

浸水シミュレーションを活用した段階的対策の検討事例

オリジナル設計(株) 許斐 正昭

近年、地球温暖化に伴う気候変動により、従来の整備目標を超える局地的大雨が頻発している。K 市においても、都市化の進展に伴う雨水流出量の増加による浸水被害が発生しており、限られた財源と時間の中で効果的な対策を講じることが急務となっている。

本事例は、対象区域における浸水要因の特定と効率的かつ効果的な段階的対策計画の策定を浸水シミュレーションに基づき立案した事例の報告である。

Key Words : 浸水シミュレーション、段階的対策計画、費用効果分析

1. はじめに

K 市は比較的降雨量の少ない地域であるが、近年は短時間強雨の増加が顕著となっている。同市では、従来より雨水整備が進められてきたものの、気候変動による降雨強度の増加や都市化の進展に伴い、既存施設では対応が困難な浸水被害が発生している。本事例の対象区域は、合流式区域である第一分区（47.5ha）および第二分区（23.0ha）の合計 70.5ha 並びに分流式区域（52.2ha）を浸水

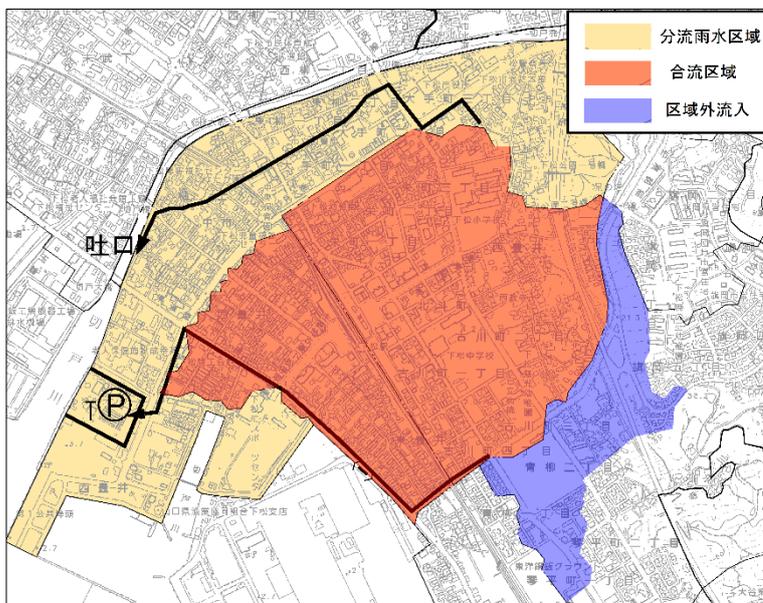


図-1 対象区域の概要

対策に係る重点地区に設定している。分流式区域は、自然流下により河川へ放流しており、合流式区域は、暫定的に区域外流入（雨水 13.7ha）が流入し、処理場のポンプ（汚水+雨水=12 m³/秒）で排水している。（図-1 参照）

分流式区域と合流式区域では、「平成 21 年 7 月豪雨」や「平成 30 年 7 月豪雨」などで浸水被害が発生しており、近年の気候変動の影響により、短時間強雨の発生頻度および降雨強度の増加による浸水被害の拡大が懸念される。K 市では、国土交通省の通知に基づき、将来の降雨量増加を考慮した計画降雨の設定を行っている。具体的には、既存の降雨強度式に対し、気候変動の影響を考慮した補正係数 1.1 を乗じる^{*1)} ことで、将来の降雨強度の増加を見込んだ降雨条件を設定している。そのため、現況施設では、気候変動の影響を考

慮した計画降雨に対して十分な排水機能を確保できていない恐れがある。本事例では、各区域の排水特性および浸水発生要因を整理したうえで、計画降雨に対する長期的な施設整備を行っていくため、浸水シミュレーションによる段階的対策計画を立案した。

2. 浸水要因の分析

計画降雨に対する現況施設的能力評価を浸水シミュレーションで実施した結果、吐口付近や幹線管きよの沿線で溢水することを確認した。(図-2 参照)

