

密集市街地の浸水解消における事業間連携下水道計画の策定事例

オリジナル設計(株) 西日本施設部 ○中塩知紀、寺田光宏

本論文では、平成 31 年 3 月に新たに創設された事業間連携下水道事業の適用事例として紹介する。対象地区は、密集市街地で施設敷設場所がなく、また、排水先河川の水位が高く背水の影響を受け自然流下での排水が困難といった特徴があった。このことから、河川事業と一体的に整備を行う総合治水対策の一環として、効率的、効果的な整備の観点からポンプ場の統合計画を立案し、雨水計画の見直しを行った。河川事業の整備後水位の条件を反映した B/C の算定を行い、総合治水対策における下水道整備の効果を確認した。

Key Words : 雨水計画、事業間連携下水道事業、雨水ポンプ場、密集市街地

1. 結論

1-1 近年の水災害の状況

わが国では近年、気候変動に伴う台風や集中豪雨の激甚化・頻発化による被害リスクが増大している。短期間に大量の雨水が放出されることによって、河川氾濫、内水氾濫、土砂災害等の被害が発生し、その規模も年々増加している。平成 30 年 7 月の西日本豪雨では、西日本を中心に北海道や中部地方を含む全国的に広い範囲で被害が発生し、M 市においても床上浸水の被害家屋が約 230 戸に及ぶ等多大な被害が発生した。

1-2 全国の治水対策の状況

高度成長期以降の全国的な市街化の進展により、河川流域の保水能力や遊水能力は著しく低下している。大雨が降ると、河川への流出量が短時間に増大、中・下流域の都市部で水害が起りやすくなってきた。都市部では人口や資産が集中し中枢管理機能が集積しているため、洪水被害の深刻度は大きなものとなり、大河川の堤防決壊が起これば、経済・社会活動への影響は致命的に大きいものとなる。都市部での治水をさらに進めるには、河川改修とともに、流域対策や被害軽減対策など、総合的な取り組みが必要である。

国土交通省や各自治体においては、「人（受け手）主体の目標設定」、地区と期間を限定した整備（選択と集中）、「ソフト対策・自助の促進による浸水被害の最小化」という浸水対策における基本的な考え方に基づき、ハード・ソフトを組み合わせた総合的な治水対策として推進している。我が国の近年の下水道浸水対策の動向は表 1 のとおり、様々な考え方やガイドラインが整備されている。

表 1 雨水計画に関する考え方・ガイドライン等一覧

考え方・ガイドライン等	年月
都市における浸水対策の新たな展開	平成17年7月
社会資本整備審議会下水道小委員会 「新しい時代における下水道のあり方」	平成19年6月
ストックを活用した都市浸水対策機能向上検討委員会 「ストックを活用した都市浸水対策機能向上のための新たな基本的考え方」	平成26年4月
新下水道ビジョン	平成26年7月
社会資本整備審議会下水道小委員会 「新しい時代の下水道政策のあり方について(答申)」	平成27年2月
下水道床上浸水対策事業・事業間連携下水道事業の創設	平成31年3月
雨水管理総合計画策定ガイドライン(案)	令和3年6月
下水道浸水被害軽減総合計画策定マニュアル(案)	令和3年11月

1-3 治水対策における課題

治水対策の対象は外水氾濫と内水氾濫の 2 つである (図 1)。外水では、河川が氾濫することにより浸水が発生するが、内水からの流入水量が河川整備に影響する。一方、内水では、外水位の影響による背水や排水能力不足により水路が氾濫し浸水被害が発生する。このように外水と内水は相互に影響していることから、総合的な治水対策を実施することが課題となる。

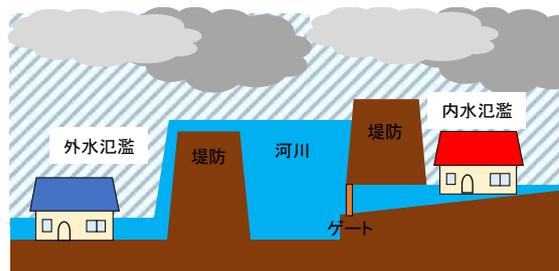


図 1 外水氾濫及び内水氾濫の概要図

2. 対象地区の概要

2-1 M 市における治水対策の状況

M 市において、随時雨水整備を進めているが、整備途上となっている地区もあり、そこを中心として内水氾濫が発生している (図 2)。

平成 30 年 7 月の集中豪雨では、河川のピーク水位が計画高水位を上回ったことにより内水氾濫が発生した。

内水の排水能力不足に加え、外水の流下能力不足も浸水の原因であった。今回の対象地域も同様の状況である。

今回の業務では、総合的な治水対策として、河川事業と連携し事業の計画を策定した。

(1) T 川整備計画 (排水先河川)

