

平戸永谷川流域における雨水調整池の 治水効果について

FLOOD CONTROL BENEFITS OF RAINWATER STORAGE FACILITIES IN THE HIRATONAGAYA RIVER BASIN

谷口 丞¹・仲澤 克彦²・森田 真郷³

Susumu TANIGUCHI, Katsuhiko NAKAZAWA and Masato MORITA

¹正会員 工修 横浜市道路局河川部河川計画課 (〒231-0017 横浜市中区港町1-1)

²非会員 横浜市道路局河川部河川計画課 (〒231-0017 横浜市中区港町1-1)

³非会員 工修 横浜市道路局河川部河川計画課 (〒231-0017 横浜市中区港町1-1)

The purpose of this study is to clarify it quantitatively about flood control benefit of rainwater storage facilities. Specifically, we performed water level observation in the river and rainwater storage facilities of the Hiratonagaya river basin in Yokohama city, and we built rainfall-runoff and flood flow analysis model using these observation water level, and we grasped a change of flow of a river by having rainwater storage facilities or not, and we arranged decrement of flow of a river by rainwater storage facilities.

As a result of examination, we were able to arrange it quantitatively about flood control benefit of rainwater storage facilities. On the other hand, we understood that quantity of flow quantity reduction in the rain peak hour decreased in backward intensive rain model and local heavy rain model.

Key Words : *comprehensive flood control, rainwater storage facilities, runoff analysis, urban river*

1. はじめに

横浜市は、我が国の経済が大きく成長する昭和30年代から、人口が急増し、市街化が急速に進んだ。そのため、市内で保水、遊水機能が低下することで、雨水の流出量が増大し、浸水被害が立て続けて発生する事態となった¹⁾。これに対して横浜市は、全国に先駆けて、雨水の流出を抑制する雨水調整池などの流域対策と河道改修などの河道対策を合わせた総合的な治水対策を積極的に推進してきた。この結果、平成24年度末で市内の雨水調整池は4,817箇所に整備され、その総容量は3,886,902m³となった。しかし、雨水調整池の治水効果について定量的な検証が行われていないため、総合治水対策の効果が不明瞭な状態となっている。水害に強い都市を目指して今後の施策展開を図っていくためには、雨水調整池などの貯留による効果を実測、確認し、数値的に示す必要がある²⁾。

本報告は、総合治水対策計画に基づき計画降雨量

50mm/hの整備が完了し、平成23年4月に神奈川県から権限移譲を受けた平戸永谷川及びその流域を対象に雨水調整池の治水効果を定量的に評価することを目的とする。

具体的な評価手法としては、河道及び雨水調整池に設置した水位計の観測データを整理し、洪水時における河道と雨水調整池の水位変動を把握する。次に、それらのデータを活用して降雨流出解析モデルと河道水理解析モデルを構築する。これらのモデルを用いて、総合治水対策計画における計画高水流量を検証する。さらに、雨水調整池の有無による河道流量の変化を整理し、実績洪水における雨水調整池の治水効果を定量的に把握する。

また、雨水調整池には、公共機関が管理している公共対策と民間事業者が開発条例に基づき設置した民間対策があるため、公共対策と民間対策の効果について、それぞれ評価を行う他、近年多発する計画規模を上回る局地的大雨について雨水調整池の効果と課題を検討する。

2. 平戸永谷川及び流域の概要

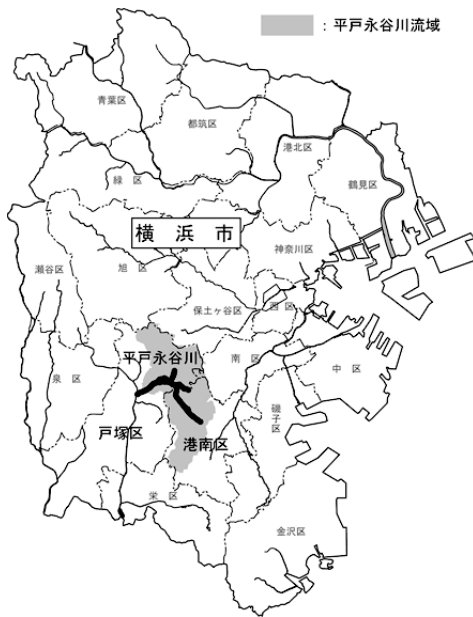


図-1 平戸永谷川の位置図

平戸永谷川は、図-1に示すように横浜市港南区上永谷町に源を発し、同市戸塚区内を流下し、阿久和川と合流し、柏尾川となる流域面積15.2km²、流路延長4.92kmの二級河川である。流域内は宅地開発等による市街化が進み、平成15年度の土地利用別面積における市街化率は、約80%に達している。

