

数値解析を用いた仮想遊水地の 洪水調節効果に関する検討

渡邊 奈々恵¹・川池 健司²・中川 一³

¹学生会員 京都大学大学院工学研究科 修士課程 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1-1-208)

E-mail: watanabe.nanae.27a@st.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学准教授 防災研究所(〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖東ノ口)

E-mail: kawaike.kenji.5n@kyoto-u.ac.jp

³フェロー会員 京都大学教授 防災研究所(〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖東ノ口)

E-mail: nakagawa@uh31.dpri.kyoto-u.ac.jp

旧巨椋池地域・八幡市のそれぞれに仮想遊水地を設置した場合の越流シミュレーションを行い、遊水地より下流地域への洪水調節効果について試算した。この際越流堤標高・越流堤幅の要素を変化させ、洪水調節効果を比較した。淀川・桂川の水位が計画高水位を上回り危険な状態であった2013年台風18号において越流シミュレーションを行った結果、最も水位を低減することのできた組み合わせである越流堤標高13.0m越流堤幅150mの旧巨椋池地域の仮想遊水地では、最大0.804mの水位低減効果により淀川のあらゆる地点において水位を計画高水位より低下させることが期待できる。このように流域内で計画的に遊水地を整備することは有効な超過洪水対策になり、流域全体を有効に活用した治水方策を流域の開発計画に取り入れることが必要と考える。

Key Words : *retarding basin, flood control, river basin management numerical model, overflow levee,*

1. はじめに

(1) 背景と目的

現在の河川整備計画は、ダムや現況河道などの洪水を河道から溢れさせずに流下させるという治水方針に基づいている。しかし、気候変動により降雨量は今後更に増え、現在の河道計画の対象を超過する降雨や計画とは異なるパターンの降雨が懸念されている。

現在の計画規模に対する改修が終わったとしても、現在の治水方針のみでこれに対応することは難しい。氾濫することを前提に考えてさらに下流の大規模な氾濫をうまく制御させる遊水地のような治水方法を既存の施設と合わせて柔軟に使用することが必要であると考えられる。

遊水地とは、一定水位に達した時点で洪水流を越流堤から意図的に横越流させ洪水調節を行うものである。ピーク流量・水位を下げるといった洪水調節ができ、特に短時間集中豪雨に効果的である。ただし遊水地計画の際には、用地買収にかかる補償費用が莫大であること、場合によっては住居移転が必要となること、貯留した水の排水が難しいこと等の問題がネックとなっている。

将来的な人口や農家の減少を踏まえると土地利用を規

制することで遊水地を整備し、下流の大規模な氾濫を制御するなど、流域全体を有効に活用した治水方策を流域の開発計画に取り入れることが必要と考える。

そこで本研究の目的は、旧巨椋池地域・八幡市のそれぞれに仮想遊水地を設置し、遊水地より下流地域への洪水調節効果の評価を行いその必要性を確認することとする。仮想遊水地設置位置は堤防強化前の1953年に外水氾濫により水没した過去を持つ淀川流域の三川合流部付近を選択し、対象降雨は計画規模を超えた2013年台風18号出水時とする。またより実現可能性があり、より効果の高い遊水地を仮想するために、越流過程に関わる要素として越流堤幅、越流堤標高を考え、より少ない貯水容量で効果的に洪水調節をできる各要素の考察を試みる。

(2) 既存の研究

まず遊水地における数値解析に関する研究では、大型模型に頼らずに数値解析での洪水の再現を目指すものがある。実在の遊水地において出水時の実測値と解析値を比較したものとして福岡ら¹⁾や秋山ら²⁾³⁾の研究があげられる。また、未設遊水地への洪水調節評価・検討方法の開発として模型実験の値と解析値を比較したものとして