下水道の排水先河川である T 川は、南北と東西方向に発達した谷沿いに屈曲しながら流下し、市街地を貫流したのち海域へ注ぐ、幹川流路延長 7.2 km、流域面積 16.15km² の二級河川である。海域の潮汐が影響を与える感潮区間は、河口から 1.7km まで及ぶ。河川沿いに谷底平野・氾濫平野が広がっており、地盤高が低く洪水や内水氾濫のほか、高潮による影響が懸念される。整備対象区間(今回の対象区域も含む)は、流下能力が低い下流域(河口から約 3.3 km)である。T 川の堤防を洪水、高潮が越えることによる外水氾濫に対して、築堤、河道掘削、護岸整備等の河川整備計画が進行中であり、今回業務の対象区域も該当している。

(2) 下水道計画 (雨水)

当該区域は、海域と二級河川である T 川に面し、浸水実績のある箇所については低平地となっている。T 川が、海域に近いこともあり常時水位が高く、潮高時には吐口からの逆流が発生している。このように浸水原因が内水のみではないため、T 川の河川事業と連携を図り整備を実施するところである。

T 川の左岸流域には排水区が多数設定されており、当該区域の既計画においては全 4 排水区 (約 24ha) が設定されている。排水

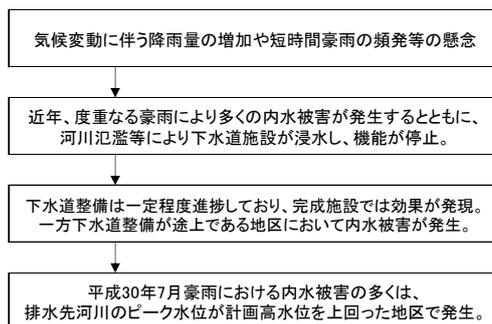


図 2 M 市の近年の内水氾濫の状況

表 2 該当区域の計画諸元

項目	現計画
排水面積	P-1排水区 6ha
	P-2排水区 8ha
	P-3排水区 7ha
	P-4排水区 3ha
雨水流出量算定式	合理式 $1/360 \times C \times I \times A$
降雨強度公式	$I=4438/(t+25.84)$
確率年 (降雨強度)	1/10年確率 (51.7mm/hr)
流出係数	P-1排水区 P-2排水区 P-3排水区 P-4排水区 0.65

先河川の潮位の影響もあり各排水区にそれぞれポンプ場を設置する計画となっている。水路改修及びポンプ場の設置はそれぞれ未整備の状況であり、排水能力の不足箇所がある。

2-2 浸水被害状況

M 市の水害統計による浸水実績から近年の浸水被害発生降雨を抽出すると近年浸水被害が多いことが伺える。また平成 29 年 10 月 22 日の台風 21 号の被害実績より、河川に沿った位置に浸水が多いことが確認できる (図 3)。

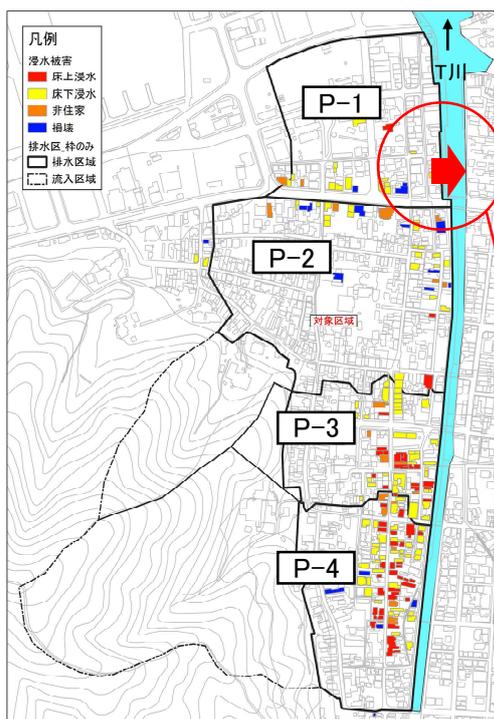


図 3 該当区域及び浸水実績 (平成 29 年 10 月 22 日)

表 3 近年の浸水実績及び降雨データ (M市資料より)

