

# 公園型遊水地を考慮した 治水施設の最適配置に関する費用便益分析

篠崎 由依<sup>1</sup>・白川 直樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-8571 茨城県つくば市天王台1-1-1)  
E-mail:s1020973@u.tsukuba.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 博 (工) 筑波大学准教授 (〒305-8571 茨城県つくば市天王台1-1-1)  
E-mail:naoki-s@kz.tsukuba.ac.jp

本研究では、同規模の洪水に対応する堤防嵩上げ、ダム建設および遊水地の費用対効果を比較し、費用対効果が最も高くなる治水施設の組み合わせと最適配置を求めた。ダム、遊水地に関しては、治水に係る費用便益に加え、公園整備した場合の費用便益も併せて算出した。全国12の一級水系で算定を行った結果、治水と公園の両方を考慮に入れた場合、治水のみのB/Cが10以上になるような治水事業では堤防嵩上げが、それ以下の事業では遊水地整備が有利となった。また、公園便益は治水便益の10倍近く大きいこと、大規模な遊水地を一箇所建設するより小規模な施設を複数建設する方が費用対効果が高くなることが示された。また、遊水地の数および配置はピーク流量、流域内の人口に依存することが明らかになった。

**Key Words :** flood control, cost-benefit analysis, public open space, retarding basin

## 1. はじめに

景観保持や環境保全意識が高まる中、治水事業も堤防やダムによる河道内のみに注目した治水から、流域全体を一つのシステムとして捉える総合治水へと重きが移りつつある。遊水地は湿地創造機能や河川との連続性といった観点から、景観・生態系に配慮した治水構造物として今後の治水事業の一翼を担うことが期待されている。また、遊水地は平常時に公園利用される場合があり、渡良瀬遊水地などは年間公園利用者が 60 万人を超えている。従って遊水地計画の経済評価には洪水調節に係る便益に加え、公園整備に係る便益を考慮する必要がある。

本研究ではこうした背景に鑑み、同規模の洪水に対応する堤防嵩上げ、ダム建設および遊水地整備の費用対効果を比較し、費用対効果が最も高くなる治水施設の組み合わせと最適配置を求めた。本研究の特徴は、従来の治水経済調査に即した治水費用便益に加え、遊水地とダムについて公園整備によりもたらされる便益を旅行費用法と効用関数法にて算出し、治水便益に加えたことである。

本研究では公園便益を治水便益に加えることで、治水以外の便益が治水便益を上回る可能性を示した。用地の制約や建設単価の増加など、治水事業のみでは十分な費用対効果を得ることが難しくなつつある中、環境価値や公園としての価値といった新たな付加価値を考慮することは、今後の治水事業において不可欠である。

## 2. 研究方法

### (1) 治水事業の条件設定

1/100 確率洪水への対応が完了しているという前提のもと、計画規模を 1/150 確率まで向上させる事業を想定した場合の、堤防嵩上げ、ダム建設および遊水地建設のそれぞれの事業費および便益を求める。遊水地とダムについては公園整備によりもたらされる便益を治水便益に加えることとする。

まず水系ごとに堤防、ダム、遊水地それぞれの必要規模を求める。過去の実績洪水流量をもとにグンベル分布で確率統計処理を行い、1/150 確率規模の流量を推定した。次に対象河川の洪水時ハイドログラフを、ピーク流量が 1/150 流量に等しくなるまで引伸ばす。このハイドログラフを 1/100 流量でカットし、ダムまたは遊水地の必要貯水容量を決定した。ダムサイトは地形図より家屋の移転が少なく、貯水容量を確保できる V 字谷を選定した。本流に適地がない場合、最大支流に選定した。遊水地は主に農地利用され住宅地が少なく、起伏が小さいことを条件に 20ha 以上の土地を遊水地の候補地とする。整備対象区間は、本流と基準点より上流で合流する流量が最大の支流とし、河口から現在堤防整備の完了している最上流端までとする。基準点の 1/150 ピーク流量を決定したのち、基準点にこのピーク流量をもたらす本流、支流の流量配分を少しずつ変えてゆく。すなわち

