



## 2. 山王雨水調整池流域の概要

### 2.1. 「雨水整備レインボープラン博多」の概要

博多駅周辺地区では、平成 11 年、15 年に二度にわたり甚大な浸水が発生し、家屋・事業所・地下空間・交通機関などに甚大な被害を及ぼした(写真 1、写真 2)。

このようなことから、博多駅周辺地区を三度浸水させないことを目的に、内水対策としての博多駅地区緊急浸水対策事業「雨水整備レインボープラン博多」を策定し、平成 16 年度に創設された「浸水被害緊急改善下水道事業」として全国で最初の事業採択を受け、対策を進めてきた。また、外水対策として、福岡県は御笠川河川激甚災害対策特別緊急事業の事業採択を受けて河川改修を実施し、御笠川の流下能力を 400 m<sup>3</sup>/s から 890 m<sup>3</sup>/s へと約 2.2 倍に増強し、平成 19 年度に整備は完了した(一部区間を福岡市が受託)。



写真 1 博多駅周辺の浸水状況 (H11. 6. 29)

出所：福岡市道路下水道局資料



写真 2 博多駅周辺の浸水状況 (H15. 7. 19)

出所：福岡市道路下水道局資料

### 2.2. 本流域における降雨特性

本流域周辺の雨量観測施設は、気象庁が所管する福岡観測所、博多観測所の 2 箇所と本市が所管する博多駅東ポンプ場 1 箇所で観測されており、直線距離で約 2.5km～7km 離れている(図 2)。

山王雨水調整池への流入が確認された平成 21 年 7 月 24 日および平成 25 年 8 月 31 日の降雨は、これら 3 箇所の降雨状況が異なっており、降雨の偏在性が顕著である(表 1、図 3、図 4)。

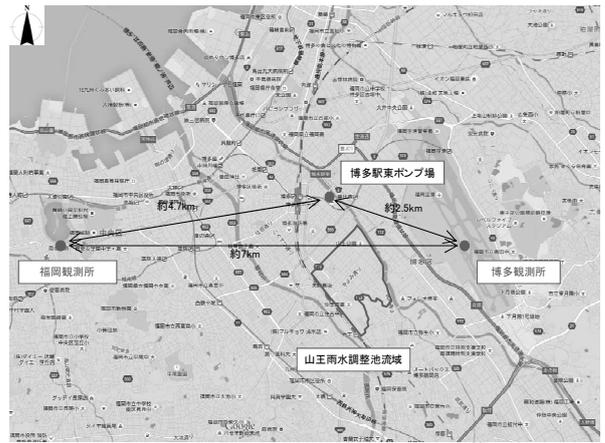


図 2 降雨観測地点位置図

出所：著者作成

表 1 3 観測所の降雨状況

| 年月日        | 雨量(mm)   | 福岡観測所 | 博多観測所 | 博多駅東ポンプ場 |
|------------|----------|-------|-------|----------|
| 平成21年7月24日 | 10分間最大雨量 | 15.5  | 22.0  | 18.5     |
|            | 1時間最大雨量  | 71.0  | 116.0 | 80.1     |
|            | 日雨量      | 187.0 | 238.0 | 186.8    |
| 平成25年8月31日 | 10分間最大雨量 | 19.5  | 17.5  | 17.6     |
|            | 1時間最大雨量  | 45.5  | 62.0  | 52.6     |
|            | 日雨量      | 110.0 | 127.0 | 113.4    |

出所：気象庁および博多駅東ポンプ場資料

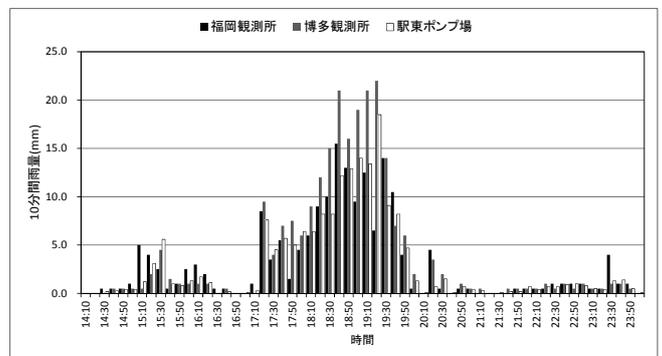


図 3 3 観測所の降雨状況 (H21. 7. 24)

出所：気象庁および博多駅東ポンプ場資料を基に著者作成

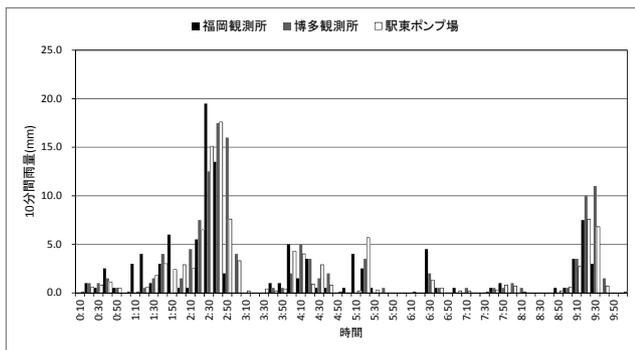


図4 3観測所の降雨状況 (H25. 8. 31)

出所：気象庁および博多駅東ポンプ場資料を基に著者作成



写真4 山王放水路付近の浸水状況 (H15. 7. 19)

出所：博多駅周辺地区の浸水対策について

### 2.3. 過去の浸水状況と浸水対策

平成6年度以降の本市における過去の大規模な浸水被害は、5回発生している(表2)。

特に平成11年6月29日降雨では、死者1名、負傷者1名の甚大な被害を被っており、その後の平成15年7月19日降雨においても負傷者4名という被害が発生している(写真3、写真4)。

「雨水整備レインボープラン博多」により山王雨水調整池の整備と御笠川の河川改修が完了した平成19年度以降は、大規模な浸水は顕在化していない。

表2 過去の浸水状況(市内全域)

| 年月日        | 降雨量            |            |       | 観測所 |
|------------|----------------|------------|-------|-----|
|            | 時間最大雨量<br>mm/h | 日総雨量<br>mm | 単位:mm |     |
| 平成9年7月28日  | 96.5           | 117        |       | 福岡  |
| 平成10年7月16日 | 53             | 58.5       |       | 福岡  |
| 平成10年8月14日 | 68             | 97.5       |       | 福岡  |
| 平成11年6月29日 | 79.5           | 153.5      |       | 福岡  |
| 平成15年7月19日 | 20             | 50         |       | 福岡  |
|            | 104            | 315        |       | 大宰府 |

出所：博多駅周辺地区の浸水対策について<sup>(2)</sup>



写真3 山王放水路付近の浸水状況 (H15. 7. 19)

出所：博多駅周辺地区の浸水対策について

### 2.4. 浸水被害実績と降雨量の関連性分析

山王雨水調整池等の供用開始以前である平成6～18年度において、1時間最大降雨量が30mm以上のものを基本に抽出し、大規模な浸水被害の発生有無について整理を行った(図5、表3)。

なお、抽出した降雨は、平成15年度以降は博多観測所において1時間最大降雨量30mm以上を記録したものを対象としている。

1時間最大降雨量が60mm以上の降雨が4回発生し、そのうち3回浸水が発生しており、このレベルの降雨になると、山王雨水調整池等の供用開始以前は、浸水被害の発生確率が高くなっていったと想定される。

しかし、それより小さい降雨でも2回浸水被害が発生しており、今回対象区域内の降雨強度以外に、放流先河川である御笠川の水位も、浸水に対して大きな要因になっていたと推測できる。

