）や浸透効果（一定量差し引き）がより詳細に反映できるモデルを用いる。

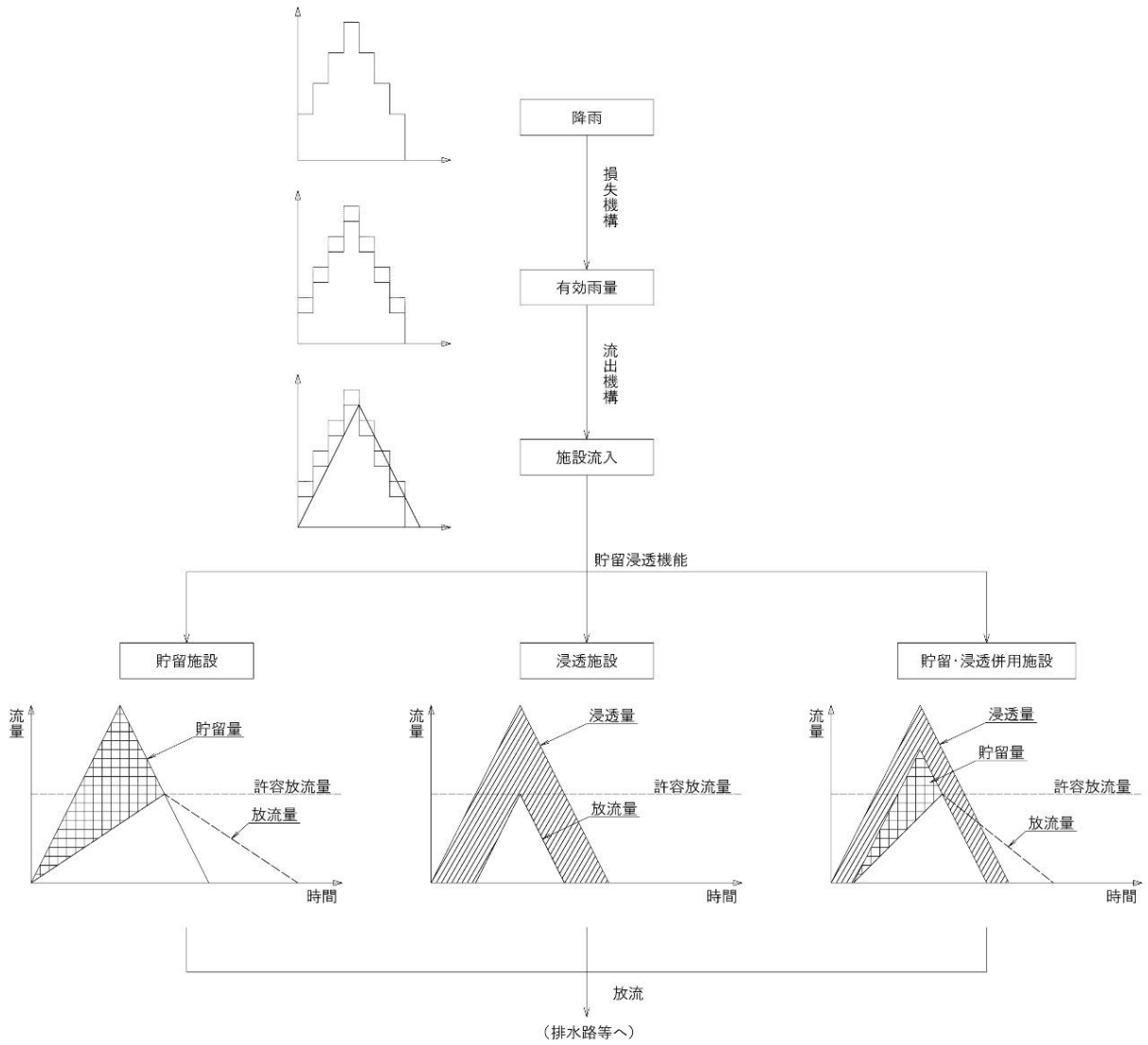


図 4.4.1.4 対策別ハイドログラフの設定例

出典：下水道施設計画・設計指針と解説 前編-2019年版-、(公社)日本下水道協会

§ 4.4.2 ハイエトグラフ

ハイエトグラフは、次の各項を考慮して作成する。

- (1) 降雨継続時間は、24時間を標準とする。
- (2) 降雨波形は、原則として中央集中型を採用する。
- (3) 単位時間間隔は、5分以下とする。

【解説】

(1)について

貯留容量の検討において、ハイエトグラフの降雨継続時間は、24時間を標準とする。