浸水要因を分析した結果、以下の 3 点により浸水が発生していると考えられる。

- ① 河川水位の上昇により、吐口付近において自然流下が困難となっている。なお、外水位が低い場合は、吐口付近で浸水は発生していない。(図-2 参照)
- ② 上流部において、管きよの断面不足や逆勾配区間があり、流下能力が不足している。(管きよのボトルネック)
- ③ 計画区域に含まれていない区域からの雨水が暫定的に合流式区域へ流入している。(区域外流入の影響)

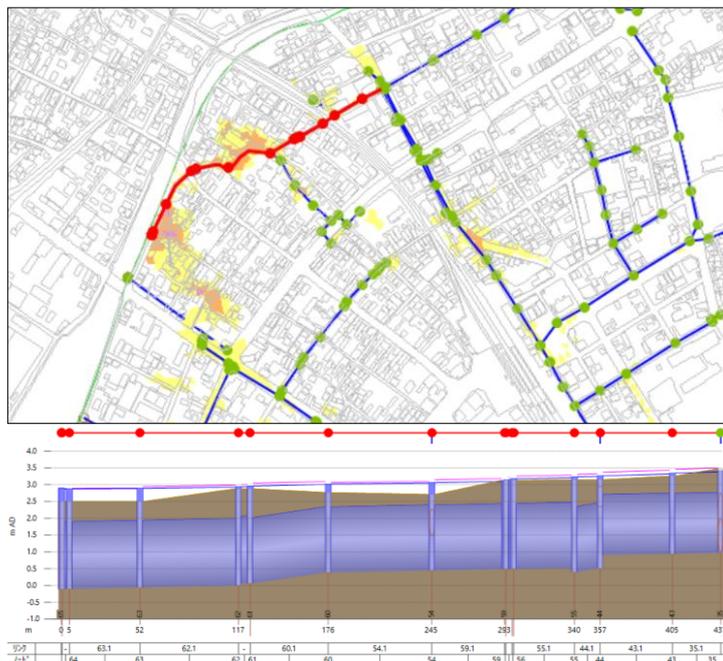


図-2 浸水要因分析 (外水位影響)

3. 実現可能性を重視した対策案の立案

当初、外水位の影響に対する対策として、下流部でポンプ場の設置に係る検討を行ったが、吐口周辺においては必要な敷地を確保することは困難であり、設置は困難であることが明らかとなった。

次に、流出抑制を目的とし、最下流部で貯留施設の整備に係る検討を行ったが、プレキャスト式地下貯留施設の内空高を技術マニュアル※2) に基づく上限値 (7,000 mm) とした場合であっても、必要用地は約 3,200 m²に達し、同様に用地

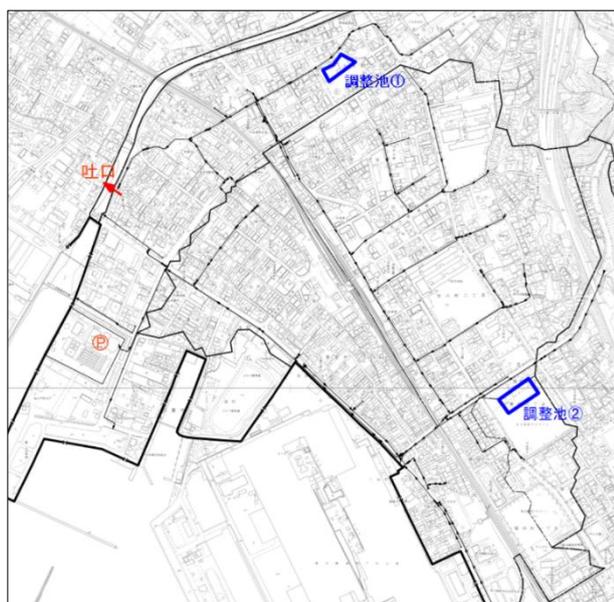


図-3 調整池の候補地

確保は困難となった。そこで、当該区域で想定される「調整池、管きよ、既存ポンプ場の増強」について必要となる施設規模を検討し、これらの施設を組合せることで、対象区域で実現可能な代替案を立案することとした。