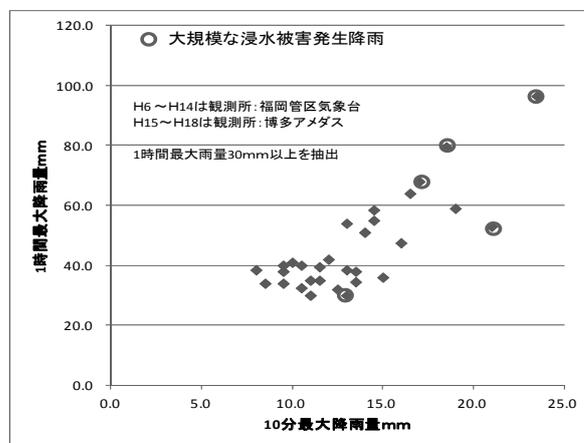


図5 降雨量と浸水被害発生の関係

出所：著者作成

表3 降雨量と浸水被害発生日

| 降雨年月日 |      |       | 浸水被害の有無 | 観測所:福岡管区気象台 |       |       | 観測所:博多アメダス |       |       |
|-------|------|-------|---------|-------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| 年度    | 西暦年  | 月日    |         | 日総雨量        | 1時間最大 | 10分最大 | 日総雨量       | 1時間最大 | 10分最大 |
| 平成6年  | 1994 | 9月16日 |         | 143.0       | 34.5  | 13.5  |            |       |       |
| 平成7年  | 1995 | 7月22日 |         | 135.0       | 38.0  | 13.5  |            |       |       |
| 平成9年  | 1997 | 7月22日 | 有り      | 94.0        | 47.5  | 16.0  |            |       |       |
|       |      | 7月23日 |         | 117.0       | 39.5  | 23.5  |            |       |       |
|       |      | 8月9日  |         | 89.0        | 32.0  | 12.5  |            |       |       |
|       |      | 8月12日 |         | 133.5       | 38.5  | 9.0   |            |       |       |
| 平成10年 | 1998 | 5月11日 |         | 123.5       | 41.0  | 10.0  |            |       |       |
|       |      | 7月16日 | 有り      | 58.5        | 53.0  | 21.0  |            |       |       |
|       |      | 8月14日 | 有り      | 97.5        | 68.0  | 17.0  |            |       |       |
|       |      | 9月22日 | 有り      | 153.5       | 79.5  | 18.5  |            |       |       |
| 平成11年 | 1999 | 6月22日 |         | 36.0        | 34.0  | 8.5   |            |       |       |
| 平成12年 | 2000 | 7月24日 |         | 102.0       | 38.5  | 13.0  |            |       |       |
| 平成13年 | 2001 | 6月19日 |         | 212.5       | 42.0  | 12.0  |            |       |       |
|       |      | 6月23日 |         | 98.5        | 38.0  | 9.5   |            |       |       |
|       |      | 7月6日  |         | 103.0       | 32.5  | 10.5  |            |       |       |
| 平成14年 | 2002 | 9月6日  |         | 27.5        | 34.0  | 9.5   |            |       |       |
|       |      | 9月16日 |         | 163.5       | 39.5  | 11.5  |            |       |       |
|       |      | 7月11日 |         | 43.5        | 31.0  | 9.5   | 44         | 30    | 11    |
| 平成15年 | 2003 | 7月19日 | 有り      | 50.0        | 20.0  | 10.0  | 88         | 30    | 13    |
|       |      | 8月11日 |         | 67.5        | 61.5  | 18.0  | 66         | 59    | 19    |
|       |      | 8月26日 |         | 61.5        | 21.5  | 10.5  | 82         | 36    | 15    |
| 平成16年 | 2004 | 7月2日  |         | 53.5        | 36.0  | 11.0  | 79         | 51    | 14    |
| 平成17年 | 2005 | 7月10日 |         | 67.0        | 39.5  | 12.0  | 60         | 35    | 11.5  |
|       |      | 7月15日 |         | 26.5        | 23.5  | 18.0  | 75         | 55    | 14.5  |
|       |      | 7月2日  |         | 49.0        | 45.0  | 10.5  | 58         | 54    | 13    |
| 平成18年 | 2006 | 7月4日  |         | 66.5        | 32.5  | 8.0   | 79         | 40    | 10.5  |
|       |      | 7月19日 |         | 112.5       | 24.5  | 7.0   | 138        | 35    | 11    |
|       |      | 8月30日 |         | 31.0        | 29.5  | 13.0  | 76         | 64    | 16.5  |
|       |      | 9月9日  |         | 47.5        | 31.0  | 9.5   | 62         | 40    | 9.5   |

1時間最大50mm以上の降雨

出所：著者作成

一方、山王雨水調整池等の供用開始後である平成19年度以降において、博多アメダスにおける1時間最大降雨量が30mm以上の年月日のものを基本に抽出し整理を行った(図6、表4)。

供用開始後の平成19年度以降は浸水被害の発生はないが、山王雨水調整池へは4回の流入実績があった。

1時間最大降雨量が60mm以上の降雨が3回あり、そのうち2回は雨水調整池へ流入しており、とくに平成21年7月24日の降雨は平成18年度以前に浸水被害の発生した降雨と比較しても、かなり雨量が大きいものであり、山王雨水調整池等の供用開始以前であれば大規模な浸水被害が発生していた可能性が極めて高いものと想定される。しかし、実際には浸水被害がなかったことから山王雨水調整池等の効果が十分に発揮された結果であると思われる。

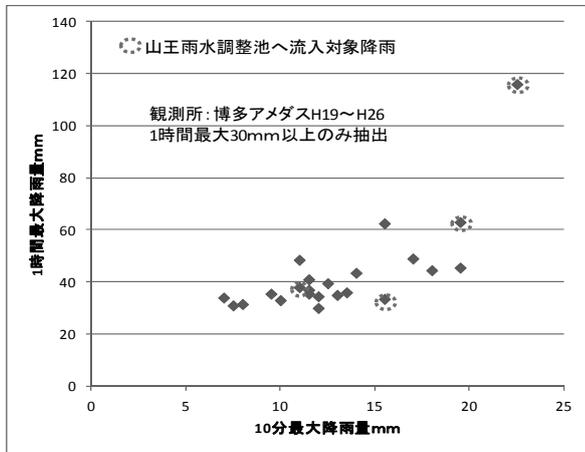


図6 降雨量と調整池流入実績

出所：著者作成

表4 降雨量と調整池流入日

| 降雨年月日 |      |       | 浸水被害の有無 | 調整池流入の有無 | 観測所:福岡管区気象台 |       |       | 観測所:博多アメダス |       |       |
|-------|------|-------|---------|----------|-------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| 年度    | 西暦年  | 月日    |         |          | 日総雨量        | 1時間最大 | 10分最大 | 日総雨量       | 1時間最大 | 10分最大 |
| 平成19年 | 2007 | 7月6日  |         |          | 111.0       | 30.5  | 11.5  | 131        | 37    | 11.5  |
|       |      | 8月5日  |         |          | 44.5        | 12.5  | 3.0   | 89         | 34    | 7     |
|       |      | 8月6日  |         |          | 72.0        | 23.5  | 6.0   | 81         | 31    | 7.5   |
| 平成20年 | 2008 | 6月19日 |         |          | 72.0        | 36.0  | 13.0  | 73.5       | 34.5  | 12.0  |
|       |      | 6月21日 |         |          | 82.5        | 21.5  | 6.0   | 108.5      | 41.0  | 11.5  |
|       |      | 8月8日  |         |          | 25.0        | 20.0  | 7.5   | 73.5       | 62.5  | 15.5  |
|       |      | 8月11日 |         |          | 43.5        | 27.5  | 13.0  | 45.0       | 36.0  | 13.5  |
|       |      | 8月19日 |         |          | 52.5        | 28.5  | 10.5  | 97.5       | 39.5  | 12.5  |
|       |      | 8月22日 |         |          | 39.5        | 31.0  | 18.0  | 52.0       | 45.5  | 19.5  |
| 平成21年 | 2009 | 7月24日 |         | 有り(多)    | 187.5       | 71.5  | 15.5  | 239.5      | 116.0 | 22.5  |
|       |      | 7月26日 |         | 有り(少)    | 140.5       | 40.0  | 11.0  | 173.5      | 48.5  | 11.0  |
| 平成22年 | 2010 | 7月14日 |         |          | 151.0       | 35.5  | 15.5  | 147.5      | 43.5  | 14.0  |
| 平成23年 | 2011 | 8月26日 |         |          | 44.0        | 42.5  | 11.5  | 49.5       | 38.0  | 11.0  |
| 平成24年 | 2012 | 7月3日  |         |          | 102.5       | 47.0  | 19.0  | 93.5       | 44.5  | 18.0  |
|       |      | 7月13日 |         |          | 126.5       | 55.0  | 17.0  | 92.5       | 35.5  | 11.5  |
|       |      | 7月20日 |         |          | 17.0        | 4.5   | 4.5   | 39.0       | 33.5  | 15.5  |
| 平成25年 | 2013 | 6月26日 |         |          | 94.0        | 32.5  | 8.5   | 91.0       | 33.0  | 10.0  |
|       |      | 7月6日  |         |          | 77.5        | 36.0  | 11.0  | 74.5       | 35.5  | 9.5   |
|       |      | 8月31日 |         |          | 153.5       | 72.5  | 22.0  | 111.5      | 49.0  | 17.0  |
|       |      | 8月30日 |         |          | 110.0       | 45.5  | 21.5  | 127.0      | 63.0  | 19.5  |
| 平成26年 | 2014 | 8月5日  |         |          | 77.5        | 34.0  | 9.5   | 71.5       | 30.0  | 12.0  |
|       |      | 8月15日 |         |          | 87.0        | 32.5  | 12.0  | 73.5       | 35.0  | 13.0  |
|       |      | 8月20日 |         |          |             |       |       | 64.5       | 31.5  | 8.0   |