治水対策については、昭和50年代から計画降雨規模を39.0mm/h、流出係数を0.6として暫定計画が策定され、河道改修を行ってきた。しかし、市街化の進行による流出量の増加によって実質的な治水安全度が低下し、河道改修のみで浸水被害を防止するのが困難な状況であった。そこで、雨水調整池など雨水の流出を抑制する流域対策と河道改修を合わせて行う総合治水対策によって暫定計画における計画降雨を中央集中型50mm/hにレベルアップした。因みに、暫定計画の流域対策量（貯留量）は、266,800m³である。これは、流域対策量約6,000m³で河道流量1m³/sを低減することを想定した計画である。

流域対策の実績は、雨水調整池が図-2に示すように237箇所に整備され、その総容量は、266,863m³であり、暫定計画における流域対策量を満たした状況である。なお、流域の雨水調整池は、公共対策量が98,578m³、民間対策量が168,285m³であり、流域対策量の大部分が民間対策であり、民間事業者への行政指導のもと浸水被害を軽減している一面がある。

3. 河道及び雨水調整池における水位観測

図-3には、河道における水位観測所の位置を示す。雨水調整池については、図-2に示す野庭第二雨水調整池、下永谷住宅雨水調整池で水位観測を行った。横浜市

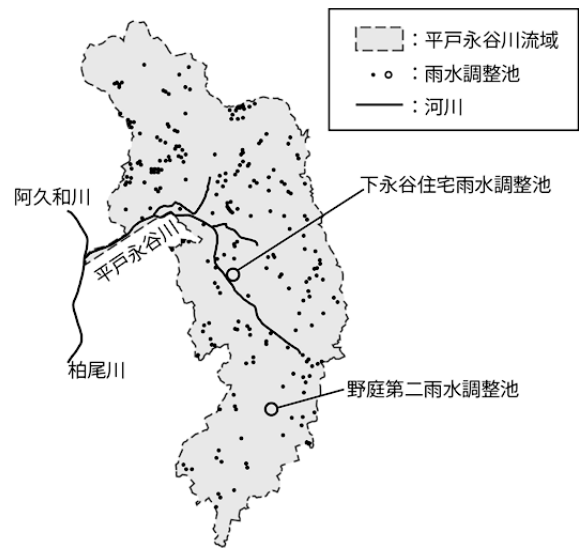


図-2 雨水調整池の整備状況

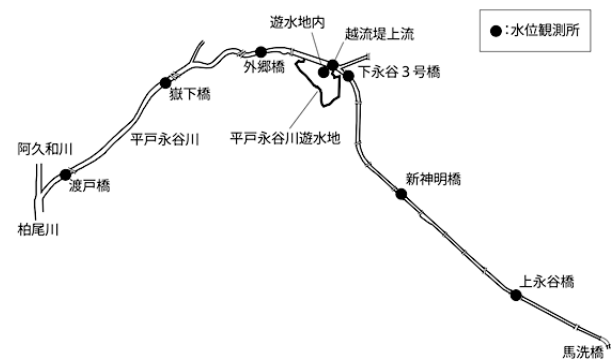


図-3 水位観測所位置図

表-1 雨水調整池の基本諸元

基本諸元	野庭第二	下永谷
集水面積(ha)	43.43	4.21
貯水容量(m ³)	37,553	2,278
規模(m ³ /ha)	865	541
オリフィス(Φmm)	510	175