(1) 調整池の整備方針

対象区域で調整池が整備可能な箇所について、分流式区域の上流部で確認した公共施設の駐車場（調整池①：13,400m³）と合流式区域への区域外流入によって能力不足となる箇所（調整池②：約 8,600m³）を候補地として選定した。（図-3 参照）

調整池の施設容量については、外水位の影響により、自然排水が制限される条件下においても浸水を防止できるよう、計画降雨に対するピーク流量を一時的に全量貯留することとした。（図-4, 5 参照）

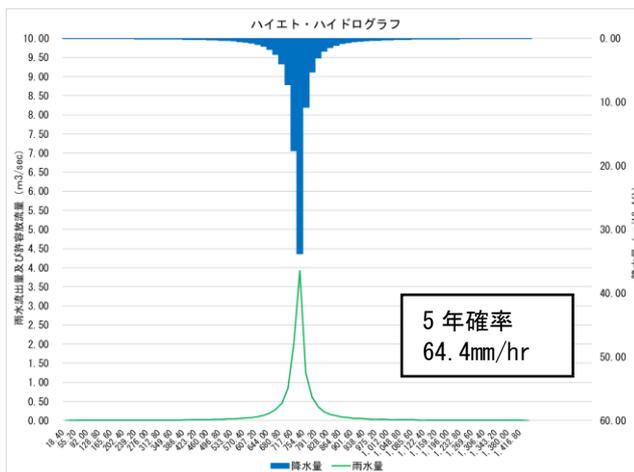


図-4 調整池①ハイト・ハイドログラフ

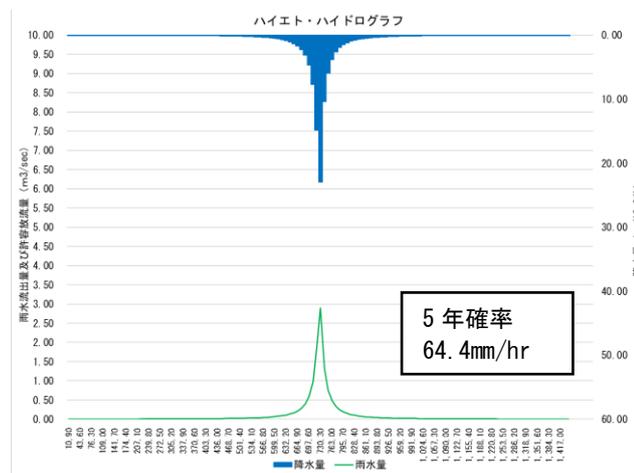


図-5 調整池②ハイト・ハイドログラフ

(2) 管きよの整備方針

管きよについては、流下能力を定量的に評価するため、等流計算を用いて既設管の能力評価を行い、対策に必要となる新設管の必要断面を確認した。なお、管きよ改修は、等流計算で能力不足となった全てを改修することとした。（図-6 参照）