1時間最大50mm以上の降雨

出所：著者作成

## 2.5. 浸水対策施設の概要

度重なる浸水被害を軽減するため、山王公園を活用して平成16年～平成18年にかけて、山王雨水調整池群を整備した。

山王雨水調整池群とは、施設規模が流出係数C=0.90、1/30確率降雨に対応した貯留量約2,500m<sup>3</sup>の山王ポンプ所調整槽、排水能力約2m<sup>3</sup>/sの山王ポンプ所、貯留量約13,000m<sup>3</sup>の山王1号雨水調整池、貯留量約15,000m<sup>3</sup>の山王2号雨水調整池の主要施設およびそれらを結ぶ逆流防止ゲート、越流槽、分流ゲート、流出入工、制水ゲート、導水渠から構成された一連の浸水対策施設の総称をいう(図7)。

山王1号雨水調整池は、山王公園の野球場の上部空間を雨水調整池として活用しており、山王2号雨水調整池は、公園の地下空間を利用した雨水調整池となっている(図8)。

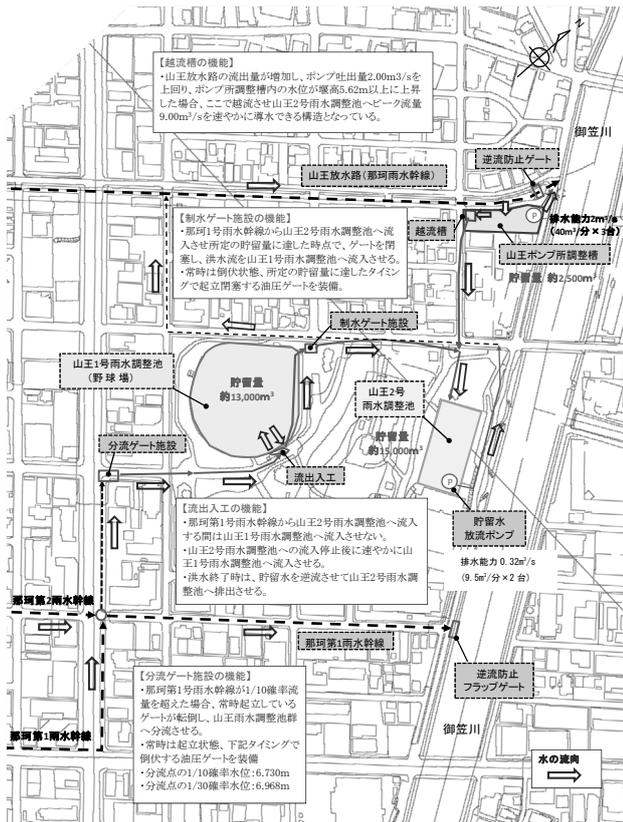


図7 山王雨水調整池群の概要

出所：著者作成

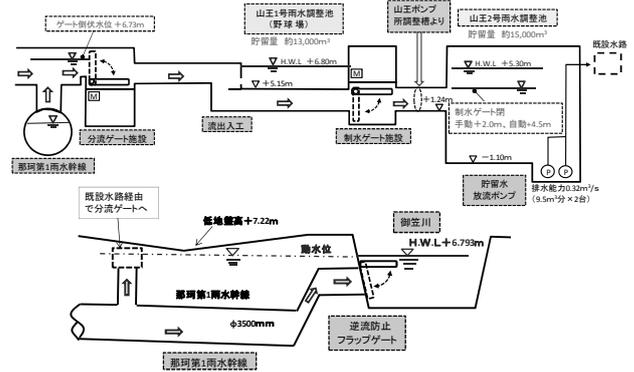


図9 那珂第1雨水幹線系統の概略縦断面図

出所：著者作成

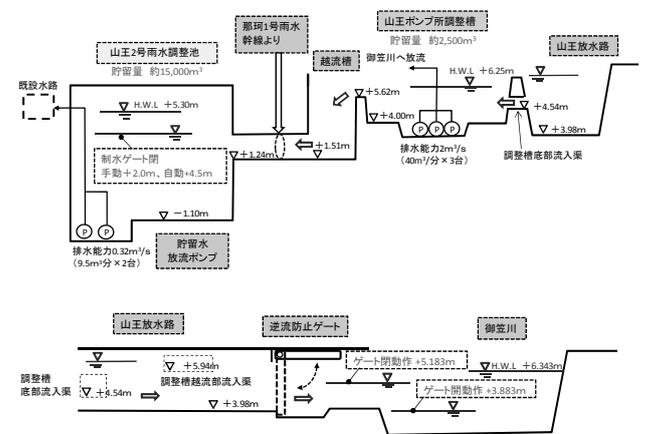


図10 山王放水路系統の概略縦断面図

出所：著者作成

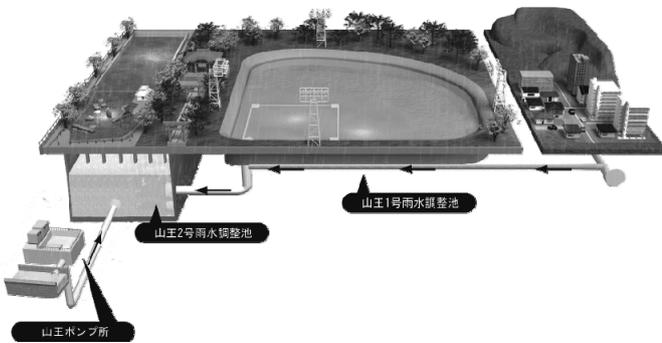


図8 山王雨水調整池イメージ図

出所：福岡市 道路下水道局資料

表5 山王雨水調整池容量

単位: m<sup>3</sup>

| 調整池名称     | 調整池貯留容量 | 流域別内訳容量 | 流域別容量  | 流域名                   |
|-----------|---------|---------|--------|-----------------------|
| 山王1号雨水調整池 | 13,000  | 13,000  | 16,850 | 那珂第1雨水幹線流域<br>90.38ha |
| 山王2号雨水調整池 | 15,130  | 3,850   |        |                       |
| 山王ポンプ所調整槽 | 2,500   | 11,280  | 13,780 | 山王放水路流域<br>38.50ha    |
|           |         | 2,500   |        |                       |

出所：著者作成

本検討対象区域は、図1に示すとおり、約39haの山王放水路流域と約90haの那珂第1雨水幹線流域に区分され、計画上、山王1号雨水調整池は那珂第1雨水幹線流域の雨水を貯留する施設(図9)、山王ポンプ所調整槽は山王放水路流域の雨水を貯留する施設であるが、山王2号雨水調整池は両流域の必要容量を共有する施設となっている(図10、表5)。

那珂第1雨水幹線流域の貯留メカニズムは、図9に示すとおり、放流先河川である御笠川水位が上昇すると、那珂第1雨水幹線の流下能力が下がり始めるとともに幹線内水位が上昇し、分流ゲート前水位が6.73mになった時点で分流ゲートが倒伏され、山王雨水調整池群方向へ雨水が流出される。流出入工と山王2号雨水調整池の高さ関係から、優先的に山王2号雨水調整池に流入し、山王2号雨水調整池内

の水位が 4.5m となった時点で制水ゲートが閉じられ、山王 1 号雨水調整池に流入する。

一方、山王放水路流域の貯留メカニズムは、図 10 に示すとおり、御笠川水位が上昇し、逆流防止ゲート前水位が 5.183m になった時点で逆流防止ゲートが閉じられると、自然放流から山王ポンプ所調整槽に雨水を貯留しつつ、ポンプ強制排水に切り替わる。その後、山王ポンプ所調整槽の水位が上昇し、堰頂標高 5.62m の越流槽を越えると山王 2 号雨水調整池に流入する。

なお、分流ゲート前水位、山王 2 号雨水調整池水位および逆流防止ゲート前水位の設定値は自動運転を行う場合の水位であり、実情は管理者の経験に基づき、手動運転等も実施されている。

### 3. 山王雨水調整池の整備前後の効果検証

#### 3.1. 流出解析モデルの概要

近年、ヨーロッパやアメリカを中心に雨水流出モデルが解析シミュレーションソフトとして市販されており、その中でも現在各国で最も普及しつつあり、国内でも下水道新技術推進機構（現 日本下水道新技術機構）による「流出解析モデル利活用マニュアル」<sup>(3)</sup> の中で、調査・検討を行った結果、十分に適用可能であるとされた 3 モデルのうち、今回の検討においては、Info Works CS を用いた（表 6）。