では、水防災情報システムを平成17年度に構築し、河道水位の監視を行ってきた。平戸永谷川では、獄下橋、外郷橋、下永谷3号橋の3箇所で水位の監視を行い、また、平成19年度から、中流域に整備した平戸永谷川遊水地の越流堤上流、遊水地内の2箇所を追加した。加えて平成23年度から、洪水時の水位を観測することを目的に渡戸橋、新神明橋、上永谷橋の3箇所で水位観測を行った。河道内の合計8箇所で水位観測を行うことによって、洪水時の水位を縦断的かつ時系列で把握する体制を構築した。雨水調整池については、既設水位計がある野庭第二雨水調整池、下永谷雨水調整池で観測を行った。両雨水調整池の基本諸元を整理すると表-1のとおりである。

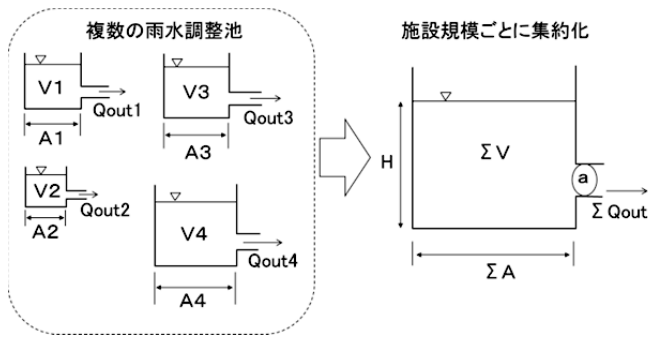


図-4 雨水調整池集約化のモデル図

4. モデルの構築

(1) モデルの概要

実績洪水における河道水位を再現するため、降雨流出解析モデルと河道水位解析モデルを構築する。降雨流出解析モデルには、複数の雨水調整池による貯留効果が考慮できる準線形貯留型モデルを採用する。雨水調整池は、各小流域について施設規模毎に複数の雨水調整池を一つの池に集約し、モデルに組み込んだ。雨水調整池の集約化の概要を図-4に示す。ここで、施設規模とは雨水調整池の集水面積1haあたりの貯水容量(m^3)であり、 $0\text{m}^3/\text{ha} \sim 900\text{m}^3/\text{ha}$ 以上について $100\text{m}^3/\text{ha}$ 毎に10区分して集約化を行う。集約化は次式にしたがって行う。ここに、 H ：水深、 V ：貯水容量、 A ：面積、 a ：オリフィス径、 Q_{out} ：最大放流量、 C ：流量係数（0.6）である。

$$H = \sum V / \sum A \quad (1)$$

$$a = \sum Q_{out} / C / \sqrt{2gH} \quad (2)$$

河道水位解析モデルには、雨水調整池による雨水流出抑制効果及び平戸永谷川遊水地における洪水調節効果を考慮するため、流量の伝搬が考慮できる1次元不定流計算モデルとした。

(2) 流域定数の設定

野庭第二雨水調整池及び下永谷雨水調整池を対象に降雨流出解析を行って準線形貯留型モデルに用いる市街地の流域定数を設定する。市街地に着目した理由は、流域の約80%を市街地が占めるからである。検証材料は、両雨水調整池において観測された貯水量とする。対象洪水は、近年で規模が大きい時間雨量 $30\text{mm} \sim 50\text{mm}$ の8洪水を対象とした。貯水量について観測値と計算値を比較すると図-5のとおりである。設定した流域定数を整理すると表-2のとおりである。参考として市街地以外の流域定数も表に整理した。市街地以外の流域定数は、総合治水対策計画で用いた定数である。図-5より、観測値

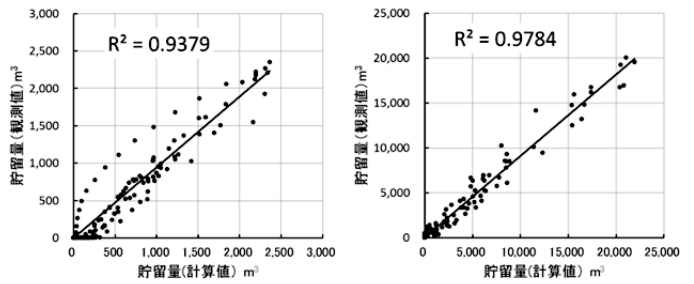


図-5 雨水調整池における貯水量の検証結果
(左：下永谷雨水調整池、右：野庭第二雨水調整池)