ただし、放流先の許容放流量が小さい場合には、降雨継続時間が24時間を超える降雨に対して貯留量が考慮されないおそれがあるため、24時間を超える降雨継続時間に係る安全性を検証する必要がある。(図4.4.2.1参照)。

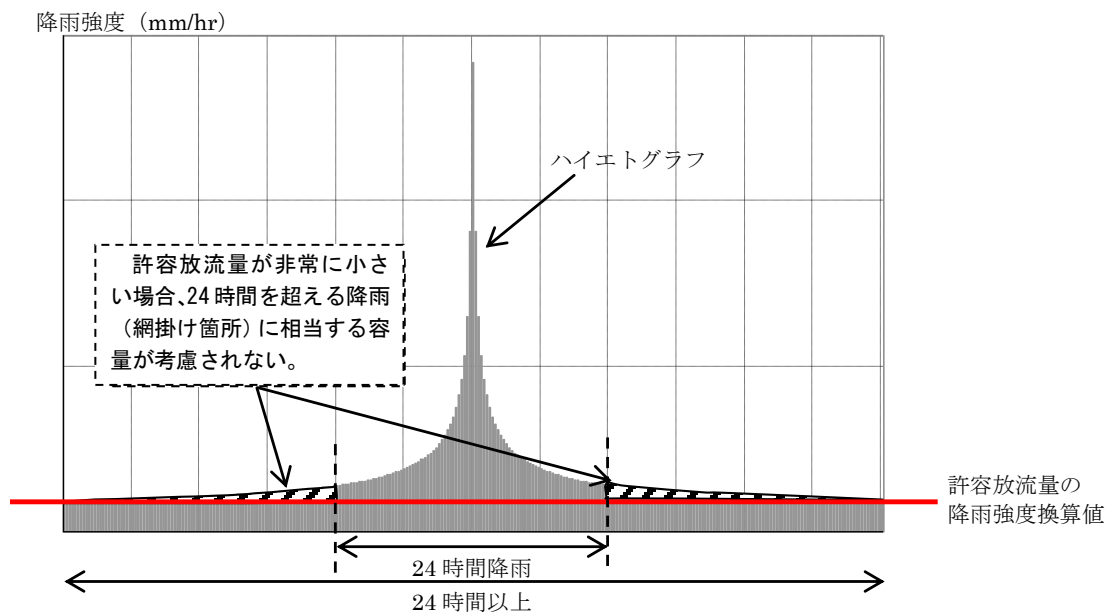


図 4.4.2.1 雨水調整池の必要貯留量算定における留意事項模式図

(2)について

降雨波形のピークは統計的に降雨継続時間の中央付近に生じることが多く、降雨の分布型として自然であることから、原則として中央集中型のハイトグラフを採用する。なお、必要に応じて、前方集中型、後方集中型を用いることもできる。