秋山ら⁴⁾の研究があげられる．このように既存の研究は解析方法の開発に留まっている．

また、遊水地の必要性に関する研究としては、上野⁵⁾や島谷ら⁶⁾の研究があげられる．上野の研究は、日本における治水の歴史を踏まえて、氾濫することを前提に考えた治水方法を現在の方法と合わせて使用することの必要性を訴えたものである．また島谷らの研究は、流域治水の必要性が訴えられており、その中で流出抑制の目標値を達成するために特に遊水地における調節地の設置は効果が高く、迅速な実施が望まれるとしている．しかし、特定地域の具体的な洪水調節効果にまで言及したものは見られない．

2. 遊水地設置場所・対象降雨の概要

(1) 仮想遊水地設置場所の選定

淀川水系は下流部の大阪市域を核として関西地方の社会・経済・文化の基盤を有している．その為、治水事業の意義は大きく、明治時代からダム建設、浚渫や河道改修を行ってきた．そして現在も淀川水系河川整備計画に基づき整備が進められている．しかし災害外力は今後益々大きくなり、現在の整備計画の計画規模を超える降水、または異なるパターンの降水が予測されている．本論では図-1のように、京都府の旧巨椋池地域と八幡地域(八幡市の農業地域)を仮想遊水地設置の対象地とした．これら2地域の接する宇治川、桂川、木津川の三川合流部付近は、淀川水系の中流部に位置し、堤防強化前の1953年に淀川の満水により木津川・桂川が宇治川に逆流し始め、向島付近で堤防が決壊したため水没した過去を持つ．

これらのことや大阪市の上流に位置することから、遊水地を設置したと仮定すると有効な洪水調節効果の発揮が期待できる．

また、遊水地設置の際には主に用地の確保・貯水後の排水方法が問題となるが、今回の対象地の主な土地利用は、どちらも農地である．また、旧巨椋池地域内では古川が宇治川に、八幡地域内では大谷川が木津川に合流しており、どちらもポンプにより排水している．これらの事から、将来的な人口減少や農家減少を見据えると遊水地設置へのハードルは比較的低いと考えられる．

以上の理由から、仮想遊水地設置場所を選定した．

(2) 対象降雨の概要

現在の計画規模を上回る降水の例として、解析範囲内での各水位観測所(図-1)での観測値(表-1)のように計画高水位を超えた地点があった2013年台風18号を採用した．

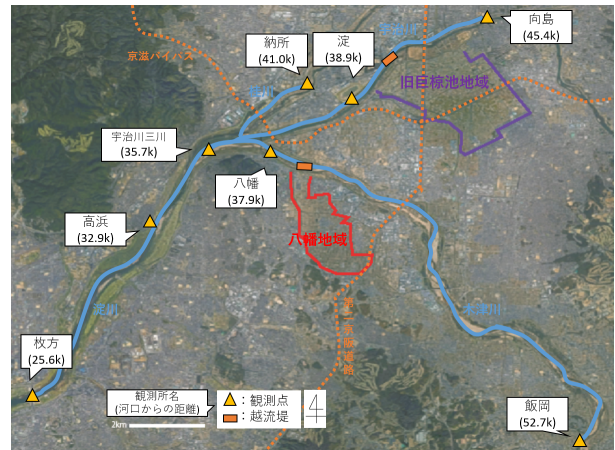


図-1 三川合流部周辺の概要

表-1 2013年台風18号時の観測点における水位概要

観測所名	向島	淀	飯岡	八幡	納所	宇治川三川	高浜	枚方
計画高水位(m)	17.0	16.6	28.8	17.7	16.6	16.5	15.5	13.2
最高水位(m)	17.4	16.9	27.1	16.9	17.5	16.0	14.8	11.4
超過継続時間(hr)	5.0	4.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0

補足：水位、標高は以降全てOPを基準とする

表-2 計算時設定パラメータ

	対象地域	越流堤幅	越流堤標高	周囲堤標高
Case1	旧巨椋池	100m	13.0m	18.9m
			14.0m	
			15.0m	
			16.0m	
Case2	旧巨椋池	150m	13.0m	18.9m
			14.0m	
			15.0m	
			16.0m	
Case3	八幡	100m	14.0m	20.9m
			15.0m	
			16.0m	