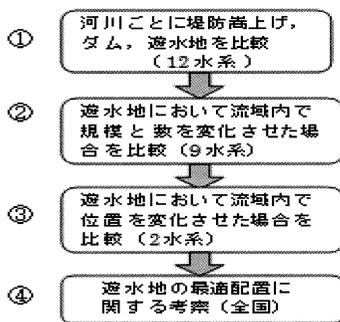


図-1 費用対効果比較の手順

表-1 遊水地公園の整備内容

種類	機能	
園路広場	休憩所、多目的広場	20.4(ha)
修景施設	緑地、湖沼、庭園等	51.0(ha)
遊技施設	アスレチック	5.1(ha)
運動施設	サイクリング	4.0(km)
	陸上競技場	4.0(ha)
	テニスコート	6.0(面)
	野球場	2.0(面)
	サッカー場	2.0(面)
洪水調節施設	洪水調節	10.0(ha)
	総面積	100.0(ha)

(100haの例。貯水面積に応じて比例配分)

表-2 ダム湖公園の整備内容

種類	機能	
園路広場	休憩所、多目的広場	3.0(ha)
修景施設	緑地、湖沼、庭園等	3.0(ha)
休養施設	キャンプ場	1.0(ha)
	総面積	7.0(ha)

(公園規模は湛水面積にかかわらず一定とする)

本流に集中的な降雨があり、本流のみの流量が増加する場合や支流のみに降雨が集中した場合、流域全体に一樣に降雨がある場合の最大流量を本流上流、支流、合流点下流の区間ごとに算出し、それぞれの流量規模に対応する治水構造物の規模を求める。

なお、算定区間内でダム、遊水地の効果が発揮できない場所は堤防嵩上げを行うものとする。

## (2) 治水に係る費用便益の算出

堤防嵩上げの事業費は用地取得費と嵩上げ費用を考慮し、遊水地の場合は用地面積の7割を用地買収、3割を地役権補償とし、構造物は越流堤、周囲堤および排水樋門の建設費用の合計とする<sup>1)</sup>。ダムは全て重力式コン

クリート形式とし、運用中の治水ダム・多目的ダムの地方別事業単価を基に事業費を算出した<sup>2)</sup>。用地単価は平成19年度都道府県別農地価格<sup>3)</sup>を採用した。

治水便益は治水経済調査の手法を基本とし、浸水深は一律1mとした。

## (3) 公園整備に係る費用便益の算出

ダムはダム湖や周辺の渓谷景観を利用した公園として整備される場合があり、遊水地は通常湛水していない土地を運動場や広場として利用するほか、河川との連続性を生かした親水公園として整備される例もある。そのため、ここではダムと遊水地について公園整備された場合の費用便益を治水に係る便益とは別に算出する。

公園整備費用は、全国の大規模公園の事業費から用地費を除いた平均値(1億円/haと維持管理費250万円/ha、ただし維持期間50年間、割引率4%)を採用し、面積に応じて比例配分する。公園整備によりもたらされる便益算定手法は直接利用価値を旅行費用法、間接利用価値を効用関数法で導出する<sup>1) 4)</sup>。計画公園を中心に半径50km円内を公園利用者圏としたが、移動困難な山脈、海等で分断されている場合、50km以内であってもそれより外側は圏外とした。整備内容は現在供用中のダム湖公園、遊水地公園の事例に基づいて表-1、表-2のように定めた。

間接利用価値には都市環境の保全、維持(環境価値)および、災害時の避難所としての価値(防災価値)が含まれる。ダム公園の場合、都市から離れており徒歩での避難が難しく、避難所として使える広場が少ないことから防災価値は低いと判断し、環境価値のみを算定した。

## (4) 比較の手順および対象水系

図-1に費用対効果比較の手順を示した。地域と流量に偏りの無いよう天塩川、後志利別川、鳴瀬川、米代川、那珂川、関川、円山川、雲出川、菊川、肱川、六角川、肝属川を算定対象とした。手順②では必要となる遊水地の数が多くなると算定が難しくなるため、最大2基の遊水地で必要調節容量を賄うことが可能な9水系を取り上げ、3基以上必要な天塩川、米代川、那珂川は除いた。手順③では実際の土地利用や地形より遊水地間の距離を調節できる後志利別川、関川の2水系で算定を行った。