流出解析モデルでは、降雨量から地表面に流出する有効降雨を算定する「降雨損失解析」、有効降雨が地表面を流れてマンホールへの流入量を算定する「地表面流出解析」、各マンホールにおけるハイドログラフを用いて、管渠内の流れを解析する「管渠内解析」、管内水位が上昇しマンホールから溢れた雨水の地表面氾濫水を算定する「溢水解析」および「地表面氾濫解析」の 5 つのプロセスに分けられ、各プロセスの解析データの受け渡しにより、氾濫シミュレーションが行われ、雨水流出現象の時間的・空間的な把握が可能となる（図 11）。

表 6 流出シミュレーションソフトの概要

|                  | Info Works CS (今回適用)                              | MOUSE   | XP-SWMM   |
|------------------|---|---|---|
| 1.降雨損失モジュール      | ・降雨損失モデル<br>・流出係数モデル                              | ・降雨損失モデル<br>・流出係数モデル                              | ・降雨損失モデル<br>・(流出係数モデル)                            |
| 2.地表面流出モジュール     | ・二重線形貯留法<br>・非線形貯留法                               | ・時間面積法<br>・非線形貯留法                                 | ・非線形貯留法   |
| 3.管内水理モジュール      | ・サンヴナン式   | ・サンヴナン式<br>・拡散波モデル<br>・運動波モデル                     | ・サンヴナン式<br>・運動波モデル<br>・非線形貯留法                     |
| 4.汚濁負荷量モジュール     | ・地表面堆積流出モデル<br>・堆積物輸送モデル<br>・水質 5 項目<br>+ユーザー定義項目 | ・地表面堆積流出モデル<br>・堆積物輸送モデル<br>・水質 7 項目<br>+ユーザー定義項目 | ・地表面堆積流出モデル<br>・堆積物輸送モデル<br>・水質 6 項目<br>+ユーザー定義項目 |
| 5.リアルタイムコントロール機能 | ・有り   | ・有り   | ・有り   |

出所：流出解析モデル利活用マニュアル

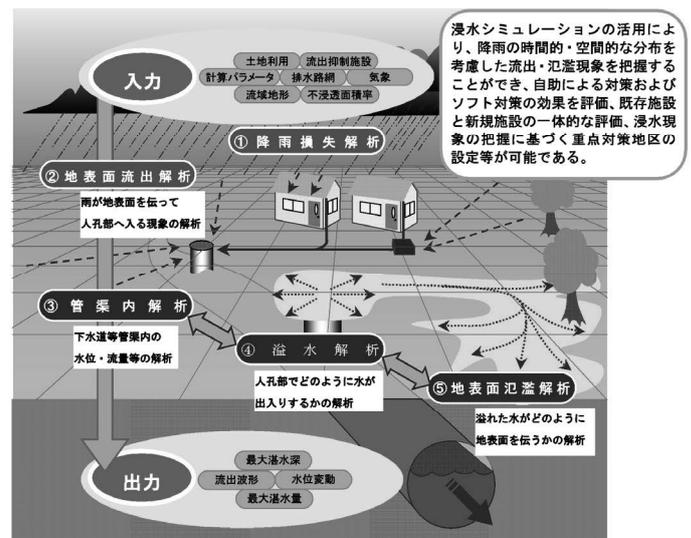


図 11 氾濫シミュレーションの概要

出所：下水道総合浸水対策計画策定マニュアル(案)<sup>(4)</sup>

なお、本流域のモデルの妥当性を検証するため、博多駅東ポンプ場で観測された平成 21 年 7 月 24～26 日および平成 25 年 8 月 31 日降雨を適用してキャリブレーションを実施したが、実測地点の水位が実績値と解析値とで概ね一致し、モデルが妥当であることを確認した（図 12）。

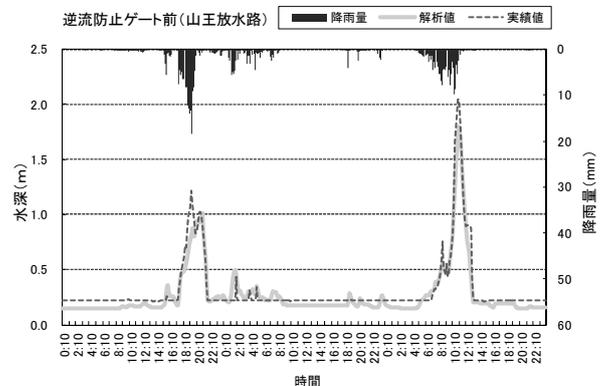


図 12 キャリブレーション結果例

出所：著者作成

### 3.2. シミュレーション

#### (1) シミュレーション基本方針

シミュレーションの基本方針は、フロー（図 13）に示すとおり、整備前のシミュレーション結果を基に浸水メカニズムを把握し、整備後のシミュレーション結果を基に整備効果の検証を行うとともに、効果的な運用方法についても提案を行う方針とした。

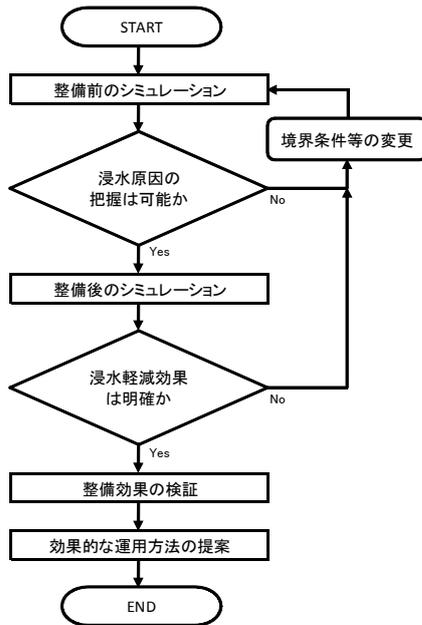


図 13 シミュレーションフロー

出所：著者作成

#### (2) シミュレーション条件

##### ① シミュレーションモデル

シミュレーションモデルとしては、整備前の「H11 整備前モデル」と整備後の「H27 整備後モデル」の 2 ケースを用い、整備前後の効果検証を行う。

「H27 整備後モデル」は、現況を再現したモデルであり、「H11 整備前モデル」は、山王雨水調整池群の整備効果を検証するため「H27 整備後モデル」から山王雨水調整池群（山王ポンプ所、山王ポンプ所調整槽、山王 1 号雨水調整池、山王 2 号雨水調整池、分流ゲート、制水ゲート、導水渠）が未整備であった状況を再現したモデルである。

##### ② 適用降雨

適用降雨としては、計画降雨（71.9mm/hr）のほか、実績降雨として、大規模な浸水被害が発生した

福岡管区气象台の平成 11 年 6 月 28～29 日（79.5mm/hr）、本市における既往最大を記録した博多アメダスの平成 21 年 7 月 24～26 日（116mm/hr）および水防法の改正により設定された長崎豪雨（153mm/hr）まで引き伸ばした想定し得る最大規模降雨の 4 降雨を適用するとともに、適用降雨毎にシミュレーションケースを設定した（表 7）。

表 7 適用降雨およびシミュレーションケース

| ケース  | 対象降雨：観測地点 | 降雨年月日                         | 1時間降雨量 (mm/hr) | 備考   |              |
|------|-----------|-------------------------------|----------------|--|--------------|
| ケース1 | 計画降雨      | 30年確率                         | 71.9           | I=6900/(t+36)  |              |
| ケース2 | 実績降雨      | 福岡管区气象台                       | 平成11年6月28日～29日 | 79.5   | 大規模浸水被害実績降雨  |
| ケース3 |           | 博多アメダス                        | H21年7月24日～26日  | 116.0  | 本市の過去最大1時間降雨 |
| ケース4 | 想定最大規模降雨  | H21年7月24～26日(博多)実績降雨を適用し引き延ばし | 153.0          | 長崎豪雨<br>气象台：九州北西部地区過去最大昭和57年7月22日～24日<br>1時間最大153mm/hr |              |

出所：著者作成

##### ③ 外水位

境界条件としての外水位は、河川水位の実測値および流達時間等を勘案し、降雨のピーク時付近に御笠川が H.W.L となるような外水位を時間的に変化させて設定した（表 8）。

表 8 外水位設定条件

| ケース  | 河川外水位(最大時)   |              | 備考                               |
|------|--------------|--------------|----------------------------------|
|      | 山王放水路        | 那珂第1雨水幹線     |                                  |
| ケース1 | H.W.L+6.343m | H.W.L+6.793m | ピーク時付近にH.W.L                     |
| ケース2 | H.W.L+6.343m | H.W.L+6.793m | ピーク時付近にH.W.L                     |
| ケース3 | 実測値(+5.800m) | 実測値+0.45m    | 山王放水路吐口部実測データ                    |
| ケース4 | H.W.L+6.343m | H.W.L+6.793m | H21年7月24日～26日の波形を用いてピーク時付近にH.W.L |

