

流出負荷量モデル利活用 に関する共同研究

1. 研究の背景と目的

我が国の雨水排除計画は、今まで速やかに雨水を近傍河川に排除する浸水対策を中心に行われてきた。しかし、都市化に伴う不浸透区域の拡大による雨水総流出量やピーク流出量が増加するなど、いわゆる「都市型水害」が発生してきている状況にある。これらに対応すると、雨水対策施設の規模が大きくなる傾向があり、より一層のコスト縮減を図る効率的な雨水整備計画を立案する必要が生じてきた。また、合流式下水道からの雨天時越流水による公共用水域の水質汚濁問題など、雨水排除計画について社会のニーズに呼応した検討項目の高度化・多様化が求められている。

従来の解析手法には、合理式法、修正RRL法、準線形貯留モデル法、タンクモデル法等が、また、汚濁負荷量解析手法には、土研モデルがほとんどの場合に利用されているが、今後の水環境対策には、より簡易にかつ短期間に検討でき、結果が理解し易い解析手法が求められている。

一方、海外では、排水区内の水管理システムのシミュレーションが、任意地点で時系列的に実施可能で、量・質などに対して定量評価が可能な流出解析モデルが実用化されている。しかし、これらモデルに関して日本では的確な運用にまで至っていない状況であったため、本財団では1994年から1996年までの3年間で、これらモデルについて調査・研究を行

い、国内の流域における適応性について評価し、欧州系の「HYDRO WORKS」、 「MOUSE」、米国系の「XP-SWMM」の3モデルについて、日本国内における雨水排水計画や運転管理に関する解析及び対策施設の効果に対する評価のための支援ツールとして、十分適応可能であるとの結論を得た。

本研究では、これらモデルの仕様や国内での適応業務、必要なデータ等の利用方法を明確にし、技術マニュアルとしてとりまとめ、さらに、流出解析モデル利用に係わる費用に対する適正な積算根拠等も、本マニュアルの中でまとめることとした。これにより、流出解析モデルを利用し易い環境を整備し、下水道事業の効率化、省力化を図ることを、本研究の最終目的とした。

2. 研究体制

本研究は、オリジナル設計(株)、国際水道コンサルタント(株)、(株)三水コンサルタント、(株)東京設計事務所、中日本建設コンサルタント(株)、(株)日水コン、日本上下水道設計(株)、日本水工設計(株)、日本理水設計(株)——9社との共同研究により実施した。

3. 技術マニュアルの概要

3.1 マニュアルの構成

本共同研究で作成した「流出解析モデル利活用マニュアル（雨水対策における流出解析モデルの運用手引き）」（以下、マニュアル）は、「基礎編」、「調査編」、「解析編」、「応用編」及び「資料編」で構成されており、一冊にとりまとめたものである。マニュアル構成の概念図を図-1に示す。

- 1) 「基礎編」
モデルの概要・理論，データ項目，性能，対象業務，適用事例について記述。
- 2) 「調査編」
対象業務に応じたデータの種類と調査方法について記述。
- 3) 「解析編」
シミュレーションやキャリブレーションのフロー，モデル化の方法について記述。
- 4) 「応用編」
業務毎に分類した適用事例の紹介。
- 5) 「資料編」
流出解析モデルを用いる上で，対象業務に応じた積算根拠や，仕様書について記述。

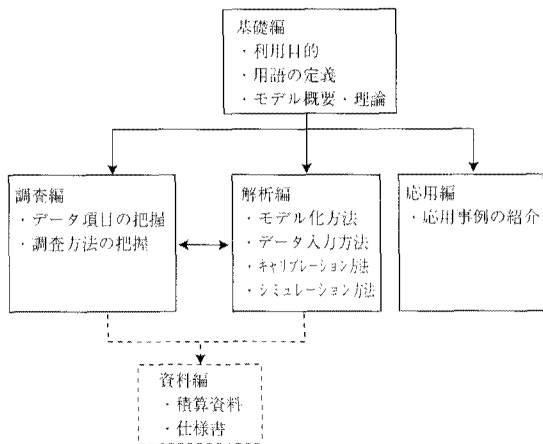


図-1 マニュアル構成概念図

3.2 技術マニュアルの適用業務

流出モデルは，様々な業務において利用可能であるため，目的別に対象業務を示す。

- (1) 水量モデル
 - 1) 流出状況の解析・評価
任意地点の雨水流出量及び水位を時系列的に把握することができるため，流域全体の流況を評価することができる。
 - ・既設管渠の能力及び有効活用
 - ・既設管渠の問題箇所及び原因の把握
 - ・計画以上の降雨が発生した場合の既設管渠潜在能力の評価