(3) ポンプ場の整備方針

ポンプ場については、対象区域の雨水流出量を適切に排除できるよう、合理式を用いてポンプ場で

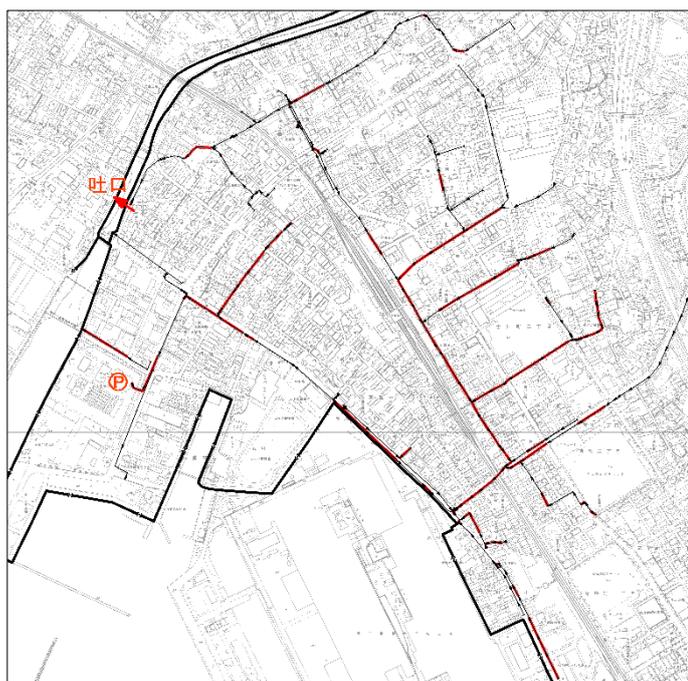


図-6 管きよ改修の位置（赤線が改修箇所）

対応すべき雨水流出量を確認した。本事例では、対象区域における将来の土地利用状況を踏まえ、事業計画で定めた流出係数の見直しを行い、ポンプ場の排水能力を「既設：12m³/秒」から「計画：13.1m³/秒」へ増強することとした。

4. 対策案の効果検証

対策施設（調整池・管きよ・ポンプ場）の施設規模について、従来手法である合理式や等流計算では、個々の施設で必要となる施設規模を確認することはできるが、区域全体でみた場合の浸水挙動や、複数の対策施設を組合せた場合の浸水被害の軽減効果については十分に評価することはできない。

本事例では、浸水シミュレーションを活用することで、対策施設を組合せた複数の対策案について効果検証を行い、対象区域で最適となる対策施設の整備案を検討した。対象区域で検討した対策案については、「①案：管きよ改修、②案：管きよ改修＋ポンプ場増強、③案：管きよ改修＋調整池新設、④案：管きよ改修＋ポンプ場増強＋調整池新設」の 4 案を設定した。（表-1, 2 参照）

浸水シミュレーションの結果、計画降雨において浸水被害が解消できる対策案は③案および④案となった。③案と④案の違いはポンプ場増強の有無であり、概算事業費を比較すると③案の方が安価であった。ただし、③案について、解析結果で浸水は発生していないが、ポンプ場が降雨強度を見直す前の条件で整備されているため、見直し後の計画降雨に対して必要な排水能力を満足できなかった。したがって、浸水シミュレーションによる評価上は対応可能と判断できる一方で、計画降雨に対して合理式により求められる排水能力を確保できないため、長期的な対策の最終形としては課題を有している。

以上の検討結果を踏まえ、将来的な降雨特性の変化や施設運用時の確実性を考慮し、本事例では、管きよ改修、ポンプ場の増強および調整池の新設を組合せた④案を、長期的な浸水対策メニューに位置づけることとした。

表-1 対策施設の組合せによる対策効果

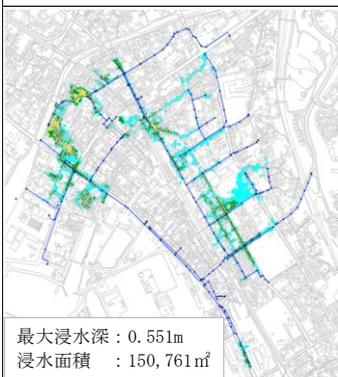
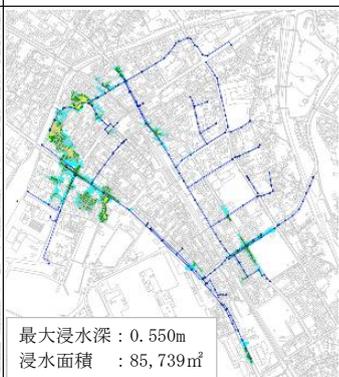
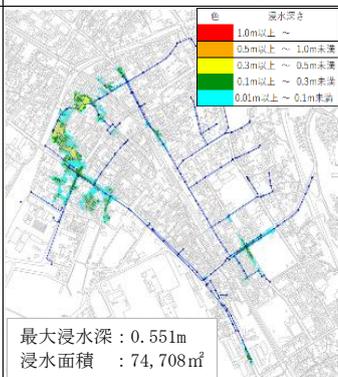
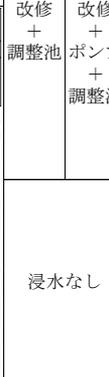
対策なし	①案 管きよ改修	②案 管きよ改修＋ポンプ場	③案 管きよ改修＋調整池	④案 管きよ改修＋ポンプ＋調整池
 <p>最大浸水深：0.551m 浸水面積：150,761㎡</p>	 <p>最大浸水深：0.550m 浸水面積：85,739㎡</p>	 <p>最大浸水深：0.551m 浸水面積：74,708㎡</p>	 <p>浸水なし</p>	 <p>浸水なし</p>