出所：著者作成

また、ゲートの開閉、ポンプの起動・停止については、図 9 および図 10 に示した運転ルールに従いシミュレーションを行った。

なお、本稿における標高基準は、原則、本市の下水道基準（T.P+1.773m）を用いているが、Info Works CS のモデル上においては、T.P 表記を用いている。

### 3.3. 浸水メカニズムの把握

浸水メカニズムを把握するため、山王放水路流域における各グラフの整備前の山王放水路流域に着目し比較評価する（図 14）。

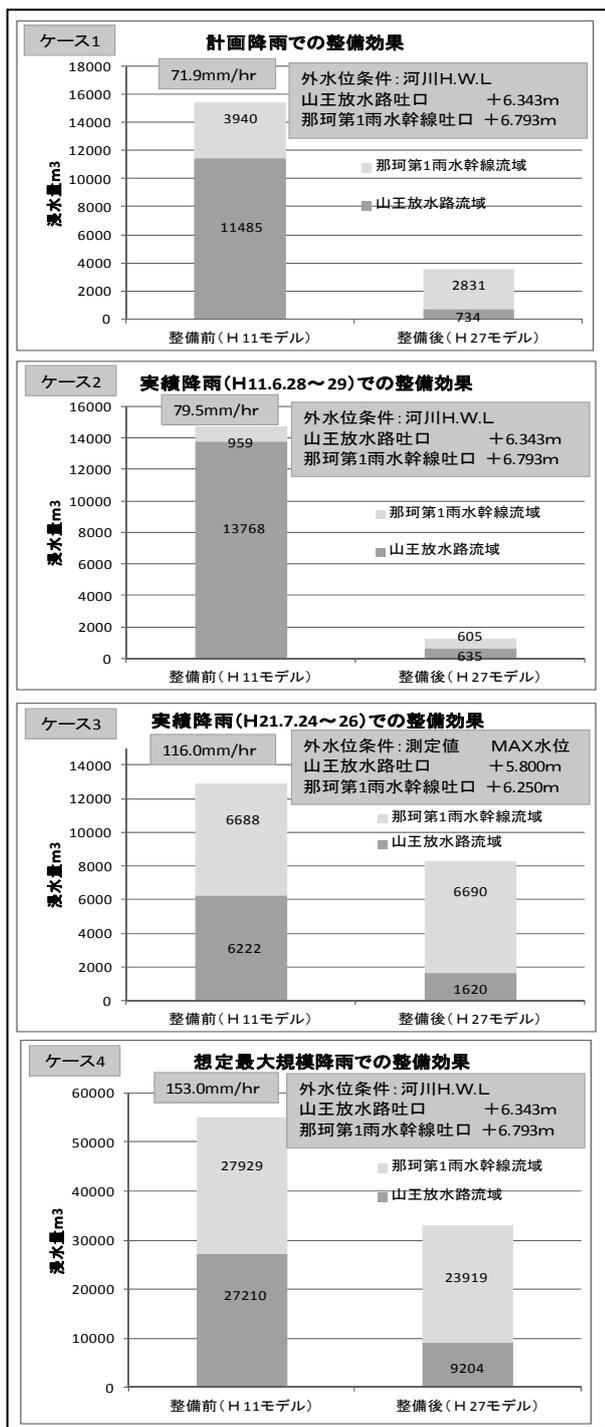


図 14 適用降雨別整備前後の浸水量

出所：著者作成

ケース 3 の「H21.7.24~26」における実績降雨時のように河川の最大水位が+5.800m程度では降雨強度が大きくても浸水量はわずかであるが、それ以外の適用降雨のように、河川水位が H.W. L+6.343m と高い場合には浸水量が大きくなっている。

したがって、調整池等の整備前は、河川側の水位により浸水被害が拡大していたものと推測される。

一方、那珂第 1 雨水幹線流域における浸水は、ケース 1 の計画降雨程度であれば河川側の水位が高くても山王放水路流域に比較すると小さい。計画降雨以上の超過降雨でも、下流部での浸水はわずかであり、大部分の浸水が上流側で発生している。

以上より、計画降雨以上の降雨の際には、浸水発生の要因は中上流部の管路の能力不足が支配的に働くと考えられる。

### 3.4. ストック効果（整備効果）の検証

山王雨水調整池群および雨水幹線等は、重要な下水道資産（ストック）であり、既存ストックによる整備効果の検証を行った結果、ストック効果は、図 14 より山王放水路流域側で大きく、那珂第 1 雨水幹線流域側では小さいことがわかった。

ケース 1 の計画降雨を適用した場合であれば、山王放水路流域全体で、整備前に対し整備後の浸水量の軽減率は約 93.6%と大きく、相当な効果があることがわかる。一方、那珂第 1 雨水幹線流域側では浸水量の軽減率は約 28.1%であり効果は限定的であると考えられる（表 9）。

なお、ここに示している浸水量とは、1 分ピッチでシミュレーションを実施しているため、対象流域の総浸水量が最大となる時刻の浸水量を意味する。

放流先河川（御笠川）の水位が H.W.L まで上昇する場合に効果が大きく、ケース 3 の「H21.7.24~26」の実績降雨のように河川水位が若干低い場合には整備効果は小さい。

山王放水路流域において、H.W.L まで上昇する場合、浸水量の軽減率が 66.2~95.4%であるのに対し、ケース 3 の「H21.7.24~26」の実績降雨では約 74%となっており、唯一、山王 2 号雨水調整池が満水とならない（表 10）。

那珂第 1 雨水幹線流域側でも、H.W.L まで上昇する場合、浸水量の軽減率 14.4~36.9%であるのに対し、ケース 3 の「H21.7.24~26」の実績降雨では約 0%となっている。これは、分流ゲートが常時閉じており、山王雨水調整池群の整備前と整備後で状況が変わらないためである。

表9 整備前後のシミュレーション結果(1/2)

| ケース   |                    | ケース1  |               |                           | ケース2  |               |                           |
|---|--------------------|---|---------------|---------------------------|---|---------------|---------------------------|
| 適用降雨  |                    | 計画降雨(1/30年確率)                                 |               |                           | 実績降雨(H11.6.28~29)<br>【観測所:福岡管区気象台】            |               |                           |
| 時間最大降雨量   |                    | 71.9mm/hr                                     |               |                           | 79.5mm/hr                                     |               |                           |
| 外水位適用条件<br>(MAX水位)  |                    | H.W.L(ピーク時)<br>山王放水路:+6.343m 那珂第1雨水幹線:+6.793m |               |                           | H.W.L(ピーク時)<br>山王放水路:+6.343m 那珂第1雨水幹線:+6.793m |               |                           |
| モデル条件   |                    | H11整備前<br>モデル                                 | H27整備後<br>モデル | 浸水<br>軽減率                 | H11整備前<br>モデル                                 | H27整備後<br>モデル | 浸水<br>軽減率                 |
|   |                    | ①   | ②             | $(①-②) \div ① \times 100$ | ①   | ②             | $(①-②) \div ① \times 100$ |
| 浸水量<br>m <sup>3</sup>   | 山王放水路流域            | 11,485  | 734           | 93.6 %                    | 13,768  | 635           | 95.4 %                    |
|   | 那珂第1雨水<br>幹線流域     | 3,940   | 2,831         | 28.1 %                    | 959   | 605           | 36.9 %                    |
|   | 計                  | 15,425  | 3,565         | 76.9 %                    | 14,727  | 1,240         | 91.6 %                    |
| 氾濫<br>解析<br>最大<br>浸水深<br>有: ●   | 山王<br>放水路<br>流域    | 0.2m未満  |               |                           |   |               |                           |
|   |                    | 0.2m以上0.5m未満                                  | ●             | ●                         |   | ●             |                           |
|   |                    | 0.5m以上1.0m未満                                  | ●             |                           |   | ●             |                           |
|   | 那珂第1<br>雨水<br>幹線流域 | 0.2m未満  |               |                           |   |               |                           |
|   |                    | 0.2m以上0.5m未満                                  | ●             | ●                         |   | ●             |                           |
|   | 0.5m以上1.0m未満       |   |               |                           |   |               |                           |
| 那珂第1雨水幹線(低地部)<br>管内水位と地盤高の差(m)<br>(地盤高-水位 ⇒ マイナスの場合浸水)                                  |                    | 0.05  | 0.32          |                           | 0.05  | 0.30          |                           |
| 調整池貯留量<br>m <sup>3</sup>  | 山王1号雨水調整池(野<br>球場) | -   | 4,652         | ←貯水率35%                   | -   | 7,156         | ←貯水率54%                   |
|   | 山王2号雨水<br>調整池      | -   | 14,997        | ←満水                       | -   | 14,997        | ←満水                       |
|   | 計                  | -   | 19,649        |                           | -   | 22,153        |                           |
| <b>浸水区域図</b><br>▲ Triangles: 水深/深さ (m)<br>■ >= 0.2<br>■ >= 0.001<br>地表面氾濫水の<br>MAX水深を表示 |                    | H11整備前<br>モデル<br>                             |               |                           |   |               |                           |
| H27整備後<br>モデル<br>   |                    |   |               |                           |   |               |                           |