- 2) 浸水対策施設の提案及び効果の確認
モデルは，ポンプ場，分水堰，貯留池等の水理構造物を組み込むことができることから，雨水整備目標のグレードアップに対応した新規対策施設の提案及び効果を定量的に確認することが可能である。
 - ・ループ管等の管網に対する効果（水位低下）の把握
 - ・流出抑制施設（貯留，浸透等）による効果
 - ・ポンプ施設の増強，追加による対策
 - ・バイパス管設置による対策
 - ・布設替（管径変更）による検討
 - ・既設管渠の有効利用を図る更新計画
- 3) 効率的な運用計画
レーダ雨量計や地上雨量計からのメッシュ単位の雨量データが入力可能であり，複数のポンプ場やゲート施設等の操作条件を設定することによって，効率的な下水道システムのシミュレーションが可能である。
 - ・ポンプ施設等の運転ルールの改善
 - ・リアルタイムコントロール（RTC）機能を用いたポンプ施設等の最適運転ルールの提案

(2) 水量・負荷モデル

- 1) 汚濁負荷流出状況の解析・評価
任意地点での汚濁負荷量を時系列的に把握することができるため，流域全体の状況进行评估することができる。雨水吐から放流される汚濁負荷量の推定
・降雨時のノンポイント汚濁負荷の下水管への流入量の推定
- 2) 合流改善対策施設等の提案及び効果の確認
モデルは，ポンプ場，分水堰，貯留池等の水理構造物を組み込むことができることから，合流改善施設等提案及び効果，ノンポイントの汚濁負荷量解析及び効果を定量的に確認することができる。
 - ・合流改善施設の提案
 - ・雨水滞水池等の改善施設を設置することによる汚濁負荷量削減効果の推定
 - ・ノンポイント汚濁負荷量対策施設の提案
- 3) 効率的な運用計画
レーダ雨量計や地上雨量計からのメッシュ単位の雨量データが入力可能であり，複数のポンプ場やゲート施設等の操作条件を設定することによって，効率的な下水道システムのシミュレーションが可能である。
 - ・ポンプ施設等の運転ルールの改善

- ・リアルタイムコントロール（RTC）機能を用いたポンプ施設等の最適運転ルールの提案
- ・雨天時処理場流入汚濁負荷量の推定と処理施設制御に対する支援

(3) その他

管渠内水位、浸水状況等をアニメーション（動画）化して表現することができるため、専門家以外の人々へのプレゼンテーション用として有効である。

- ・浸水危険度マップの作成
- ・対策施設の設置効果のアニメーション（動画）化
- ・地図情報を組み込むことによって、下水道台帳的な利用が可能

3.3 解析手順

図-2 に流出解析モデル運用の概念図を示す。解析作業については、本マニュアルの「解析編」において、手順、各作業の内容及び留意点等について明記されている。

解析作業の内容は主に以下の5つに分けられる。

- (1) 基本事項の確認
 - ・調査業務の目的及び内容の確認
 - ・基本事項の確認
- (2) 準備作業
 - ・収集資料から解析作業に必要なデータ抽出
- (3) 対象流域のモデル化とデータの作成
 - ・調査業務の目的に応じた対象流域内の施設のモデル化
 - ・使用する解析ソフトに対応したデータの加工

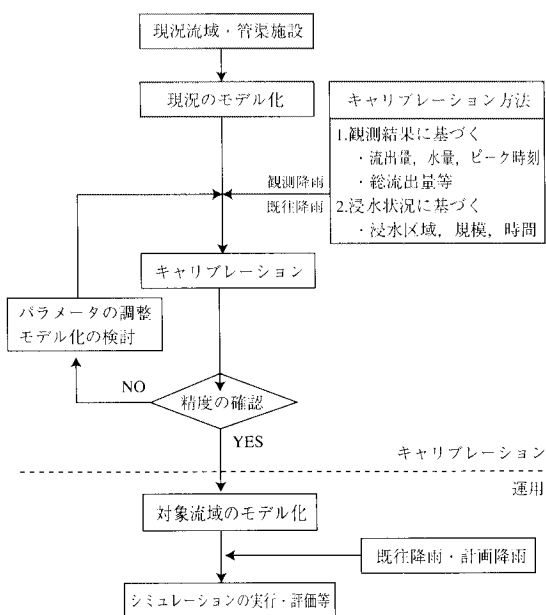


図-2 流出解析モデル運用の概念図

- とデータファイルの作成
- (4) キャリブレーション
 - ・原則として既往降雨によるシミュレーションを行いパラメータを調整
- (5) シミュレーション
 - ・調整されたパラメータを用いた浸水対策施設等の解析作業・評価