## 3. 治水施設ごとの費用対効果の比較

図-2は、4水系の治水施設ごとの費用便益を示したものである。値の大小はあるが4水系で類似した傾向が表れており、他の8水系でも同様の傾向が得られた。ま

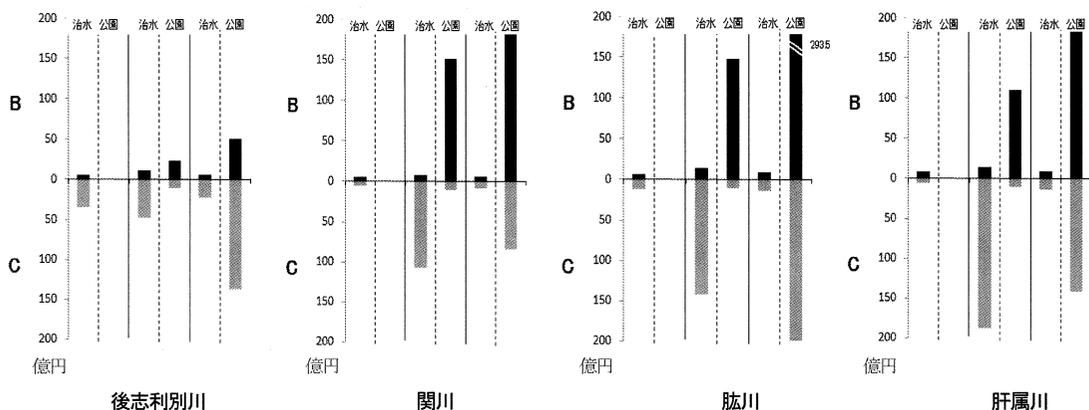


図-2 4水系における堤防、ダム、遊水地の費用 (C) と便益 (B) (左が堤防, 中央がダム, 右が遊水地)

ず、治水のみを考慮すると、堤防が最も安価で費用対効果が高く、遊水地では費用と便益がほぼ同程度となった。ダムは全ての水系で費用が便益を大きく上回った。原因は、ダムの事業単価が高いことである。

さらに治水、公園の両方を考慮すると、菊川と雲出川を除く 10 水系で遊水地が最も費用対効果が高くなった。菊川と雲出川では堤防が最も有利になったが、これは、治水便益に係る水害密度単価が他の水系に比べ 10 倍程度高く、建設単価の最も安い堤防高上げで B/C が 10 を上回り、飛びぬけて高くなるためである。元々堤防高上げのみで高い治水便益が見込めるため、単価の高い遊水地の公園整備をすると、逆に整備費用がかかり、費用対効果が低くなる。ただしこの場合の遊水地でも B/C は 1 を上回った。

治水・公園便益を治水・公園整備費用で割った B/C は 12 水系で概ね 1.5~2 となり、人口の多い菊川と六角川では B/C が 4 を上回った。ただし、後志利別川と天塩川では公園便益が費用を下回った。これは、流域人口が少なく、公園利用者が少ないためである。

注目すべきは治水便益よりも公園便益が 10 倍以上大きいことである。1/100 から 1/150 への洪水調節は、流量の増加が微小で、整備費用の割に被害の軽減規模が小さい。一方、治水施設を平常時の公共空間として積極的に活用した場合、新たに公園としての整備費用もかかるが、それを上回る便益が生まれる可能性がある。

公園としては、ダムの費用対効果が最も優れていることが分かる。このダム公園は一律 7ha と、50~100ha の遊水地公園に対して小さい。整備費用は面積に比例して少なくなる一方、便益のうち間接利用価値は公園が存在することで発生する価値で、面積の大小にはほとんど影響を受けない。そのため相対的に便益が大きくなる。