表-2 設定した流域定数

流域定数	市街地	水田	畑	山林
一次流出率 f_1	0.7	0.0	0.3	0.3
飽和雨量 $R_{sa}(\text{mm})$	55~150	50	300	150
飽和流出率 f_{sa}	1.0	1.0	1.0	1.0
土地利用形態によって定まる係数 C	200	1100	500	700

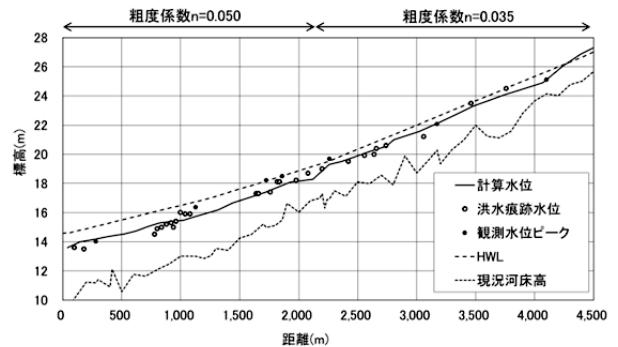


図-6 粗度係数の推定 (H25. 9. 15洪水)

と計算値の決定係数 R^2 が0.9以上であることから、降雨流出解析モデルは観測値を良く再現しているといえ、流域定数の設定値は適当といえる。

(3) 粗度係数の設定

洪水痕跡水位調査の結果を基に粗度係数を推定する。洪水痕跡水位調査は、平成25年9月15日の洪水後に行った。当河川はコンクリート護岸で整備されており、痕跡が残りにくいので、明確な痕跡のみ計測した。粗度係数を推定すると平戸永谷川遊水地下流が概ね0.050、同上流が0.035となった（図-6参照）。当該河川は植生が繁茂していることから、植生の倒伏状況によって粗度係数が変動するため、モデルの検証では、観測水位に合うように、推定値を基準として粗度係数の微調整を行った。

(4) モデルの検証

近年の洪水で水位が高いH22.9.8洪水とH25.10.15の2洪水を対象にモデルの再現性の検証を行った。両洪水とも

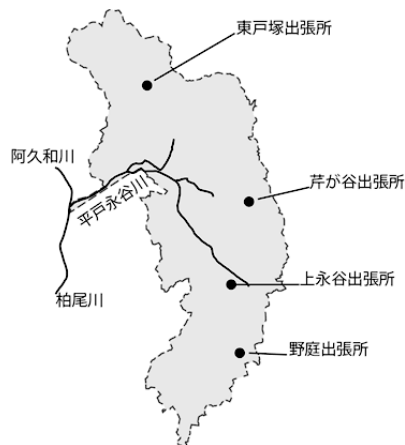


図-7 降雨量観測所位置図

表-3 観測された降雨量

出水日時	時間降雨量(mm/h)			
	荻が谷出張所	野庭出張所	上永谷出張所	東戸塚出張所
H22.9.8洪水	39.5	50.0	47.5	15.5
H25.10.15洪水	41.5	43.5	47.0	39.0

台風の接近によって時間降雨量が40mm～50mmを記録し、平戸永谷川の各水位観測所でHWL付近まで水位が上昇した。降雨量については、横浜市消防局が管理する東戸塚出張所、上永谷出張所、荻が谷出張所、野庭出張所の観測降雨量を用いた。各雨量観測所の位置を図-7に、観測された時間降雨量を表-3に示す。なお、降雨波形は、それぞれH22.9.8洪水が中央集中型、H25.10.15洪水が後方集中型に似た形状をしている。

図-8には、H22.9.8洪水について嶽下橋、下永谷3号橋における観測水位と計算水位を示す。また、図-9には、水位縦断面図を示す。同様に、図-10にH25.10.15洪水における嶽下橋、下永谷3号橋の観測水位と計算水位を示し、図-11には水位縦断面図を示す。