3. 解析モデル

解析モデルは国土交通省の破堤モデル⁷⁾を参考にしたものであり、河川の一次元解析と遊水地内の二次元氾濫解析を同時に行い越流流量で連結して進める．破堤部分を固定値とすることで越流堤に置き換え、標高データの一部を高く変更することで周囲堤を表現している．

河川には連続式と運動方程式を用いて、特性曲線法によって一次元不定流解析を行っている．遊水地内の計算は、デカルト座標系による越流水の拡がり及び伝搬を表す連続式と運動量式を基礎式とする．河川と遊水池内の計算をつなぐ越流流量は越流公式より算出する．

4. 対象地への適用

前節の解析モデルを旧巨椋池地域と八幡市の農業地域に適用する．計算の際表-2の通りにケース分けし、各パラメータを設定した．ただし計算にあたって、遊水地の

表-3 使用データ一覧

	範囲	データ名	情報元
地理情報	河川計算断面	河川横断面座標データ	国土交通省提供図より作成
	旧巨椋池地域、八幡地域	標高データ	国土地理院
	河川計算断面、旧巨椋池地域、八幡地域	粗度係数	キャリブレーションより決定
境界条件	河川上流端	実績流量ハイドログラフ	国土交通省
	河川下流端	実績水位ハイドログラフ	国土交通省
初期値	河川計算断面	流量、水位	キャリブレーションより決定

表-4 各観測所におけるピーク水位

観測所名	実測値(m)	計算値(m)	(実測値)-(計算値)(m)
向島	17.4	17.4	0.076
飯岡	28.4	28.4	0.018
納所	17.5	17.4	0.089
宇治川三三川	16.0	16.0	-0.054
淀	16.9	16.6	0.277

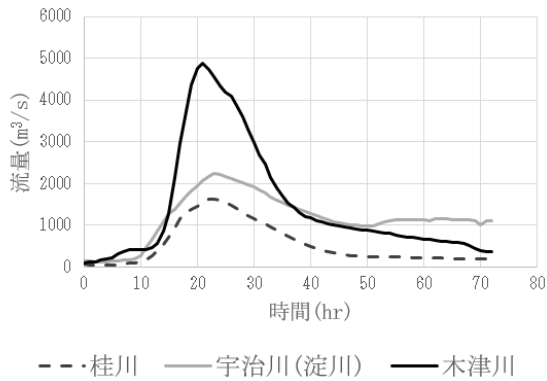


図-2 実績流量ハイドログラフ

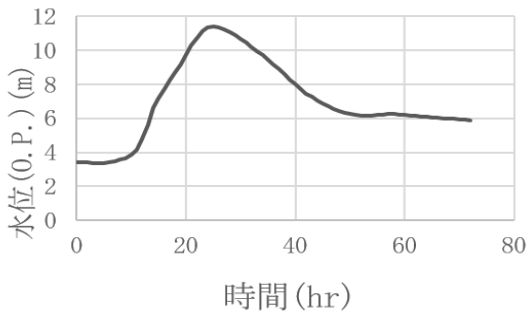


図-3 実績水位ハイドログラフ

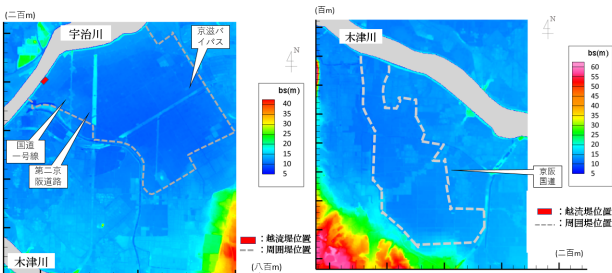


図-4 解析範囲・標高図(旧巨椋池地域：左，八幡地域：右)