発生年月日	実績降雨 (mm)		浸水実績		備考
	24時間雨量	1時間最大雨量	床下 (戸)	床上 (戸)	
平成16年10月20日	283.0	36.0	642	156	台風23号
平成25年 9月16日	279.0	27.5	191	130	台風18号
平成29年10月22日	312.0	41.5	385	160	台風21号

※被害家屋数はT川水系のみ



写真 1 排水先河川と地盤高の状況

2-3 地域特性の概要

当該地区 (約 24ha) はほぼ平坦で、排水先河川の水位が高く背水の影響を受けやすい (写真 1) ため、自然流下での排水が困難である。そのため、排水先河川から既存の水路への逆流が発生し、周辺の宅地が密集した箇所に常習的に浸水被害が発生している。流域の気候は、冬期に降水量が多い日本海型気候区に属し、年間降水量は約 1,870 mm と、全国の年平均降水量 (約 1,720 mm) より若干多い。

3. 対策検討

3-1 総合的な治水対策について

当該地区の浸水被害は、洪水や越水、T 川から排水路等を通じた市街地への逆流、T 川に雨水が排水できないことによる内水氾濫等、複合的な要因によるものである。よって、河川事業と下水道事業が連

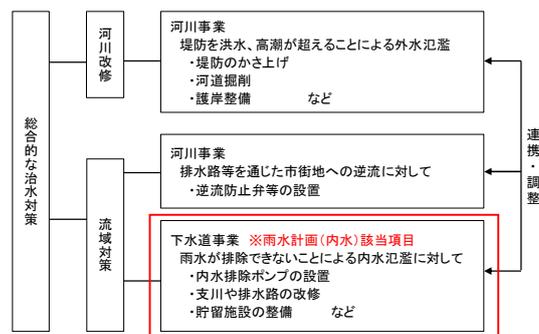


図 4 M市における総合的な治水対策

携・調整し、効率的・効果的な対策の推進が課題であった。

両事業の役割分担を明確にした総合的な治水対策の実施が河川管理者と M 市により示され（図 4）、本対象地区は事業間連携下水道事業に定義されているとおり、過去概ね 10 年間に内水氾濫による延べ浸水被害戸数が 25 戸以上あったため、事業間連携下水道事業が適用された。本業務では、内水対策として雨水ポンプ場の設置、支川や排水路の改修を効果的、効率的に実施するため計画の見直しを行った。この見直しでは、河川事業と一体となった治水対策を実施するため、引堤部への水路の埋設など通常では困難な対策案についても考慮することができた。

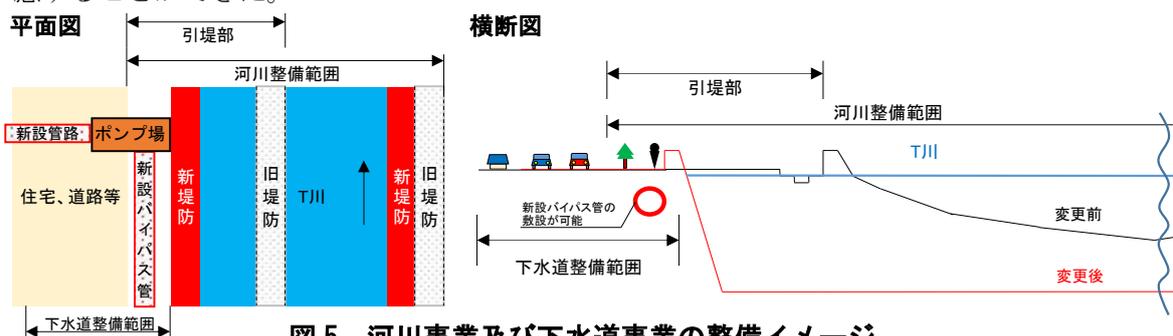


図 5 河川事業及び下水道事業の整備イメージ

3-2 既計画の見直し検討

今回の業務では、河川と一体となった効率的・効果的な整備を実施するため、既計画の見直しについて検討を実施した。

今回の該当する区域の特徴及びその課題から計画条件を設定した。

【条件 1】ポンプ場の設置

当該区域の地形は平坦であり、かつ当該区域の放流河川は水位が高く、長時間降雨時には地盤面と水位の差がなくなり、排水が困難となる場合がある。そのため、ポンプによる強制的な排水が必要となる。