図-8～図-11より、観測値と計算値についてピーク水位及びピーク付近の水位ハイドロ形状は概ね一致している。また、水位縦断面も概ね一致している。モデルの再現性は良好といえる。図-10より、H25.10.15洪水の初期で水位が低い箇所では、計算値が観測値より低くなる箇所が存在する。これは、現地の写真より、H22.9.8からH25.10.15にかけて植生繁茂の範囲が広がっており、そのため、粗度係数が高くなり、計算値が観測値より低くなったと考えられる。以上より、水位が低い状態では植生粗度の影響により、再現性は低くなるが、水位が高いたとでピーク水位及びハイドロ形状の再現性は良く、また、水位縦断面の再現性も良好であることから、モデルの信頼性は高いといえる。

5. 雨水調整池における治水効果の検証

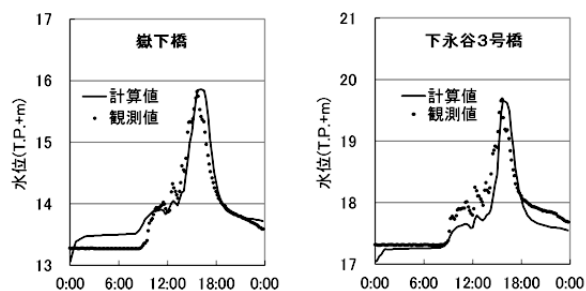


図-8 水位ハイドロの比較 (H22.9.8洪水)

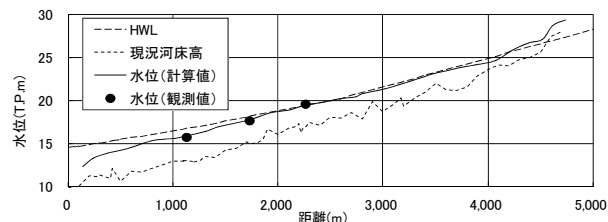


図-9 水位縦断面図 (H22.9.8洪水)

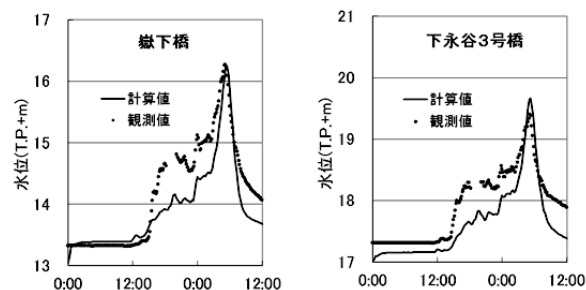


図-10 水位ハイドロの比較 (H25.10.15洪水)

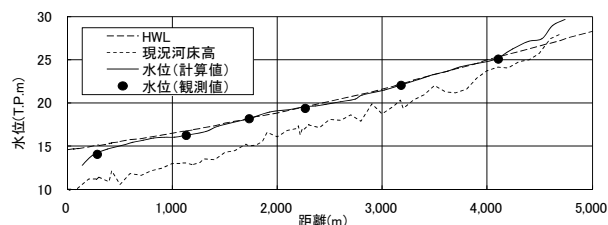


図-11 水位縦断面図 (H25.10.15洪水)

(1) 総合治水対策計画の評価

平戸永谷川は、暫定計画を時間降雨量50mmとし、雨水調整池など流域対策を含めた総合治水対策計画による整備が終了した河川である。しかし、計画降雨に対して想定どおりの流量が河道を流れるか、確認がなされていない。そこで、構築したモデルを用いて総合治水対策計画における計画高水流量の検証を行う。

表-3より、H22.9.8洪水では、野庭第二雨水調整池で時間降雨量50mm、上永谷雨水調整池で時間降雨量47mmを記録している。これより、平戸永谷遊水地上流域で概ね計画降雨に近い降雨があったことがわかる。H22.9.8洪水について、平戸永谷川遊水地上流の流量を計算した。図-12に計画値と計算値の流量を示す。図-12より、計画値と計算値は概ね一致しており、総合治水対策計画における計画高水流量は適当といえる。