3.3.1 基本事項の確認

シミュレーションにあたり、業務の目的及び内容を確認し、調査における流出解析シミュレーションの位置付け、モデル化の範囲と制度、必要とされる解析結果等を明確にする。

3.3.2 資料収集の整理

本作業は、信頼性の高い流出解析を行う基礎となるものであり、十分な時間と広範囲にわたる精度の高い各種資料を収集及び調査し、整理する必要がある。図-3 に調査フローを示す。

本マニュアルにおいては、特に「調査編」として、調査方法、必要データとその保管場所、必要に応じて発生する現地踏査、実測調査に関して詳しく記述している。

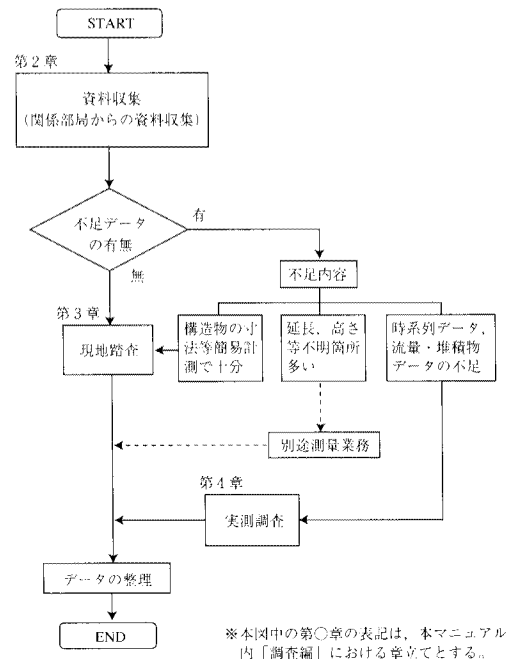


図-3 調査フロー

3.3.3 対象流域のモデル化及びデータ作成

収集資料、現地踏査に基づき、地表面の特性や管路施設等対象流域を流出解析モデルで解析できるように形式化・データ化（モデル化）する。また、モデル化にあたっては調査の目的やシミュレーションの結果として求められるものを勘案して、適正な方

針を定めなければならない。

データの作成にあたっては、対象流域のモデル化の方針に従い、次の各項に十分注意し、目的及び使用する流出解析モデルに適したシミュレーション用データを作成する。

- (1) データの加工及び補正
- (2) データ入力
- (3) データチェック

本作業の手順及び留意事項については、本マニュアルの「解析編」に示されている。

3.3.4 キャリブレーション

計画降雨や対策施設等に関するシミュレーションの実行に先立ち、管渠や流域の状況が適切にモデル化されているかを確かめることが重要である。特に、流域の状況を表現する各種パラメータについては、観測により定めることは事実上困難であり、キャリブレーションを行うことにより、観測値と計算値とが可能な限り近似するよう、適正な値を定める必要がある。

なお、ここで用いる観測値とは、ある複数の降雨に対する降雨記録と、管渠内に設置された計測機器等により観測された水位、流速、流量、水質等の実測値である。これらキャリブレーション結果の是非を判断するデータを含め、十分なデータが入手できない場合は、標準的なパラメータ値により、シミュレーションを行うことができるが、キャリブレーションを行うことにより、流域のモデル化とパラメータの妥当性を評価した上でシミュレーションに進むことが望ましい。

本マニュアルにおいては、「解析編」に以下の項目について詳細に記述している。

- ① キャリブレーションの目的
- ② キャリブレーションにより定めるべきパラメータ
- ③ キャリブレーションに必要なデータ
- ④ 現地調査による確認
- ⑤ キャリブレーションの例