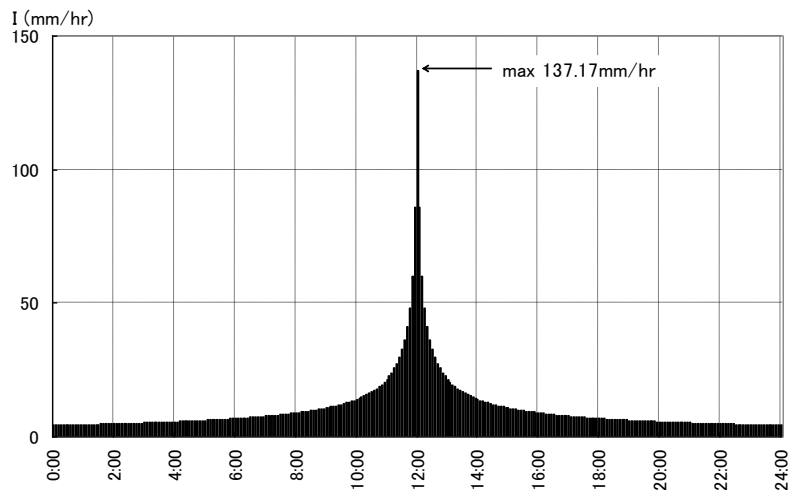


図 4.4.2.2 中央集中型ハイトグラフ (10年確率、 $\Delta t=5\text{min}$)

(3)について

ハイトグラフの時間間隔は、採用する流出ハイドログラフのモデル (§ 4.4.1) に応じて設定するものとするが、最小の値は5分以下とする。なお、計画貯留量算定時の計算誤差をなくすためには、より細かい時間間隔とすることが望ましい。これは、流出ハイドログラフは流達時間に基づき区域を分割して算定するものであり、流量計算における流達時間は少なくとも1分ピッチ以下で示されるためである。

§ 4.4.3 流出率

流出率は、原則として流出係数を用いる。

【解説】

流出率は総降雨量に対する総流出量の比である。

タイムエリア法、合理式合成法を用いて、流出ハイドログラフを算定する場合、単位流出率は計画雨水流出量の算定に用いる流達時間内の流出係数（§ 4.3.2）に等しいものと仮定し、流出係数を流出ハイドログラフの算定用の流出率に用いる。また、降雨継続時間中の流出率は一定とする。

ただし、河川計画と整合を図る場合や防災上高い安全度が要求される雨水調整池等の施設計画では、流況等を勘案して検討するものとする。

（参考）流出率と流出係数

$$\text{流出率} = \frac{\text{総流出量}}{\text{総降雨量}}$$

$$\text{流出係数} = \frac{360 \times \text{最大流出量}}{\text{降雨強度} \times \text{排水面積}}$$

資料：水理公式集-2018年版-、（公社）土木学会を基に作成

第5節 浸水シミュレーション等

§4.5.1 浸水シミュレーション等

浸水シミュレーション等は以下の手法と活用方法がある。

- (1) 流出解析モデルによるシミュレーション
 - 1) 浸水状況の把握や対策等の評価
 - 2) 浸水深に応じた対策の立案や評価など
- (2) 動水こう配線による解析
 - 1) 動水こう配による流下能力評価

【解説】

下水道管きょは計画降雨に対し、自由水面により流下可能な能力を有する管径、こう配とすることが基本であるが、圧力管状態を許容すれば計画を超える能力を発揮することができる。また、流下先がポンプ場の場合、管きょが発揮した計画以上の能力と同様に、ポンプ場の揚程が低くなることによる能力増加がある。しかし、流下先やポンプ場の排水先が河川の場合、計画を上回る放流量は必ずしも許容されるとは限らない。ただし、このような場合でも、例えば、当初計画時の管きょの余裕や、シールド工法*や推進工法*によって計画よりも大きな管径で施工されたことによる余裕等が、降雨波形を与える流出解析モデルによるシミュレーションにおいて貯留効果の発現を確認することで、既存ストックを最大限活用した評価・活用が可能となる。

(1)について

流出解析モデルによるシミュレーションは、排水区域の集水や流下特性を反映した管きょ断面内や管きょ網の流れの状態（自由水面流れ・圧力流れ）など、不定流*による複雑な水理現象を再現することができる。また、地表面での氾濫解析モデルを組み込むことによって、氾濫・浸水現象の再現も可能となる。そのため、複数のハード対策を組み込んだ解析や、これらハード対策の整備段階に応じた浸水軽減効果を評価することが可能なため、効率的・効果的な施設計画の策定に活用することができる。