出所: 著者作成

表 10 整備前後のシミュレーション結果(2/2)

| ケース  |                    | ケース3  |               |                           | ケース4  |               |                           |
|--|--------------------|---|---------------|---------------------------|---|---------------|---------------------------|
| 適用降雨   |                    | 実績降雨 (H21.7.24~26)<br>【観測所: 博多アメダス】         |               |                           | 想定最大規模降雨  |               |                           |
| 時間最大降雨量  |                    | 116.0mm/hr                                  |               |                           | 153.0mm/hr  |               |                           |
| 外水位適用条件<br>(MAX水位)   |                    | 実測値(時間変動あり)<br>山王放水路:+5.80m 那珂第1雨水幹線:+6.25m |               |                           | H.W.L.(実測値の波形でピーク時)<br>山王放水路:+6.343m 那珂第1雨水幹線:+6.793m |               |                           |
| モデル条件  |                    | H11整備前<br>モデル                               | H27整備後<br>モデル | 浸水<br>軽減率                 | H11整備前<br>モデル   | H27整備後<br>モデル | 浸水<br>軽減率                 |
|  |                    | ①   | ②             | $(①-②) \div ① \times 100$ | ①   | ②             | $(①-②) \div ① \times 100$ |
| 浸水量<br>m <sup>3</sup>  | 山王放水路流域            | 6,222                                       | 1,620         | 74 %                      | 27,210  | 9,204         | 66.2 %                    |
|  | 那珂第1雨水<br>幹線流域     | 6,688                                       | 6,690         | 0 %                       | 27,929  | 23,919        | 14.4 %                    |
|  | 計                  | 12,910                                      | 8,310         | 35.6 %                    | 55,139  | 33,123        | 39.9 %                    |
| 氾濫<br>解析<br>最大<br>浸水深<br>有: ●  | 山王<br>放水路<br>流域    | 0.2m未満                                      |               |                           |   |               |                           |
|  |                    | 0.2m以上0.5m未満                                | ●             | ●                         |   | ●             |                           |
|  |                    | 0.5m以上1.0m未満                                |               |                           |   | ●             |                           |
|  | 那珂第1<br>雨水<br>幹線流域 | 0.2m未満                                      |               |                           |   |               |                           |
|  |                    | 0.2m以上0.5m未満                                | ●             | ●                         |   | ●             | ●                         |
|  |                    | 0.5m以上1.0m未満                                |               |                           |   |               |                           |
| 那珂第1雨水幹線(低地部)<br>管内水位と地盤高の差(m)<br>(地盤高-水位 ⇒ マイナスの場合浸水)                           |                    | 0.76  | 0.77          |                           | -0.25   | -0.04         |                           |
| 調整池貯留量<br>m <sup>3</sup>   | 山王1号雨水調整池(野<br>球場) | -   | 152           | ←貯水率1%                    | -   | 13,350        | ←満水                       |
|  | 山王2号雨水<br>調整池      | -   | 11,109        | ←貯水率74%                   | -   | 14,997        | ←満水                       |
|  | 計                  | -   | 11,261        |                           | -   | 28,347        |                           |
| 浸水区域図<br>▲ Triangles: 水深/深さ (m)<br>■ >= 0.2<br>■ >= 0.001<br>地表面氾濫水の<br>MAX水深を表示 | H11整備前<br>モデル      |   |               |                           |   |               |                           |
|  | H27整備後<br>モデル      |   |               |                           |   |               |                           |

出所: 著者作成

## 4. 効果的な運用方法の提案

### 4.1. 現状における課題の整理

ここでは、施設の効果的な運用方法を提案するにあたり、これまでのキャリブレーションおよびシミュレーション結果等を踏まえ、現状施設および運転方法等の問題点および課題を抽出し整理する。

#### (1) 分流ゲートの倒伏条件

分流ゲートの目的は、放流先の御笠川の水位が上昇し、河川の H.W.L+6.793m に近づくと、那珂第 1 雨水幹線が背水の影響を受け能力不足となるため、この対策としてゲートを倒伏し、調整池へ流入させることにある。

一方、平成 21 年 7 月 24 日における河川側の実測水位（山王放水路吐口地点）と分流ゲートの倒伏の実際のタイミングをみると、分流ゲートを倒伏させた時刻における山王放水路吐口地点の河川水位が 3.21m 程度であり、那珂第 1 雨水幹線の吐口地点では H.W.L の差を勘案すると、これより 0.45m 程度水位が高いと想定されるものの、御笠川の水位が H.W.L+6.793m より 3.0m 以上低い状況において分流ゲートを倒伏させる結果となっている（図 15）。

放流先河川の水位が低い場合、那珂第 1 雨水幹線は地盤までの動水勾配は相当大きく、十分な排水能力を有していると考えられることから、現状の設定条件では、分流ゲートの倒伏のタイミングが早すぎると考えられる。

調整池への流入のタイミングが早すぎると、御笠川の水位が上昇し那珂第 1 雨水幹線の能力が小さくなった段階で貯留をしたくても、既に調整池の貯留可能容量が減少してしまっているということになり、本当に有効な貯留ができなくなるという問題が発生する。

さらに、調整池への流入頻度も増加し、とくに山王 1 号雨水調整池である野球場への流入が多くなると維持管理面での問題も大きくなる。

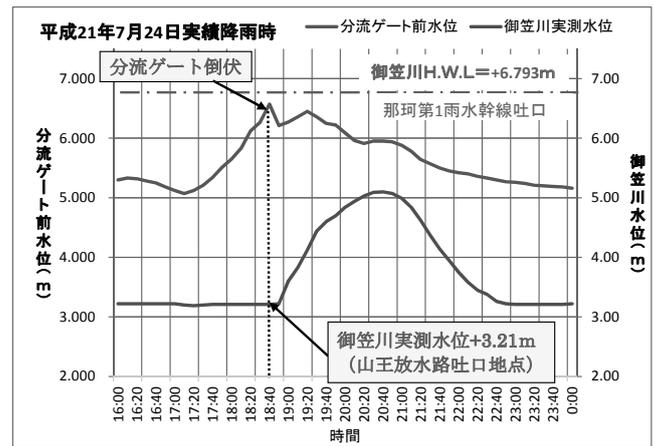


図 15 分流ゲート前水位と御笠川水位の関係

出所：著者作成

#### (2) 制水ゲートの操作条件

制水ゲートの本来の目的は、山王 2 号雨水調整池の貯留容量として、山王放水路流域と、那珂第 1 雨水幹線流域の両方の必要貯留量をバランス良く確保するためのものである。例えば、制水ゲートを閉めなければ、那珂第 1 雨水幹線側からの雨水が多く流入し、山王放水路流域側で必要な貯留量を確保できなくなり、これを防止するために不可欠な施設である。

これに対し、山王 1 号雨水調整池（野球場）は、那珂第 1 雨水幹線流域専用の調整池であるが、制水ゲートの操作条件を設定する上で、とくに重要な点は、山王 1 号雨水調整池（野球場）と、山王 2 号雨水調整池の高さ関係にある。

山王 1 号雨水調整池（野球場）の方が、山王 2 号雨水調整池より高い位置にあるため、例えば、制水ゲートの閉水位を高く設定した場合、山王 2 号雨水調整池が先に満水となる可能性が極めて高く、山王 1 号雨水調整池に余裕があっても、山王 2 号雨水調整池から山王 1 号雨水調整池側へ水を流すことができない。このため、山王 2 号雨水調整池満水後に山王放水路流域側でポンプ排水能力以上の流出があっても貯留ができなくなるため、山王放水路流域側の方が先に浸水被害を被ることになってしまう（図 16）。

逆に、制水ゲートを低い位置で閉めた後、仮に山王 1 号雨水調整池（野球場）が満水となり、山王 2

号雨水調整池に余裕がある場合には、再度、制水ゲートを開けることで山王1号雨水調整池の貯留水を山王2号雨水調整池側へ流下させることができ、那珂第1雨水幹線流域側で先に浸水が発生することを防ぐことが可能である（図17）。