なお、各モデルによりキャリブレーション方法が異なるため、本マニュアルにおいてはMOUSEで行ったキャリブレーションの実施例を示している。

3.3.5 シミュレーション

シミュレーションは、キャリブレーションにより設定されたパラメータを用いて、目的に応じたデータで解析・評価を行う。図-4にシミュレーションフローを示す。

本マニュアルにおいては、「解析編」の中にシミュレーションによる現状の評価・再現における留意

事項、シミュレーションによる評価の内容及び出力結果例が示されている。

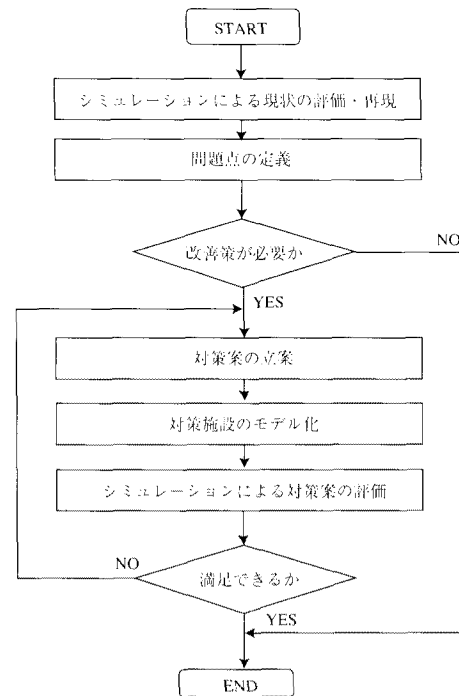


図-4 シミュレーションフロー

3.4 実施例

本マニュアルにおいては、「応用編」として、日本における事例を紹介している。本マニュアル作成時点での流出解析モデル使用事例は27件の報告があり、その中から8件の事例を紹介している。これら8件の適用事例一覧を表-1に示す。また、これら解析実施例の内、浸水対策を目的として行われたものを示す。

3.5 仕様書・積算根拠

解析モデル利用の際に用いる仕様書を「業務委託標準仕様書(案)」として、また、費用に対する適正な積算根拠について「業務委託積算要領(案)」を、本マニュアルに参考として「資料編」に掲載している。

4. おわりに

本マニュアルは、我が国における海外流出解析モデルの利活用方法を明らかにすると共に、必要なデータ等の利用方法を明確にし、雨水対策を効率的に行うために流出解析モデルを運用する際の基本的な考え方や留意点を主体にとりまとめたものである。

なお、流出解析モデルの運用に関しては、雨水対策案に対する評価等を行うための支援ツールとして考えており、流出解析モデルを利用した解析・評価を

積極的に推進させ、コスト縮減に向けた雨水整備計画への提案に反映できることを期待している。

表-1 適用事例一覧

項目	業務分類	業務概要	対象流域諸元	使用降雨	キャリブレーション
事例1	流出状況の解析・評価	複数地点での実測値と流出モデルの解析値を比較し、任意地点での評価の妥当性を検証した。	分流式下水道 流域面積：約50ha 対象管きよ延長：4,160m	実測降雨による。	流量計から得られた値と整合させた。
事例2	浸水対策施設の提案及び効果の確認	既存の合流式下水道管きよの能力不足による浸水被害を解消するため、5年確率降雨に対応できる雨水整備計画を立案した。	合流式下水道 流域面積：約130ha 対象管きよ延長：2,016m	タルボット型 5年確率降雨	既往降雨で浸水区域を一致させた。
事例3	浸水対策施設の提案及び効果の確認	浸水対策を目的とした雨水整備水準の向上を図るため、対策施設を提案した。	合流式下水道 流域面積：約81ha 対象管きよ延長：2,700m	10年確率降雨	既往の2降雨により実施した。
事例4	浸水対策施設の提案及び効果の確認	5年確率降雨で整備されている既存の合流式下水道を10年確率降雨にも対応できる雨水整備計画を立案した。	合流式下水道 流域面積：約182ha 対象管きよ延長：3,580m	10年確率降雨 (中央集中型)	既往降雨により浸水区域を一致させた。
事例5	浸水対策施設の提案及び効果の確認	浸水被害の解消のため、浸水原因の解析、対策施設の検討・段階的整備による事業効果等の評価を行った。	流域面積：約182ha	タルボット型 5年確率降雨	既往の3降雨により実施した。
事例6	浸水対策施設の提案及び効果の確認	40mm/hr(実験式)により整備された地区で、大幅な都市化に伴う浸水被害を改善するため、10年確率降雨に対応できる雨水整備計画を立案した。	合流式下水道 流域面積：約391ha	10年確率降雨	既往降雨の浸水深を基に実施した。
事例7	浸水対策施設の提案及び効果の確認	対策施設設置前後に対して、確率降雨毎に浸水解析を行い、費用効果の検討を行った。	合流式下水道 流域面積：約109ha	3～50年確率降雨 (中央集中型)	浸水実績区域との整合を図った。
事例8	効率的な運用計画	RTC機能を用いた降雨規模の流入ゲート操作基準を作成し、ポンプ場の更新工事に伴う運転方法の検討を行った。	合流式下水道 流域面積：約400ha	実降雨(降雨規模別の複数降雨を使用)	合理式から算出したポンプ場への流入水量に整合させた。