なお、流出解析モデルによるシミュレーションを活用する際には、「流出解析モデル利活用マニュアル」（2017年3月：（公財）日本下水道新技術機構）等を参考にするとよい。

(参考) 不定流モデル（分布型流出解析モデル）の主な機能

表 4.5.1.1 不定流モデル（分布型流出解析モデル）の主な機能

構成モデル	機能
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定する。
2. 表面流出モデル	有効降雨が地表面を流れる過程を運動力学的に求め、管きょ等への流入量を算定する。
3. 管内水理モデル	表面流出モデルで算出されたハイドログラフを用いて、質量及び運動量保存則からなる「サンブナン方程式」により管きょ等の流れを解析する。
4. 氾濫解析モデル	下水道施設等からの溢水が地表面を流下・拡散する現象を解析する。
5. その他機能	汚濁負荷流出モデル、リアルタイムコントロール*機能など

流出解析モデルによるシミュレーションは水位（動水こう配）計算を同時に行っているため、浸水を一定程度許容する照査降雨等において、目標とする浸水深に応じた対策の立案や目標達成度の評価、ソフト対策の検討等に活用できる。

流出解析モデルによるシミュレーションにおいては、主に次の降雨のハイトグラフを用いる。

- ・計画降雨
- ・照査降雨
- ・実績降雨

(2)について

動水こう配線による解析は、定常流と仮定して、等流*又は不等流*計算等により算出する方法がある。特定の既存の管路や計画管路の流下能力の把握を行う程度であれば、容易な方法である。

定常流と仮定した動水こう配線の算出方法の例を次に示す。

1) 動水こう配線の算出

動水こう配線は、計画管路もしくは既存の管路に対し、マンホール箇所等における水位の確認を行うために算出する。マンシング式を用いた動水こう配線の算定式を次に示す。

$$Q = A \cdot V$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$I = \left(\frac{n \times Q}{A \times R^{2/3}} \right)^2$$

ここに、

- Q : 流量 (m³/s)
- A : 流水の断面積 (m²)
- V : マニング式による平均流速 (m/s)
- n : 粗度係数
- R : 径深 (m) (= A/P)
- P : 流水の潤辺長 (m)
- I : 動水こう配 (分数又は小数)

また、管路延長に動水こう配を乗じて算出した摩擦損失水頭を、下流側の水位（放流先河川等との境界条件となる計画高水位等）に加算することで、動水こう配線を算出することができる。

$$H = I \cdot L$$

ここに、

- H : 摩擦損失水頭 (m)
- L : 管路延長 (m)
- I : 動水こう配 (分数又は小数)

なお、上記では摩擦損失水頭のみを考慮した動水こう配線が算出されるが、管路の曲がり部や伏越しがある場合は、それらの損失を必要に応じて適切に見込む。

2) 境界条件の設定

動水こう配線の算出に当たっては、境界条件（水位計算時の起点となる下流側の基準の水位）を設定する必要がある。

境界条件の設定に際しては、検討対象区間の下流端の管きよの高さ、下流側管路の水位、幹線への流入水位、計画外水位等に留意して設定する。

また、河川への放流規制がある場合には、計画放流量よりも放流規制に基づく許容放流量の方が内水対策としてより厳しい条件であれば、これを境界条件とすることも検討する。

(参考) 計画雨水量の解析目的と算定手法

解析目的別に使用可能な計画雨水量の算定手法を以下に示す。

表 4.5.1.2 解析目的と解析手法

解析目的	最大計画雨水 流出量	流出ハイドロ グラフ	流出解析モデル による シミュレーション
	合理式	単位図法 合理式合成法 タイムエリア法	
①ピーク流出量の算定 (管きよ断面の算定)	○	○	○
②流出ハイドログラフの算定	×	○	○
③背水現象（放流先水位の影響） 等の解析	△	×	○
④管内の水位状況や溢水状況の解析 (リードタイムの算定等)	△	×	○
⑤管きよの圧力管状態の解析	△	×	○
⑥ネットワーク管の解析	×	×	○
⑦管路と水理構造物・河川との 一体解析	×	×	○
⑧浸透施設を取り入れた解析	△	○	○
⑨貯留施設を取り入れた解析	△	○	○