表-5 解析結果概要

設定値		解析結果					
越流堤幅	設置地域	越流堤標高(m)	必要周囲堤(m)		最大水位低減高(m)	水位低減高(m)(木津川合流地点)	貯水容量(千m³)
			標高	高さ			
Case1 100m	旧巨椋池	13.0	15.3	6.2	0.61	0.30	28,887
		14.0	14.5	5.3	0.47	0.22	23,538
		15.0	12.4	3.2	0.25	0.12	9,937
		16.0	10.4	1.3	0.08	0.03	2,009
Case2 150m	旧巨椋池	13.0	16.5	7.4	0.80	0.40	36,880
		14.0	15.2	6.1	0.63	0.30	28,393
		15.0	13.0	3.8	0.34	0.16	13,609
		16.0	10.6	1.5	0.11	0.05	2,820
Case3 100m	八幡	14.0	16.3	5.3	0.38	0.25	9,405
		15.0	15.9	5.0	0.19	0.13	8,422
		16.0	13.8	2.9	0.07	0.04	2,216

設置は一か所ずつとし、周囲堤標高を越流堤位置の河川堤防高と設定している。これは計算後に必要な周囲堤標高を知るために、過剰に大きい値としたためである。適用にあたり用意したデータの一覧が表-3である。

河川粗度係数を決定するにあたり、各観測所におけるピーク水位と計算におけるピーク水位が近い値となるようにキャリブレーションを行った。その結果が表-4であり、最大で0.277mの誤差がある。遊水地の粗度係数については土地利用を参考に決定した。

(1) 河川の解析条件

淀川流域の三川合流地点の洪水流を解析するにあたり、解析対象区間は、宇治川は向島、桂川は納所、木津川は飯岡から三川合流の後、枚方までとし(図-1青線部)、河川計算断面を200m間隔で221個に設定した。

(2) 遊水地の解析条件

a) 旧巨椋池地域における仮想遊水地について

DEM(数値標高)データは10mメッシュでx軸方向に477、y軸方向に364、計173,628個の格子とした。周囲堤は、土地利用と標高を参考にして図-1紫線のように決定し、周長9594m、面積6,784,814m²であった。また、1953年台風13号による破堤位置を参考にし、河口より41.6kp地点に越流堤を設定した。本論では第二京阪道路の通路には水が通り抜けるとし計算を行っている。仮想越流堤設置地点における地盤高が12.3m、対象降雨における最高水位16.8mであったことから越流堤標高を表-2のように設定している。

b) 八幡地域における仮想遊水地について

DEMデータは10mメッシュでx軸方向に431、y軸方向に369、計159,039個の格子とした。周囲堤は、土地利用を参考にして図-1赤線のように決定し、周長10,149m、面積3,013,103m²であった。また、土地利用から木津川の本川との合流地点から3.0kp地点に八幡地域の仮想遊水

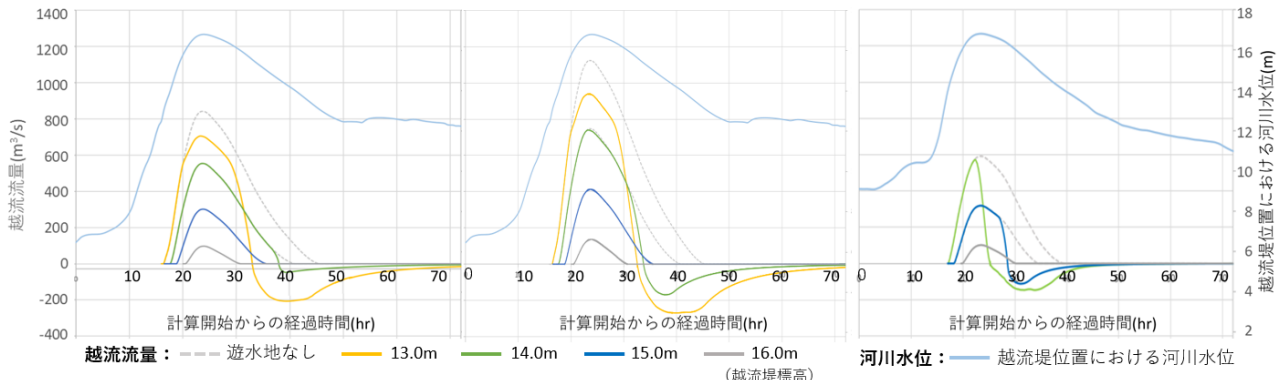


図-5 越流流量(左からCase1,Case2,Case3のグラフ。マイナス値は遊水地から河川への流出を表す)