【事例2：浸水対策事例】

1. 概要

当対象流域は、古くから下水道が整備された地域で、合流式下水道として整備されている。整備後、約50年を経た今、その後の急激な都市化に伴い雨水流出量が増大し、浸水被害が度々発生しており、能力不足が顕著である。また、放流先河川の能力が低くH.W.L.も高いため、流末でのゲート操作、ポンプ排水を余儀無くされている。

そこで、当区域は5年確率降雨に対応できる雨水整備計画を立案した。

2. 調査流域の概要

項目	今回調査
計画区域面積	128.99ha (1.66ha:区域外へ流出)
幹線延長	2015.90m
ポンプ場能力	汚水：3.3m ³ /min (×2) 雨水：1.0m ³ /sec (×3)

3. 流域特性値

- ・不浸透域率：70%
- ・直接流出率：20%
- ・地表面粗度係数：浸透域0.100, 不浸透域0.015
- ・地表面凹地貯留：浸透域6mm, 不浸透域2mm

4. 計画降雨

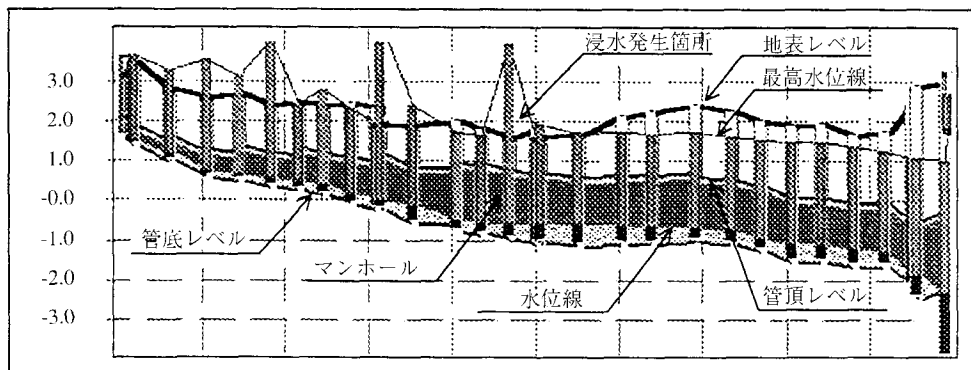
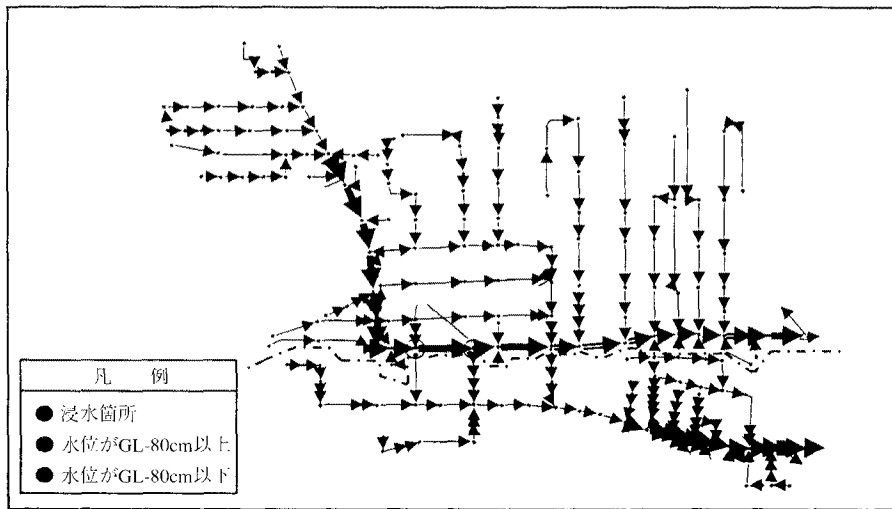
特性係数法にて算出されたタルボット型の降雨強度式より作成した中央集中型ハイトグラフを使用。降雨継続時間は、2時間とした。