○…解析可能、△…解析可能だが時系列の解析は不可能、×…解析不可能

第6節 照査降雨

§ 4.6.1 レベル2降雨（L2降雨）

レベル2降雨（L2降雨）は想定最大規模降雨とし、安全な避難の確保を図る目標の降雨とする。

【解説】

照査降雨は、計画を上回る降雨のうち、減災対策の対象とする降雨である。照査降雨には、L1'降雨とL2降雨の2種類の降雨がある。L2降雨は想定最大規模降雨とし、安全な避難の確保を目標として対策を検討する。

L2降雨は、「浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法」（平成27年7月：国土交通省水管理・国土保全局）に基づき設定する。

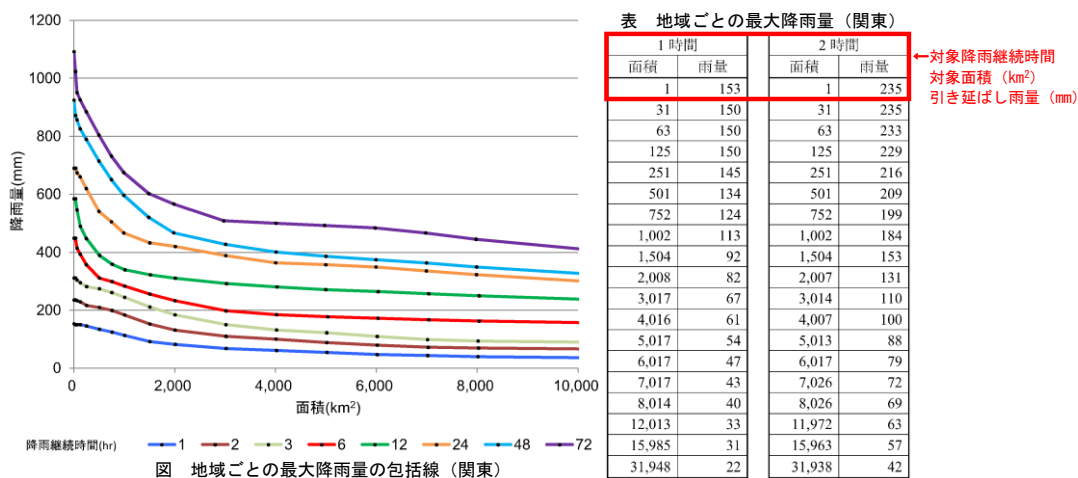


図 4.6.1.1 レベル2降雨の設定方法（関東地域）

出典：「浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法」（平成27年7月 国土交通省 水管理・国土保全局）

本市のL2降雨は、管きよの流達時間が最大でも2時間以内であることから、10年確率の降雨における降雨波形に対し、時間最大降雨量において153mm/hr、2時間最大降雨量において235mm/2hrとなるよう引き延ばした降雨を採用する。