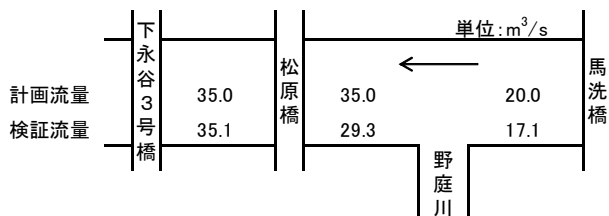


図-12 流量配分図 (H22. 9. 8洪水)

(2) 雨水調整池の治水効果

構築したモデルを用いて、検証対象である実績2洪水について雨水調整池による河道流量の低減量を把握する。

H22.9.8洪水における柏尾川合流点の流量ハイドロ計算結果を図-13に示す。また、平戸永谷川遊水地上流に位置する下永谷3号橋の流量ハイドロ計算結果を図-14に示す。図-13より、H22.9.8洪水における柏尾川合流点の流域基本高水流量は $111\text{m}^3/\text{s}$ 、洪水流量が $80\text{m}^3/\text{s}$ である。これより、雨水調整池及び平戸永谷川遊水地が無ければ計画高水流量 $105\text{m}^3/\text{s}$ を超える流量が河道を流れたことになる。次に、公共対策による流出抑制のみを考慮した基本高水流量（公共）は $100\text{m}^3/\text{s}$ 、公共対策及び民間対策による流出抑制を考慮した基本高水流量（公共＋民間）は $88\text{m}^3/\text{s}$ である。公共対策によって $11\text{m}^3/\text{s}$ 、民間対策によって $12\text{m}^3/\text{s}$ 、公共対策と民間対策を合わせた雨水調整池全体によって $23\text{m}^3/\text{s}$ の流量が低下したことになる。この低下量は、流域基本高水流量 $111\text{m}^3/\text{s}$ に対して約20%であり、雨水調整池が治水対策に果たす役割が大きく、効果量の約半分が民間対策によるものであることがわかる。また、雨水調整池全体の貯水量が $266,800\text{m}^3$ であるので、流域での貯水量約1万 2km^3 で河道流量を 1m^3 低下させたことになる。図-14より、平戸永谷川遊水地上流の下永谷3号橋に着目すると、雨水調整池における流量低減量は $14\text{m}^3/\text{s}$ である。下永谷3号橋上流域における雨水調整池全体の貯水量は $156,000\text{m}^3$ であるので、約1万 1km^3 で河道流量を 1m^3 低下させたことになる。これより、H22.9.8洪水では雨水調整池の貯留量1万 1km^3 ～1万 2km^3 に対して河道流量を 1m^3 低下させたことになる。

次に、H25.10.15洪水について、雨水調整池の効果を把握する。図-15には、図-13と同様に柏尾川合流地点における流量ハイドロの計算結果を示す。流域基本高水流量は $142\text{m}^3/\text{s}$ 、基本高水流量（公共）は $138\text{m}^3/\text{s}$ 、基本高水流量（公共＋民間）は $133\text{m}^3/\text{s}$ である。公共対策による流量低減効果は $4\text{m}^3/\text{s}$ であり、公共対策と民間対策を合わせた流量低減効果は $9\text{m}^3/\text{s}$ となる。H22.9.8洪水と比べて雨水調整池の流量低減効果が小さいことがわかる。表-4には、モデルによって推定される雨水調整池の貯水状況をもとにして降雨ピーク前に満水となった雨水調整池の数の割合を整理する。これより、H22.9.8洪水では、多くの雨水調整池が満水となることなく流出抑制機能が有効に働いたことがわかるが、H25.10.15洪水では、

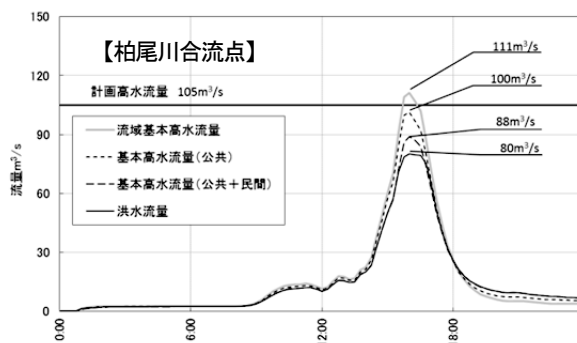


図-13 流量ハイドロ計算結果 (H22. 9. 8洪水)