【条件 2】新設施設の低減

市街地で宅地が密集し、新設水路の敷設箇所やポンプ場用地が限られる。そのため、排水区統合の検討を実施し可能な限りポンプ場や新設水路を減らすことが必要である。

【条件 3】既設水路の活用

新設水路の敷設箇所の用地が限られるが、既設水路も多い状況である。これらの水路を活用することにより、新設施設の用地確保が不要となり、かつ事業費を抑えることや早期の整備完了が可能となる。

これらの条件を基に、今回の計画見直しでは、経済性と維持管理性の観点から、ポンプ場の数を可能な限り減らすことを考慮する。ポンプ場の数については、バイパス管を布設し排水区を統合することにより減らすことが考えられる。

検討としては、ポンプ場の数（配置）とバイパス管の組み合わせにより検討案を複数パターン作成、それらの対策案の施工性、経済性（イニシャルコスト）、維持管理性（ランニングコスト）を整理し、総合的な評価の結果より最適案を決定し計画見直しとした。

検討案については既計画案に代替案を加えた 5 パターンを作成し、検討の結果より、ポンプ場配置数を 3 箇所とする検討案 2 を採用した (表 4)。この案では、既計画案と比較して経済性、維持管理性が良く、検討案 3~5 と比較して施工性、経済性が最も良い結果となった。なお、宅地が密集した箇所バイパス管を布設することは困難であったが、河川の整備と同時期に下水道の整備を行うことで、引堤部にバイパス管を敷設することが可能となり、施工性に優れた提案が行うことができた。

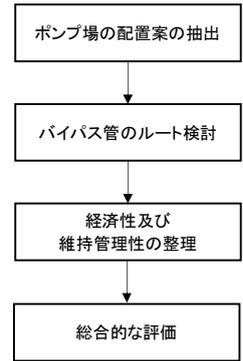


表 4 各検討案 比較表

概要		検討案1(既計画)	検討案2	検討案3	検討案4	検討案5
凡例						
排水区案						
ポンプ場数		4基	3基	3基	2基	1基
ポンプ施設 評価 (◎○△×)	施工性	× 施工用地が小さく、近隣に空き地等が少ないため施工が難しい(4箇所)	△ 施工用地が小さく、近隣に空き地等が少ないため施工が難しい(3箇所)	△ 施工用地が小さく、近隣に空き地等が少ないため施工が難しい箇所が多い(3箇所)	× 施工用地が小さく、排水区結合によりポンプ容量が大きくなるため施工が困難(2箇所)	× 施工用地が小さく、排水区結合によりポンプ容量が大きくなるため施工が困難(1箇所)
	経済性※1 (百万円) 維持管理性 (百万円/年)	× 既計画値に対する割合 1,361.7 (1.00) 38.4 (1.00)	△ 既計画値に対する割合 1,212.7 (0.89) 32.8 (0.86)	△ 既計画値に対する割合 1,222.5 (0.90) 32.6 (0.85)	○ 既計画値に対する割合 1,090.5 (0.80) 26.3 (0.68)	◎ 既計画値に対する割合 927.3 (0.68) 18.7 (0.49)
バイパス管 評価 (◎○△×)	施工性	◎ バイパス管無し	○ 引堤部に敷設可能である	△ 狭い道路へ敷設するため住民への影響が懸念される。	△ 一部引堤部に敷設可能であるが、大口径となるため市街地の施工及び住民への影響が懸念される。	× 一部引堤部に敷設可能であるが、大口径となるため市街地の施工及び住民への影響が懸念される。(国道175号の横断が必要)
	経済性※2 (百万円)	◎ 既計画値に対する割合 0.0 (-)	○ 既計画値に対する割合 107.7 (1.00)	○ 既計画値に対する割合 107.7 (1.00)	△ 既計画値に対する割合 328.6 (3.05)	× 既計画値に対する割合 513.1 (4.76)
評価		△	○	△	△	△

※1 ポンプ施設費用は実績値を積み上げた費用関数にて算出している。なお、放流渠、ゲート、用地費、諸経費を含む。
 ※2 バイパス管費用は費用関数で算出している。

図 6 検討フロー

表 5 流出解析による浸水対策の効果検証

4. 事業間連携下水道事業について

4-1 事業間連携下水道事業の策定項目について

事業間連携下水道事業に当たっては、事業概要や総事業費を含めた事業全体の投資効率性などの項目を定める必要がある。そのため、計画見直し後の効果検証として、流出解析による浸水対策効果と B/C 算定による費用効果分析を実施した。なお、本件は新規採択評価の対象となっている。