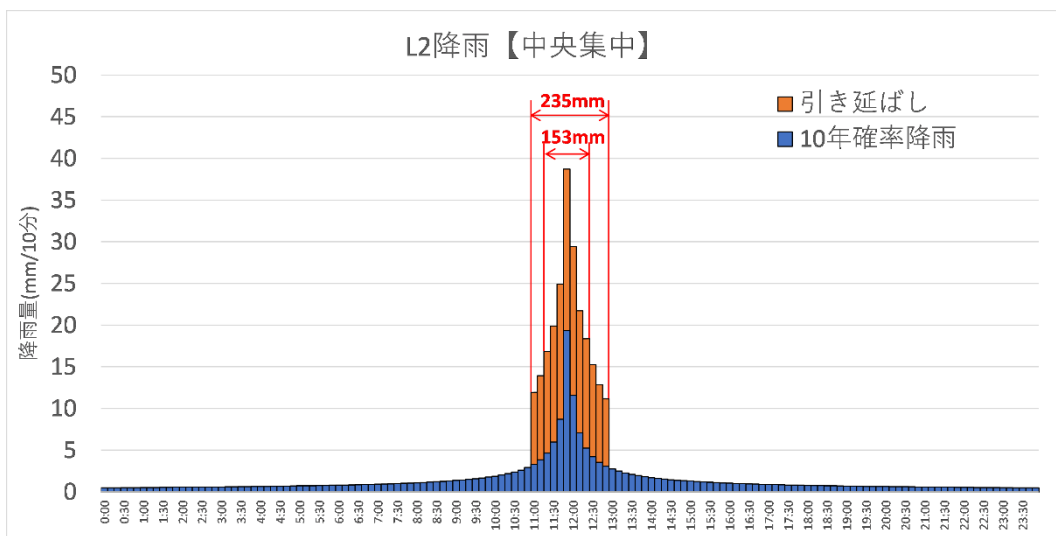


図 4.6.1.2 レベル2降雨の降雨波形

§4.6.2 レベル1' 降雨 (L1' 降雨)

レベル1' 降雨 (L1' 降雨) はレベル2 降雨 (L2 降雨) と計画降雨の間の降雨とし、減災を目的とした浸水被害の軽減を図る目標の降雨とする。

【解説】

L1' 降雨とは、災害の再発防止の観点から流域で発生した降雨のうち、短時間雨量 (10~60 分雨量) が既往最大の降雨、又は一定の被害が想定される降雨を基本とし、計画降雨から想定最大規模降雨の間で設定する。

本市の L1' 降雨は、一定の被害が想定される降雨として、近年の降雨実績を踏まえ、10 年確率の降雨の降雨波形を対象とし、時間最大降雨量において 100mm/hr まで引き延ばした降雨を採用する。

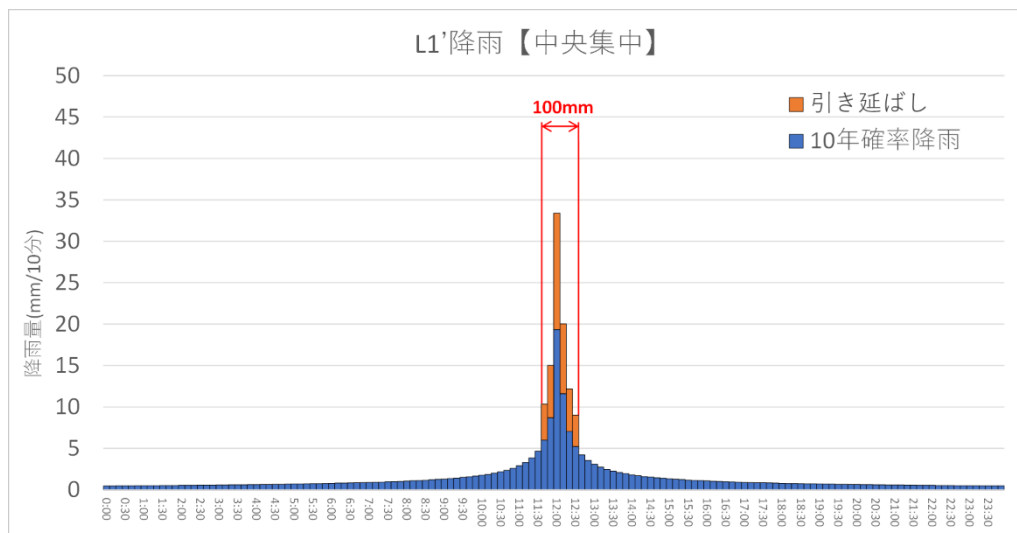


図 4.6.2.1 L1' 降雨の降雨波形

第7節 ソフト対策

§4.7.1 ソフト対策

ソフト対策は、主に次の各項を考慮する。

- (1) ハード対策の整備状況等を踏まえ、対策手法の特徴を考慮して手法を選定する。
- (2) 実施にあたっては、他の事業主体、住民等と連携を図ることが重要である。