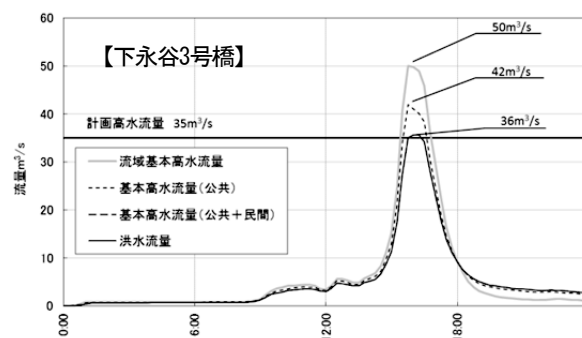


図-14 流量ハイドロ計算結果 (H22. 9. 8洪水)

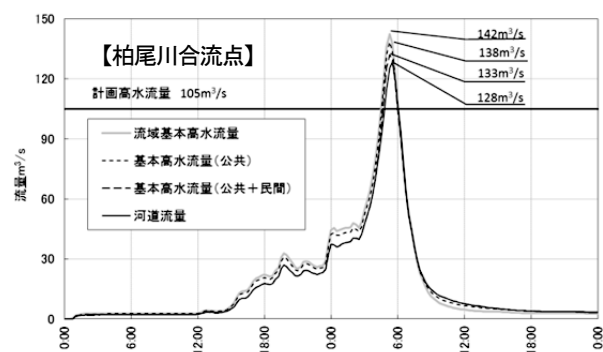


図-15 流量ハイドロの計算結果 (H25. 10. 15洪水)

表-4 降雨ピーク前に満水となった
雨水調整池の数の割合

	雨水調整池の規模(m^3/ha)									
	0 -100	100 -200	200 -300	300 -400	400 -500	500 -600	600 -700	700 -800	800 -900	900 以上
H22.9.8洪水	100%	71%	45%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
H25.10.15洪水	100%	100%	100%	93%	100%	97%	100%	96%	13%	57%

多くの雨水調整池で降雨ピーク前に満水状態となり、降雨ピーク時の流出抑制量が少なくなったと推定される。図-16は、H25.10.15洪水における下永谷雨水調整池の貯水状況と上永谷出張所の観測降雨である。下永谷雨水調整池の規模は $541\text{m}^3/\text{ha}$ であり、中規模の雨水調整池である。図-16より、降雨ピーク時に貯水量が計画貯水量

を超えて満水状態となったことがわかる。つまり、実際の雨水調整池でも満水状態であったことがわかる。
H25.10.15洪水は、計画降雨量50mm/h以下の洪水であり、降雨ピーク前に10mm/h～20mm/h程度の降雨が12時間継続した後47mm/hの降雨が作用し、降雨が止む後方集中型の降雨波形である。このような後方集中型の降雨では、計画規模以下の降雨でも雨水調整池が満水状態となり、降雨ピーク時の流出抑制量が減少する場合がある。

（3）局地的大雨における雨水調整池の治水効果

時間降雨量100mm規模の局地的大雨における雨水調整池の効果と課題を把握する。使用する降雨は平戸永谷川の流域外であるが、横浜市内の瀬谷消防署で記録した1時間平均102mmの降雨を用いる。H23.8.19洪水の観測降雨を図-17に示す。

図-18にモデルで計算した柏尾川合流点における流量ハイドロの計算結果を示す。図-18より、この洪水の流域基本高水流量は268m³/sであり、基本高水流量（公共）が251m³/s、基本高水流量（公共＋民間）が225m³/sである。公共対策による流量低減効果は17m³/sであり、公共対策と民間対策を合わせた流量低減量は43m³/sである。平戸永谷遊水地に洪水調節効果を考慮した洪水流量は214m³/sである。これは、計画高水流量105m³/sの約2倍の流量であるが、表-5のとおり500m³/ha以下の規模が小さい雨水調整池で降雨ピーク前に満水状態となったことが影響している。このように時間降雨量100mm規模の局地的大雨の場合、規模の小さい雨水調整池で降雨ピーク前に満水となり、河道流量が増加することが推定される。