地の越流堤を設定した。仮想越流堤設置地点における地盤高13.5m, 対象降雨における最高水位16.8mであったことから越流堤標高を表-2のように設定している。

5. 結果と考察

(1) 解析結果概要

解析結果の概要を表-5に示した。表-5において、必要周囲堤高さは、流入が終わり遊水地内の水の体積量が最大となったとき、つまり貯水容量の水がたまった時に遊水地の水面が水平であると仮定して、地面から水面への高さの最大値を算出したものとしている。最大水位低減高は、それぞれの河川で水位がピークに達した時刻における水位と、遊水地なしの場合のピークの水位を考えたときに、最も差が大きい断面の水位差としている。

また、越流堤における河川から遊水地への流量ハイドログラフを図-5に示した。

(2) 遊水地各要素の選定

最も水位を低減できていたのはCase2の越流堤標高13.0mのものであった。

a) 周囲堤標高の上限について

まず、周囲堤標高の上限について考える。ここで、代表として幅100m, 越流堤標高13.0mの旧巨椋池遊水地内に水が氾濫してゆく様子を水深によって図-6に示した。これを見ると、旧巨椋池地域では初めに第二京阪道路より西側に水がたまるため、西側の水深が一時的に高くなりやすく、その後東側にも水が移った後遊水地内の水が河川に戻ることによって全体の水深が下がっていくことが分かる(今回の計算時間内では最終的に図-7まで水深が下がった)。第二京阪道路より西側では、最も水深が高い時間と、水が全範囲に行き渡り水深が安定した時間を比べると0.6mの差があった。このため、最低0.6mの余裕高が追加が必要としている。それぞれの越流堤設置仮想地点における堤防高より、周囲堤標高が高い場合は不

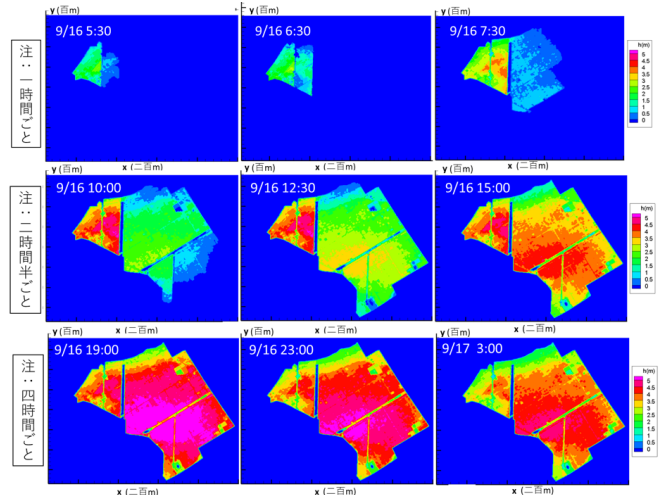


図-6 旧巨椋池地域における氾濫の様子

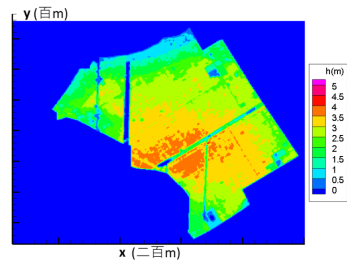


図-7 旧巨椋池地域氾濫の様子(9/17 10:30)

適と考えた時、余裕高を足してもこの上限を超えるものはなかった。

b) 越流堤標高について

次に、越流堤標高について考える。越流堤標高が低いと早い段階で遊水地が満杯になり、洪水のピーク時に洪水調節の効果を発揮できない可能性がある。今回計算を行った中でも途中で遊水地が満杯になるものが存在したが、越流流量のピーク時刻はほぼ変わらず、より越流堤標高が低いものがより水位を低減し洪水調節効果を発揮できていた。また、越流頻度に着目すると、周囲の構造物や農地への影響から、頻度の低くなるより高い越流堤標高が望ましいが、今回は考慮していない。