【解説】

(1)について

ソフト対策は、維持・運転管理の強化、情報収集・提供、自助*・共助対策への支援等に分類される。なかでも、自助・共助対策を促すための支援については、住民や民間事業者等の協力が前提となるものであり、水害発生時の迅速な避難や防水対策等につながるほか、日常における雨水浸透ます*等の維持管理、自主的な防災訓練、ボランティアとの連携など多様な取組が想定される。

ソフト対策は、計画降雨に対するハード対策の整備状況等を踏まえ、効率的・効果的なソフト対策を選定する必要がある。

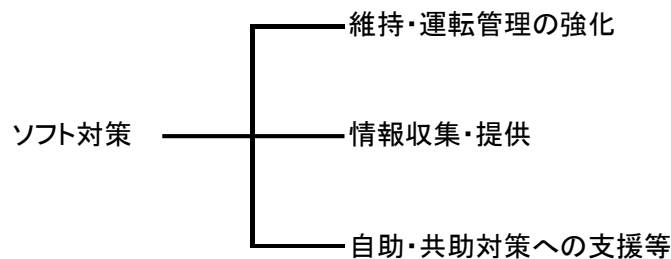


図 4.7.1.1 ソフト対策の分類

(2)について

ソフト対策の実施にあたっては、下水道事業で実施するものだけでなく、他の事業主体との連携や住民の協力が必要なものがあり、十分な調整を図ることが重要である。

表 4.7.1.1 多様な主体と連携例

連携主体	連携例
防 災 部 局	<ul style="list-style-type: none"> ・水位周知下水道の指定の是非や運用方法等 ・内水ハザードマップ*の共有
河 川 管 理 者	<ul style="list-style-type: none"> ・計画、事業、管理の各段階での連携・調整
都 市 計 画 部 局 等	<ul style="list-style-type: none"> ・浸水被害が想定される地域における居住リスクの周知や自主的な備え等に関する情報提供
道 路 、 公 園 等 管 理 者	<ul style="list-style-type: none"> ・グリーンインフラの導入検討、維持管理の連携
民 間 事 業 者	<ul style="list-style-type: none"> ・流域全体での貯留・浸透による雨水流出抑制の促進と保全 ・官民連携による浸水対策の推進

表 4.7.1.2 主なソフト対策手法

区分	ソフト対策	対策の特徴			実施に至るまでの調整等 (参考)			
		ハード対策の運用支援	情報の広報・共有化	自主防衛の円滑化	下水道部局での実施	他部局との調整	市民・事業者の協力が必要	
* 公助	維持・運転 管理の強化	雨期前の重点的管路施設清掃、ポンプ場の点検作業	○			○		
		危機管理体制、事前準備体制	○	○		○		
	情報 収集 ・ 提供	・降雨時 ・被災時 ・被災後	降雨情報、幹線水位情報の提供	○	○	○	○	
		平常時	水害ハザードマップの作成・公表		○	○	○	○
	自助・共助 対策の支援等	土のうの配布、各戸貯留*・浸透施設の設置に対する 支援制度の活用	○			○	○	○
		補助金等による各戸貯留・浸透施設の設置促進を目的 とした施策	○				○	
自助・共助	道路雨水ますへのゴミ等の投入防止	○				○	○	
	土のう積み・体験訓練	○		○		○	○	
	地下室や地下駐車場入口の止水板の設置	○		○		○	○	
	避難所、避難経路等の確認、自主避難訓練			○		○	○	
	高齢者等災害時要援護者の支援			○		○	○	
	電話等の情報伝達手段が断たれることを想定した 情報伝達訓練		○	○	○	○	○	
	マンション上階等を一時的な退避場所として提供 する取決め		○	○		○	○	

出典：下水道施設計画・設計指針と解説 前編-2019年版-、(公社)日本下水道協会を基に作成