表-2 対策案別の概算事業費

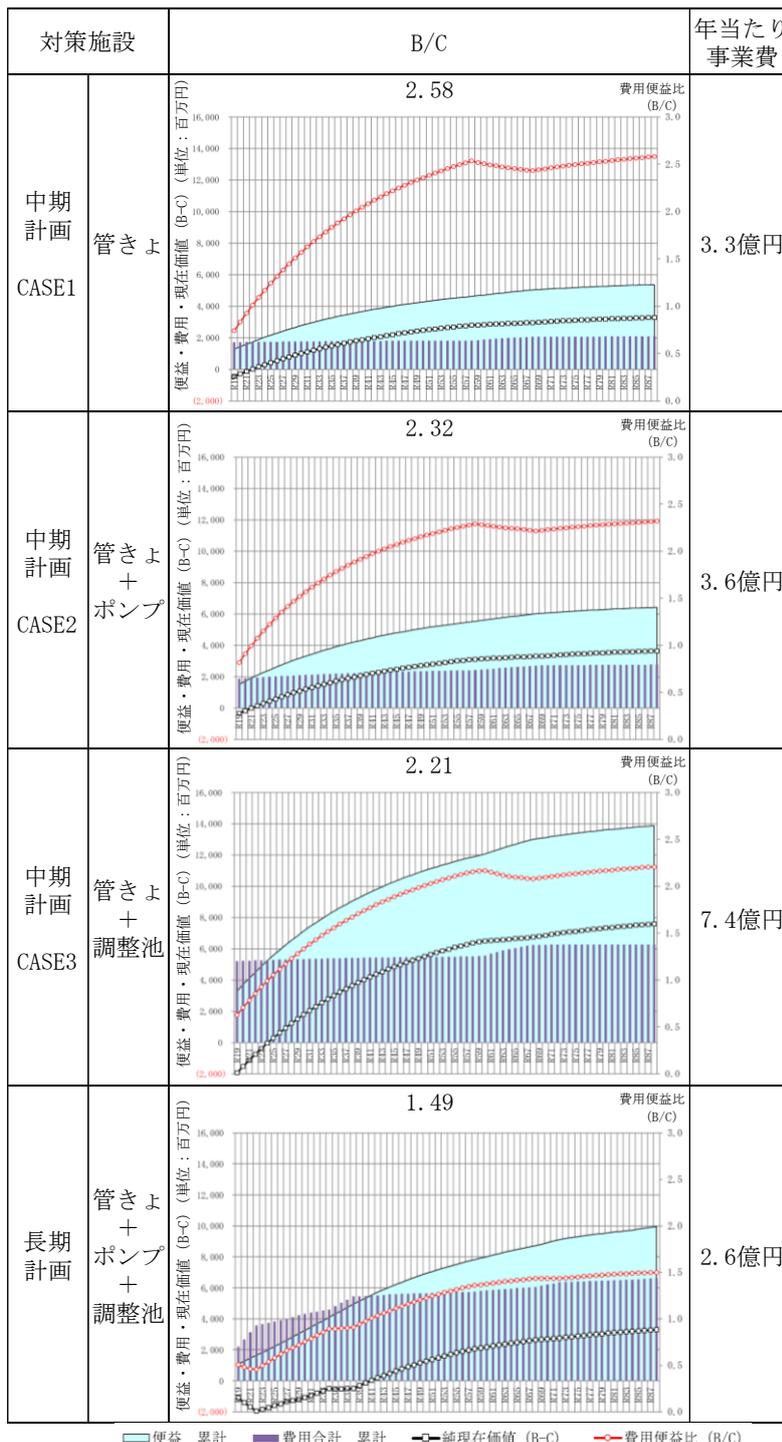
①案	②案	③案	④案
管きよ改修 : 32.5 億円	管きよ改修 : 32.5 億円 ポンプ場増強 : 3.1 億円	管きよ改修 : 32.5 億円 調整池新設 : 41.9 億円	管きよ改修 : 32.5 億円 ポンプ場増強 : 3.1 億円 調整池新設 : 41.9 億円
全 体 : 32.5 億円	全 体 : 35.6 億円	全 体 : 74.4 億円	全 体 : 77.5 億円