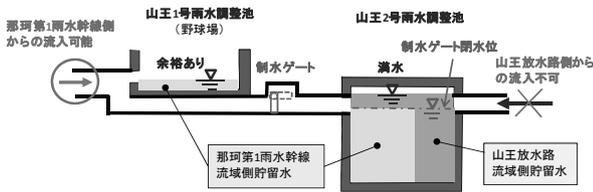


図16 制水ゲート閉水位が高い場合のイメージ  
出所：著者作成

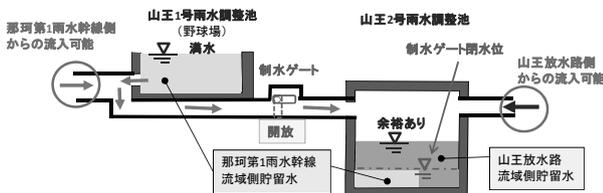


図17 制水ゲート閉水位が低い場合のイメージ  
出所：著者作成

以上より浸水安全度の観点だけに着目した場合、山王2号雨水調整池内の制水ゲート閉水位を低めに設定しておき、山王放水路流域側の浸水安全度向上のために容量を確保しておく方が有利であると判断できる。

現在の制水ゲート閉水位は、手動で+2.0m、自動で+4.5mで設定されており、とくに自動の閉水位+4.5mは、2号雨水調整池内 H.W.L.+5.30mに対し、約0.8mしか差がなく、この段階になるとほとんど山王放水路流域からの流入雨水を受け入れられないことから改善の必要があると想定される（図18）。

現在のゲート閉水位が高めで設定されているのは、前項の「(1)分流ゲートの倒伏条件」で記述したとおり、分流ゲートの倒伏のタイミングが早く、那珂第1雨水幹線流域側からの流入量が多くなっているためであると考えられる。例えば、平成21年7月24日の実績において河川側の水位が3.21mで分流ゲートが倒伏し那珂第1雨水幹線側から流入している

のに対し、山王放水路放流部の逆流防止ゲートの閉動作水位が5.183mであることから、那珂第1雨水幹線側からの流入タイミングがかなり早いことがわかる。

本来の調整池の目的とその重要度から浸水安全面を最優先させるべきではあるが、制水ゲートを早く閉めると山王1号雨水調整池の野球場のグラウンドが浸水することになるため、維持管理上は可能な限り回避することも必要と考えられる。

このような観点からも制水ゲートの操作条件とともに、前項で記述した分流ゲートの倒伏のタイミングと合わせて改善することにより、問題解決が可能であると考えられる。

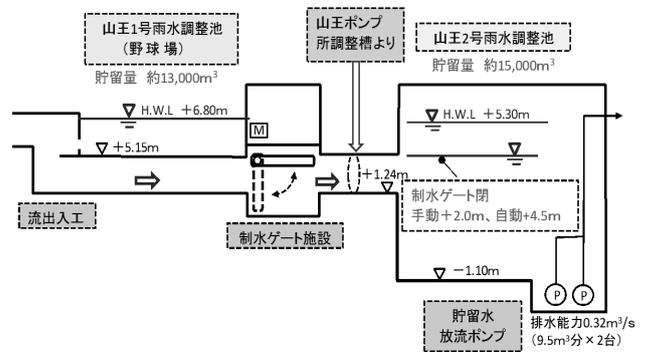


図18 制水ゲート閉水位の現状設定値  
出所：著者作成

## 4.2. 効果的な運用方法

### (1) 分流ゲートの倒伏条件

分流ゲートの倒伏条件として、現状では分流ゲート前水位のみで判断しているが、河川側の水位が低い場合には那珂第1雨水幹線の排水能力は十分にあることから、分流ゲート前水位と河川側の水位の2地点とすることを提案した。

例えば、山王放水路流域からの流入のタイミングよりかなり早く分流ゲートが倒伏している場合があるため、山王放水路吐口地点での逆流防止ゲートの閉動作の水位である5.183m以上で、かつ、現在の分流ゲート前水位+6.73mとする案が考えられる。

これは、山王放水路側の低地盤高の箇所より、那珂第1雨水幹線における低地盤高の箇所の方が約0.7m程度高いことから、山王放水路の逆流防止ゲートを閉じる必要がない状況であれば、那珂第1雨水幹線流域側も安全であると推測できることも提案の

理由にある。

なお、上記の倒伏条件の御笠川水位+5.183mは山王放水路吐口地点であるため、那珂第1雨水幹線の吐口での水位はH.W.Lの差を勘案すると、これより0.45m程度高いと想定されるため、那珂第1雨水幹線の吐口での河川水位が+5.633mの場合に、那珂第1雨水幹線の排水能力が十分に確保できるかを動水位等から検証し、問題がなければこれを倒伏条件として採用することにする(図19)。

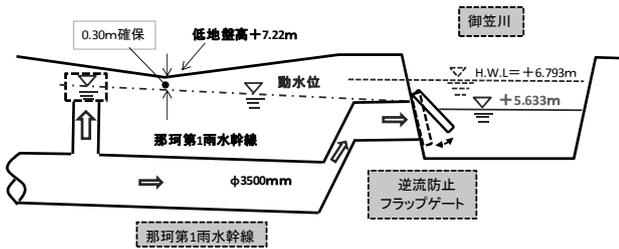


図19 動水位による排水能力確認イメージ

出所：著者作成

外水位を+5.633mとした場合に、定常流を変化させたシミュレーションを行った結果、24 m<sup>3</sup>/sを流した場合にクリアランス 0.3mを確保できたため、河川水位がある程度低い場合には、那珂第1雨水幹線の排水能力が十分に確保できることが判明した(図20)。

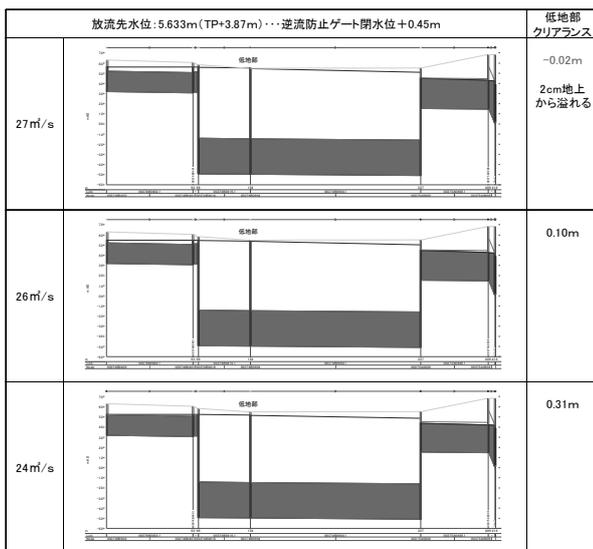


図20 那珂第1雨水幹線動水位検証

出所：著者作成

ただし、平成21年7月24日の稼働実績によると、分流ゲート前の水位は、河川水位が低いにもかかわらず、6.5m付近まで上昇しているため、水路に堆積物等が溜まっていないかなど、維持管理面でも留意する必要がある。

また、那珂第1雨水幹線下流部の低地盤箇所水位計を設置し、状態監視することも那珂第1雨水幹線流域の浸水発生の危険度を予測するうえで、有効な対策であると考えられる。

以上より、分流ゲートの倒伏条件としては、①分流ゲート前水位が6.73m以上かつ②山王放水路吐口の御笠川水位が5.183m以上(逆流防止ゲートが閉じた状態)を定量的な分流ゲートの倒伏条件として提案するとともに、③那珂第1雨水幹線下流部の低地盤箇所付近における人孔内に水位計を設置することを提案する(表11、図21)。

表11 分流ゲートの倒伏条件

| 項目    | 分流ゲート倒伏条件  |
|-------|--|
| 現状    | ・分流ゲート前水位が+6.73mで倒伏                                      |
| 変更後   | ・分流ゲート前水位が+6.73mで倒伏 かつ 御笠川水位が+5.183で倒伏                   |
| その他提案 | ・那珂第1雨水幹線低地部周辺人孔に水位計を設置<br>・倒伏条件箇所を分流ゲート前から新たに設置した水位計に移動 |

出所：著者作成



図21 分流ゲートの倒伏条件

出所：著者作成

## (2) 制水ゲートの操作条件

制水ゲートの閉水位は、山王放水路流域からの貯留量を確保できるよう比較的低い位置で設定する方が望ましいと考えられるが、ここでは現在の設定水位である+2.0m（手動）、+4.50m（自動）に加え、1.0m単位で操作水位を変化させて、シミュレーションにより各操作水位ごとに浸水量を算出し、安全性の高い水位を選定する（図 22）。