6. まとめ

本報告の成果についてまとめると以下のとおりである。

- 1) 計画50mm/hの降雨に対して概ね計画どおりの流量が河道を流れることを確認した。これより、総合治水対策計画における計画高水流量が適当であることが確認できた。
- 2) H22.9.8洪水について雨水調整池の流量低減量を検証し、雨水調整池約1万1千m³～1万2千m³に対して河道流量が1m³減少することがわかった。これは計画値6千m³より大きい。この要因は降雨分布が異なるためと考えられる。また、流域基本高水流量に対して雨水調整池の流量低減量は約20%であり、その半分が民間対策であることが確認された。
- 3) 一方、後方集中型の降雨及び局地的大雨では、多数の雨水調整池が降雨ピーク前に満水となるため、降雨ピーク時の洪水抑制量が減少し、雨水調整池による河道流量の低減効果が小さくなる。
- 5) 今後は、後方集中型や局地的大雨における降雨ピーク時の流出抑制量を増加するため、雨水調整池のオ

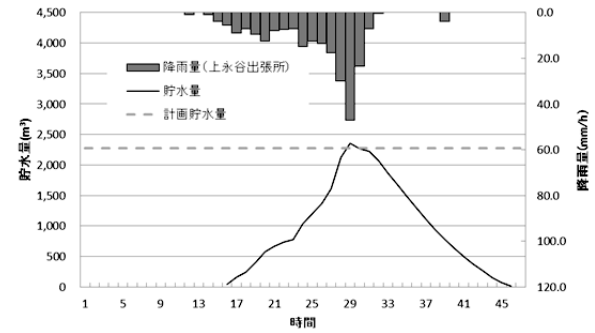


図-16 下永谷雨水調整池における貯水状況
(H25. 10. 15洪水)

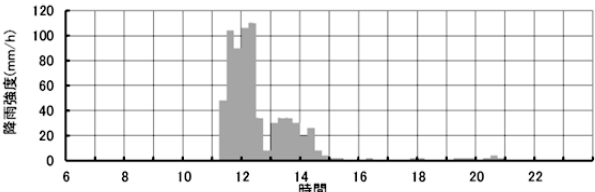


図-17 観測降雨（H23. 8. 19洪水 瀬谷消防署）

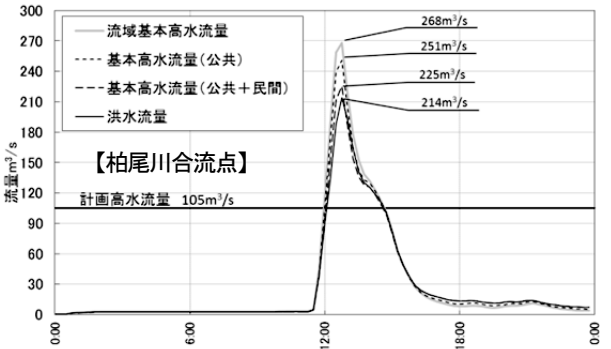


図-18 流量の時間変化（H23. 8. 19洪水）

表-5 降雨ピーク前に満水となった雨水調整池の数の割合（H23. 8. 19洪水）

	雨水調整池の規模(m³/ha)									
	0 -100	100 -200	200 -300	300 -400	400 -500	500 -600	600 -700	700 -800	800 -900	900 以上
H23.8.19洪水	100%	100%	100%	93%	100%	45%	2%	0%	0%	0%

リフィス等の改良について検討する必要がある。
最後に、本報告では雨水調整池の治水効果を数値的に示し、また、その課題を整理した。特に、河道改修が困難な都市部で雨水調整池は治水上重要な施設であり、恒久的に機能を保持し、維持管理していく必要がある。

参考文献

- 1) 安田邦彦：横浜市における雨水貯留浸透事業の取組，水循環貯留と浸透，公益社団法人雨水貯留浸透技術協会，vol82,pp.15-19,2011.
- 2) 福岡捷二：特定都市河川浸水被害対策法～期待するもの，河川，公益社団法人日本河川協会，70巻1号,pp.14-17,2014
(2014. 4. 3受付)