5. キャリブレーション

既往降雨(1989.8.1.台風11号, 1991.9.19.台風18号, 1993.5.26台風11号等)での、シミュレーション結果と、浸水被害実績との比較。

※比較の際、地形状況を考慮。

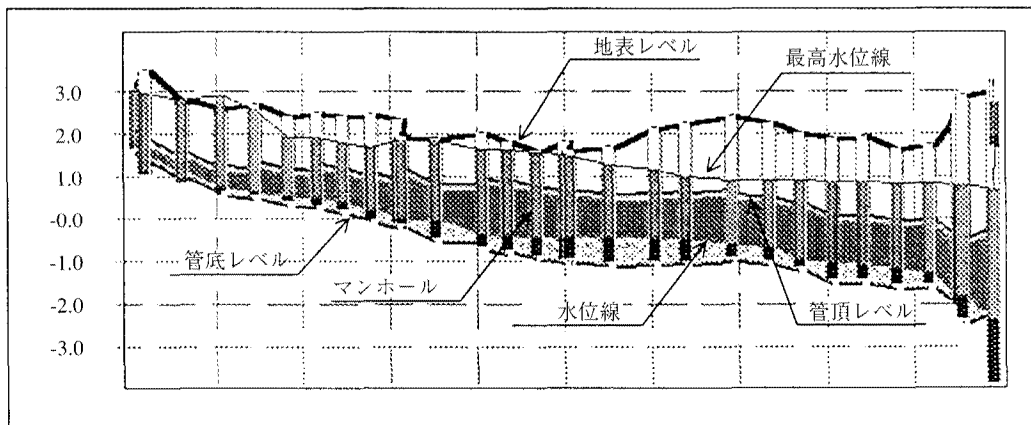
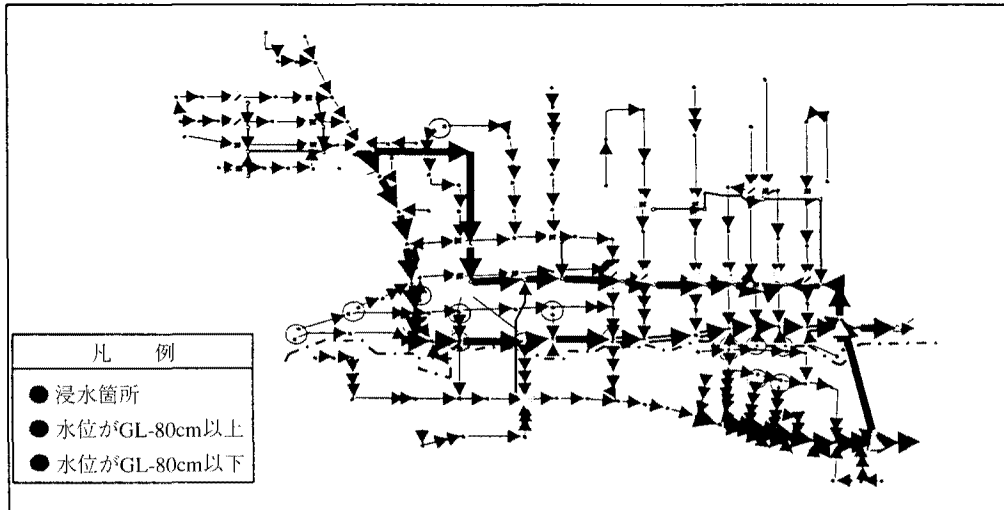
6. 現況管網による流出解析 (5年確率降雨)



7. 対策施設

- ・貯留管 (φ 4,000mm 約1,600m)
- ・バイパス (φ 700～φ 1500mm 約1,650m)
- ・増補管 (φ 250～φ 1,000mm 約6,540m)
- ・管きよのループ化 (約10箇所)

8. 対策後の流出解析結果 (5年確率降雨)



●この研究に関する問い合わせは 研究第二部長
 研究第二部主任研究員
 研究第二部研究員

篠田 康弘
 長谷川隆之
 藤浦 哲士