次に、越流堤幅について考える。Case1とCase2を比較する例として、貯水容量がほとんど同じである(越流堤

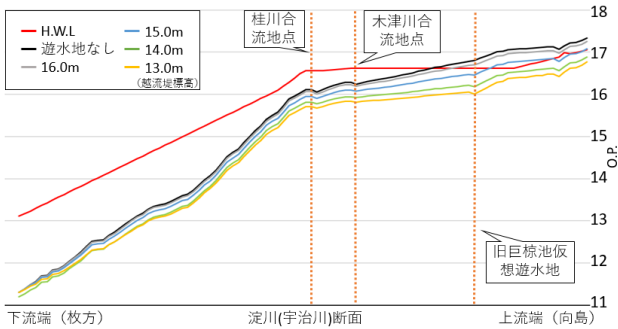


図-8 Case2淀川における各越流堤高計算時の河川最高水位

標高,越流堤幅)=(13.0m,100m)と(14.0m,150m)について周囲堤高に対する水位低減量を比較して考える。水位低減高と平均周囲堤高さの比を考えると、越流堤幅が100mのものは0.156、150mのものは0.165と、幅150mの方が大きく、周囲堤高に対してより効率的に水位を低減できていた。

これは、河川の最大水位低減高に主に影響しているのは河川の水位がピークに達するあたりの時刻における越流流量であるためと考えられる。よってCase1とCase2を比較すると、より越流堤幅の広いCase2の越流流量グラフの方がよりシャープであり、効果的に水位を低減できたのだと考える。この際越流部における周囲への損傷影響は考慮していない。

c) 仮想遊水地設置位置について

最後に、遊水地設置位置について考える。Case1, Case2については淀川(宇治川)に対する水位低減高がとりわけ大きく他の川の2倍ほどであった。Case3については木津川に対する水位低減高が最も大きい、そのほかの川の水位も平均的に下げられていた。これは木津川の水位は淀川・桂川に比べて危険の低い状態であったためと、八幡地域の方が、越流堤が合流地点に近かったためであると考えられる。また、八幡地域の方が遊水地内の面積が小さいため貯水容量に比べて周囲堤高さが高くなりやすくなっている。ここで、代表として貯水容量の似たCase1の越流堤標高15.0mとCase3の越流堤標高14.0mを比較して考えると、貯水容量はCase1の方が大きいにも関わらず水位低減高はCase3の方が大きく、Case3の方が貯水容量に対してより効果的に水位を低減しているといえる。これはCase3において水位のピーク時刻付近に遊水地内が満杯になり、図-5のように越流流量のヒドログラフがシャープになったためである。各河川に対する水位低減効果の度合いが異なるため単純に比較することはできないが、比較的小規模な計画の場合にはCase3もCase2と合わせて検討の価値があると考えられる。八幡地域の仮想遊水地が効果を発揮しやすいと思われる、木津川の水位が危険な状態になる降雨を対象に考えた場合には異なる結果となる可能性も考えられる。

d) 遊水地各要素の選定

以上のことから、今回の計算ケースの中で実現可能性があり効果が高いものとして、Case2(越流堤標高13.0m)を選択した。計画が小規模な場合はCase3(越流堤標高14.0m)を選択することとする。

(3) 選定ケースにおける結果と考察

Case2に選択ケースにおいては最大0.8mの水位低減、3700万 m^3 の洪水調節を行うことができる。その結果図-8黄線のように、淀川のあらゆる地点において、水位を計画高水位より低下させることを期待できる。

Case2選択ケースにおいて、周囲堤標高は地表から最大7.36mとなり、その場所は現在すでに約5-7mの盛土が行われている第二京阪道路のあたりである。また、住宅地付近で周囲堤標高が最大になるところでも、地表から5.51mであったことから実現可能な範囲内であると考えられる。また越流堤は天端より5.9m低くなっている。ところで、今回の計算の際には遊水地内全域を使ったが、それほど大きくならないと予想される際には、第二京阪道路の西側のみを使うことも可能であると考えられる(第二京阪道路の盛土の通り抜け部分に水門・土嚢等の対策が必要)。