(1) 流出解析による浸水対策の効果検証

流出解析ソフトである InfoWorksICM を用いて流出解析を実施し、浸水対策の効果検証を行った (表 5)。

解析条件	
【管網の設定】	現況の流量計算書 現況水路調査図 事業計画の流量表 事業計画の区画割施設平面図
【対象降雨】	10年確率降雨
【外水位】	T川の計画水位
既設モデル(10年確率降雨)	計画モデル(10年確率降雨)
外水位による影響に加え、能力不足となる管渠もあり、浸水域が排水区の1/3以上となっている。	該当区域全域において、浸水の発生が見られなかった。

※着色部：浸水エリア

(2) B/C 算定による費用効果分析

今回の検討では、下水道整備による投資費用と発現効果を時系列で把握して分析することが可能であり、また分析の考え方も容易に理解できることから、現在価値比較法を用いて費用効果分析を実施した。年平均浸水被害防止額については、4.4-1 (1) 流出解析による浸水対策の効果検証で使用した計画モデルを用いて、5、10、30、50 年確率降雨の解析を実施し、その結果より浸水被害家屋の世帯数や事務所数を基に算定した。結果は以下のとおり、B/C が 12.3 (純現在価値 162.6 億円) となり、投資効果が高く、本事業の有効性が極めて高いことを確認した。

費用便益比 B/C = 総便益 B 17,704.6 / 総費用 C 1,441.8 = 12.28
純現在価値 B-C = 総便益 B 17,704.6 - 総費用 C 1,441.8 = 16,262.8 百万円

(3) 新規採択評価に関する事項

新規採択評価を行う際に整理すべき指標は、採択の前提となる指標、優先採択指標、一般指標の 3 指標がある。3 指標とも、今回の事業間連携下水道事業の策定に当たり検証した事項について網羅しており、新規採択評価において効率性の確保、透明性及び客観性の向上を示すことができた(表 6)。

表 6 新規採択評価の評価指標及びそれに対応した項目

指標名	事業間連携事業に当たり検証した事項
採択の前提となる指標	(1) 費用効果分析において効用有 (イ) 費用効果分析結果 「下水道事業における費用効果分析マニュアル(案)(社)日本下水道協」に基づき評価した結果が「上」を回っている。
優先採択指標	(1) 効果の早期発現 イ又はロのいずれかに該当する事業 (ロ) 迅速な供用開始の可否等 以下の要件を全て満たしている。 ・地方議会から事業実施に対する理解を得ていること。 ・処理場及びポンプ場用地の取得について十分な見直しをもっていること。 ・新規に事業採択後流域関連又は公共関連事業については 3 年以内に、単独事業については 5 年以内に一部の区域において供用開始が見込まれること。 ・地元住民に対する事前説明が十分になされており、供用開始後順調に接続が進む十分な見直しをもっていること。 (2) 費用効果分析において効果有 (イ) 費用効果分析結果 費用効果分析マニュアル(案)に基づき評価した結果が「上」を回っている。
一般指標	(2) 他事業との共同、連携 (ロ) 雨水に関する連携施策： 河川法第 16 条の 2 に定める河川整備計画と整合しているとともに、流域内の貯留・浸透施設計画等の関連計画と調整を了している。又は総合的な都市雨水対策計画が策定されており、その中で当該事業が位置づけられている。

※下水道事業の新規事業採択時評価に当たっての客観的評価手法より該当する項目を記載

5. まとめ

総合治水対策の観点で河川整備と一体となった効率的・効果的な下水道(雨水)の見直し計画の策定を行うことにより、以下の 3 点について成果があった。

- ① 施工性向上による整備実現性の提示
- ② コスト削減による投資効果大の提示
- ③ ①と②の提示による、事業間連携下水道事業の採択の実現

このように、河川との一体的な整備は、効果の発現が大きいものとなり、また交付金の重点配分を受けることによる計画的かつ確実な事業執行を実施することが可能となる。

気候変動の影響により 21 世紀末には、全国平均で降雨量 1.1 倍、洪水発生頻度 2 倍になると試算される(20 世紀末比)など、水災害の激甚化・頻発化が懸念される中で、市民の命と財産を守り、安全で安心した暮らしの実現に大きく貢献できる成果であった。

事業間連携下水道事業は現時点で M 市を含む、4 自治体が採択されており、その他自治体においても効率的・効果的な整備の実現が望まれる。

令和 3 年 2 月 2 月に閣議決定された流域治水関連法案により水被害の解消に向けた法的な枠組みが整備された中で、今後の業務においても、流域全体を俯瞰した実効性ある雨水計画の立案に寄与したい。