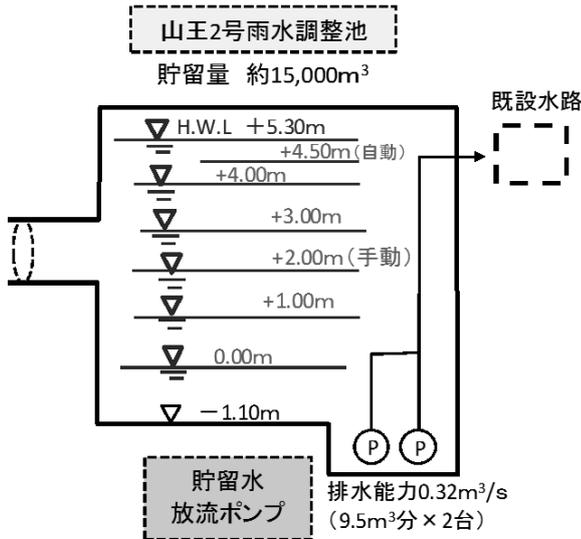


図 22 制水ゲートの検討操作水位

出所：著者作成

なお、ここでは想定し得る最大規模の降雨においても浸水被害を最小限に留められるよう想定最大規模降雨を適用した場合と山王1号雨水調整池への流入状況の確認が容易で浸水軽減効果が明確となる平成11年6月28～29日降雨を適用した場合のシミュレーションにより検証した。

想定最大規模降雨を適用した場合における制水ゲート閉水位と浸水量・貯留量の検討結果より、制水ゲート閉水位を4.5mから0.0mに下げることにより、浸水量が山王放水路流域において9,204 m<sup>3</sup>から8,629 m<sup>3</sup>へと約580 m<sup>3</sup>減少し、那珂第1雨水幹線流域において23,919 m<sup>3</sup>から24,070 m<sup>3</sup>へと約150 m<sup>3</sup>増大し、トータルとして33,123 m<sup>3</sup>から32,699 m<sup>3</sup>へと約420 m<sup>3</sup>減少することが確認できた（表 12、図 23）。

表 12 制水ゲート閉水位と浸水量・貯留量の関係  
（想定最大規模降雨）

| 制水ゲート閉水位 (m) | 浸水量 (m <sup>3</sup> ) |            |        | 貯留量 (m <sup>3</sup> ) |           |
|--------------|-----------------------|------------|--------|-----------------------|-----------|
|              | 山王放水路流域               | 那珂第1雨水幹線流域 | 計      | 山王1号雨水調整池             | 山王2号雨水調整池 |
| 4.5          | 9,204                 | 23,919     | 33,123 | 13,350                | 14,997    |
| 4.0          | 9,217                 | 23,918     | 33,135 | 13,350                | 14,997    |
| 3.0          | 9,135                 | 23,942     | 33,077 | 13,350                | 14,997    |
| 2.0          | 8,986                 | 23,977     | 32,963 | 13,350                | 14,997    |
| 1.0          | 8,841                 | 24,024     | 32,865 | 13,350                | 14,997    |
| 0.0          | 8,629                 | 24,070     | 32,699 | 13,350                | 14,997    |

出所：著者作成

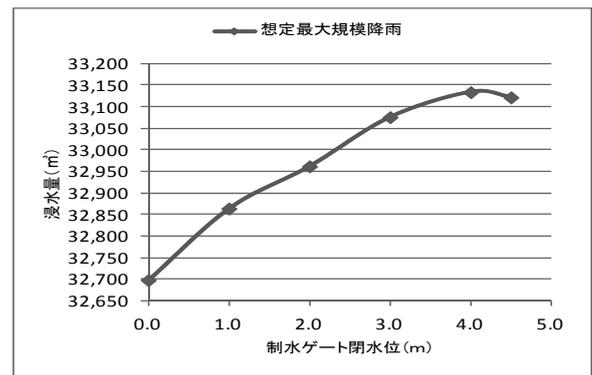


図 23 制水ゲート閉水位と浸水量の関係  
（想定最大規模降雨）

出所：著者作成

平成11年6月28～29日降雨を適用した場合における制水ゲート閉水位と浸水量・貯留量の検討結果より、制水ゲート閉水位を4.5mから0.0mに下げることにより、浸水量が那珂第1雨水幹線流域では変わらず、山王放水路流域において635 m<sup>3</sup>から460 m<sup>3</sup>へと約180 m<sup>3</sup>減少するとともに、山王1号雨水調整池の貯留量が7,156 m<sup>3</sup>から8,618 m<sup>3</sup>へと増大し、制水ゲートの閉水位を下げれば下げるほど、浸水軽減効果が向上することが確認できた（表 13、図 24）。

表 13 制水ゲート閉水位と浸水量・貯留量の関係  
（H11.6.28～29 降雨）

| 制水ゲート閉水位 (m) | 浸水量 (m <sup>3</sup> ) |            |       | 貯留量 (m <sup>3</sup> ) |           |
|--------------|-----------------------|------------|-------|-----------------------|-----------|
|              | 山王放水路流域               | 那珂第1雨水幹線流域 | 計     | 山王1号雨水調整池             | 山王2号雨水調整池 |
| 4.5          | 635                   | 605        | 1,240 | 7,156                 | 14,997    |
| 4.0          | 618                   | 604        | 1,222 | 7,348                 | 14,997    |
| 3.0          | 569                   | 603        | 1,172 | 7,787                 | 14,997    |
| 2.0          | 548                   | 603        | 1,151 | 7,954                 | 14,997    |
| 1.0          | 539                   | 603        | 1,142 | 8,212                 | 14,997    |
| 0.0          | 460                   | 603        | 1,063 | 8,618                 | 14,997    |

出所：著者作成



## 5. おわりに

本稿においては、複雑な水理現象を極力再現可能な流出解析モデルを活用して、山王雨水調整池の整備前後による浸水被害軽減効果を検証するとともに、効果的な運用方法の提案を行った結果、以下の結論を得た。

### (1) 浸水被害軽減効果の検証について

- ・山王放水路流域において相当な浸水軽減効果があり、那珂第1雨水幹線流域においては浸水軽減効果は限定的である。
- ・放流先河川の水位がH.W.L.まで上昇する場合に浸水軽減効果が大きく、河川水位が低い場合には浸水軽減効果は小さい。

### (2) 効果的な運用方法について

- ・放流先河川水位が低い場合、那珂第1雨水幹線は流下能力を十分に有していることが判明したため、分流ゲートの倒伏条件として分流ゲート前水位が+6.73mとなった場合の倒伏条件に加え、御笠川水位が+5.813mとなった場合に倒伏する条件を追加することを提案した。
- ・制水ゲートの閉水位について、制水ゲート閉水位を下げた場合に効果的な浸水軽減に寄与することが判明したため、山王2号雨水調整池内水位が+4.5mで制水ゲートが閉じていたものを+0.0mで閉じるように変更することを提案した。

以上のとおり、効果検証と運用方法の提案を行ったものの、検証に用いた降雨は、計画降雨や過去の実績降雨であり、これらと同じ降雨が降る訳ではなく、仮に類似した降雨が降ったとしても、雨水の挙動は複雑であり、実情は計画どおりの流量が流出する訳ではない。

そのため、自動運転のルール化は必要であるが、最終判断は管理者の経験によるところも多い。

今後は、水位・流量観測点を増やすなどして、本流域全体の雨水の流れを把握し、今回提案したルールが有用なものであるかを検証するとともに、運転ルール変更に伴い、浸水被害軽減の一助になれば幸いである。

山王雨水調整池は、野球場を雨水調整池として活用することにより、都心部における公園と融合した

浸水対策施設として平成23年度の第4回国土交通大臣賞「循環のみち下水道賞」を受賞するなど、全国的にも非常に高い評価を受けた施設である。

今後は、今回得られた知見等をもとに、施設の有効活用を行い、市民と一体となってこれまで以上に安全で快適なまちづくりを進めていきたいと考えている。

最後に、山王雨水調整池等の整備後には顕著な浸水被害は発生しておらず、豪雨の度に適切な運転により、街の安全を守ってくれている博多駅東ポンプ場の運転管理者の皆さまおよび今回、流出解析を担当した株式会社日建技術コンサルタントの合田吉孝氏、柴田靖氏に謝意を表明して結びとする。

## 参考文献

- (1) 津野孝弘：博多駅周辺における浸水対策について「雨水整備レインボープラン博多」について。下水道協会誌，Vol.51 No.620，pp.25-27，2014.
- (2) 福岡市下水道局：博多駅周辺地区の浸水対策について。2003.
- (3) 財団法人 下水道新技術推進機構：流出解析モデル利活用マニュアル。p.4，2006.
- (4) 国土交通省都市・地域整備局下水道部：下水道総合浸水対策計画策定マニュアル(案)。pp.1-12，2006.