6. 結論

下流地域における洪水調節効果を期待した旧巨椋池地域や八幡市の農業地域に仮想的な遊水地を設置した場合に、2013年台風18号出水での各遊水地の洪水調節量と下流域での水位低減量について数値解析を行い、以下のような知見が得られた。

(1)今回設定した旧巨椋池地域に越流堤幅150m、越流堤標高13.0mで設置した場合では、3700万 m^3 の洪水調節、最大0.804mの水位低減効果により淀川のあらゆる地点において水位を計画高水位より低下させることが期待できる。これにより遊水地整備による洪水調節効果が有効であることを確認できた。

(2) (1)より、流域内で計画的に遊水地を整備する必要性は高いといえる。整備を進めるためには、流域全体を有効に活用した治水方策を、流域の都市・地域開発計画に取り入れることが必要と考えられる。

(3)今回の解析では枚方にて下流端水位を境界条件として与えているため、枚方より下流の水位低減効果を表現できていない。今後の課題として、計算範囲を河口まで広げることがあげられる。また、一般的に遊水池内へ流入する勢いを減らす為に設けられる越流堤や中小河川の影響等を無視していることについても検討が必要である。

謝辞：本研究を実施するにあたり，京都大学大学院生の山田祐樹氏に協力を頂いた。また，国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所，国土地理院より資料提供等，協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 福岡捷二・昆敏之・岡村誠司:鶴見川多目的遊水地の洪水調節効果の評価—河道の水面形の時間変化を考慮した非定常二次元解析法の適用—, 土木学会論文集 B,vol.63,No.3, pp. 238-248, 2007.
- 2) 秋山壽一郎・重枝未玲・田島瑞規:数値解析を用いた遊水地の洪水調節効果の評価-牟田辺遊水地を対象として-, 土木学会論文集 B1,Vol.70,No.4, pp. I_847-I_852, 2014.
- 3) 秋山壽一郎・重枝未玲・田島瑞規・余田正敏:数値解析を用いた遊水地の洪水調節効果の検討,土木学会論文集 B1(水工学),Vol.70,No.4, pp. I_853-I_858, 2014.
- 4) 秋山壽一郎・重枝未玲・門田竜祐・田島瑞規:数値解析を用いた既設・未設遊水地の機能評価と施設計画の可能性,土木学会論文集 B1,Vol.69,No.4, pp. I_1645-I_1650, 2013.
- 5) 上野鉄男:治水事業をめぐる諸問題とこれからの治水の課題と展望,京都大学防災研究所年報, 第 45 卷, 2002.
- 6) 島谷幸宏・山下三平・渡辺亮一・山下輝和・角銅久美子: 治水・環境のための流域治水をいかに進めるか?, 河川技術論文集,第 16 卷,2010.
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局: 河川砂防技術基準 調査編,第 7 章浸水解析, 2014.

(2019.10.? 受付)

THE RESEACH OF FLOOD CONTROL EFFECTS OF VIRTUAL RETARDING BASIN BY NUMERICAL ANALYSIS

Nanae WATANABE, Kenji KAWAIKE and Hajime NAKAGAWA

An overflow simulation was conducted when a virtual watershed was installed at each of Old-Ogura-Pond area and Yawata area, and the flood control effect on the downstream area from the retarding basin was calculated. At this time, the elements of overflow levee elevation and overflow ridge width were changed, and the flood control effect was compared. The combination that was able to reduce the water level the most was the retarding basin at Old-Ogura-Pond area with an overflow levee height of 13.0m and an overflow levee width of 150m. As a result of overflow simulation in 2013 Typhoon No.18 where the water level of the Yodo River and Katsura River exceeded the H.W.L level and was dangerous, it can be expected that the water level will be lower than H.W.L at every point of Yodo River due to the water level reduction effect of 0.804m maximum. Like this, systematically constructing a retarding basin in the basin is an effective measure against excess flooding, and it is necessary to consider the development plan of the basin along with the flood control measures that effectively utilize the entire basin.