5. 段階的対策計画の策定

長期的な浸水対策として立案した対策メニュー（管きよ改修+ポンプ場増強+調整池新設）は、一般的に20~30年程度の事業期間で設定されている。また、施設整備には多額の事業費を要することから、財政上の負担を軽減するため、年当たりの事業費をできる限り抑制するとともに、早い段階で整備効果が得られるよう、効率的かつ効果的な段階的対策計画を立案する必要がある。

本事例では、対策施設が管きよ改修、調整池の新設、ポンプ場の増強など多岐にわたることから、全体の事業期間を30年とし、最初の10年を「中期計画」と位置づけ、早期に整備効果が見込まれる対策を優先的に事業化することとした。なお、管きよ改修に係る排水系統の見直し（分流化）は、隣接する排水区域における現況施設の排水能力や浸水状況に影響を及ぼす可能性があることから、「長

表-3 各ケースのB/C結果



期計画」の中で段階的に実施することとした。

「中期計画」では、対策施設の整備優先順位を選定するにあたり、限られた期間と予算で対策効果を最大限に発現させることを目的とし、費用対効果の観点で比較検討を行った。

(表-3 参照)

本事例で検討した対策施設の組合せは、「管きよ改修のみ (CASE1)、管きよ改修+ポンプ場増強 (CASE2)、管きよ改修+調整池新設 (CASE3)」の 3 ケースとした。各ケースについて、浸水シミュレーションに基づき浸水状況を評価するとともに、費用効果分析により費用便益比 (B/C) を算定し、浸水被害の軽減と事業費の観点から総合的に比較した。

費用効果分析の結果、最も B/C が高い「CASE1」(管きよ改修のみ) を中期計画の主要施策に位置付けるものとした。ただし、浸水被害を軽減するためには、調整池の新設やポンプ場の増強は必要不可欠である。また、管きよ改修とポンプ場の増強を行う「CASE2」の方が B/C は有利となるものの、浸水被害が軽減できる組合せは管きよ改修と調整池を新設する「CASE3」となった。

以上のことから、「中期計画」では、管きよ改修を最優先に行うものとし、「長期計画」において調整池、ポンプ場増強の順に整備を行う方向で段階的対策計画を決定した。

6. おわりに

本事例では、浸水被害が発生している合流式区域および分流式区域を対象とし、浸水シミュレーションに基づく対策効果の定量的な評価を行い、対策施設の組合せと整備に係る優先順位を考慮した段階的対策計画を立案した。

その結果、管きよ改修、調整池の新設およびポンプ場の増強といった複数の対策案について、浸水シミュレーションで得られた浸水状況と費用効果分析の結果を組合せて比較検討を行うことで、浸水被害の軽減と費用対効果の両面から合理的な対策メニューの立案が可能であることが確認できた。

浸水シミュレーションおよび費用効果分析に基づく段階的対策計画の立案は、財政上の制約や用地条件等を踏まえ、対策施設を効率的かつ効果的に整備していくうえで有効な検討手法であり、気候変動の影響を考慮した降雨特性の変化にも柔軟に対応した対策案の見直しを行ううえでも有効である。

今後は、施設整備の進捗に応じた浸水リスクの変化を継続的に評価するとともに、浸水シミュレーションの結果を用いてハザードマップ等による情報提供を行うなどのソフト対策も併せた総合的な浸水対策を推進していくことが重要であると考えている。

〈参考文献〉

- 1) 雨水管理総合計画策定ガイドライン (案) 令和 3 年 11 月
- 2) プレキャスト式雨水地下貯留施設 (壁式多連型) 技術マニュアル 2020 年 3 月改訂