#### 4. 治水・公園整備両面から見た遊水地の規模と数の最適化

##### (1) 算定手法

前章では、今後の治水事業において、治水便益のみを考慮すると費用対効果が低いこと、公園整備により新たな価値を付加することによりより大きな便益を生む可能性があることを示した。治水と公園の両方を考慮した場合、遊水地の費用対効果が最も優れていることから、ここでは遊水地を最優先にした組み合わせに注目し、施設の規模と数による費用対効果の最大化を試みる。

1 基の遊水地が治水効果を最大限に発揮できる位置は合流点直下である。これを基本とし、遊水地を 2 等分から 4 等分まで分割した場合の便益の変化を調べた。

##### (2) 結果

図-3 は肝属川での算定を示したものである。治水に係る費用対効果は、遊水地を分割することにより低下する。遊水地を分散させることで、施設間の堤防高上げ高は低くなり、堤防費用は低下するが、大規模な遊水地を一基作るよりも小規模の遊水地の単価が割高になるため、結果的に費用が増加する。公園に係る費用対効果では、遊水地の数が多くなるほど便益が増加する。

公園の便益は、直接利用価値と、間接利用価値を区別して算定している。間接利用価値は、緑豊かな都市景観の創造、動植物の生息場、ヒートアイランドの緩和といった都市環境の維持、保全や、災害時の一時避難所としての防災機能、いつでも公園に行けるといった心理的な潤いや安心感等が含まれる。直接利用価値が公園の規模に大きく影響される一方で、間接利用価値は公園の有無

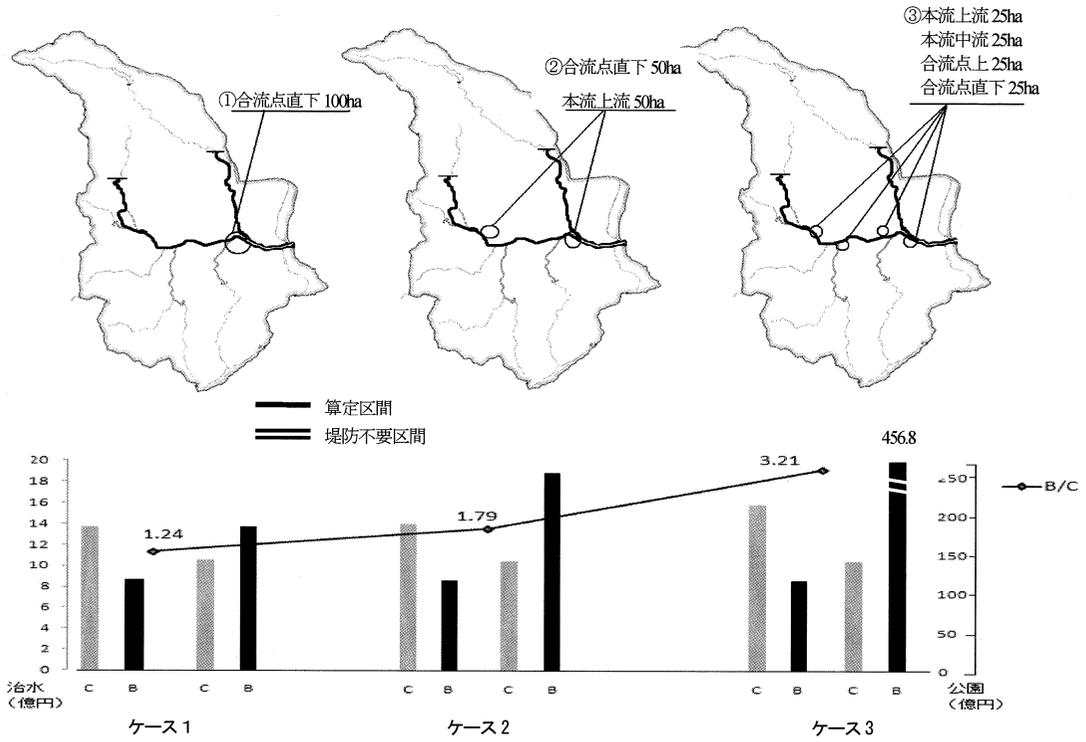


図-3 肝属川における遊水地の規模、数と費用対効果の関係

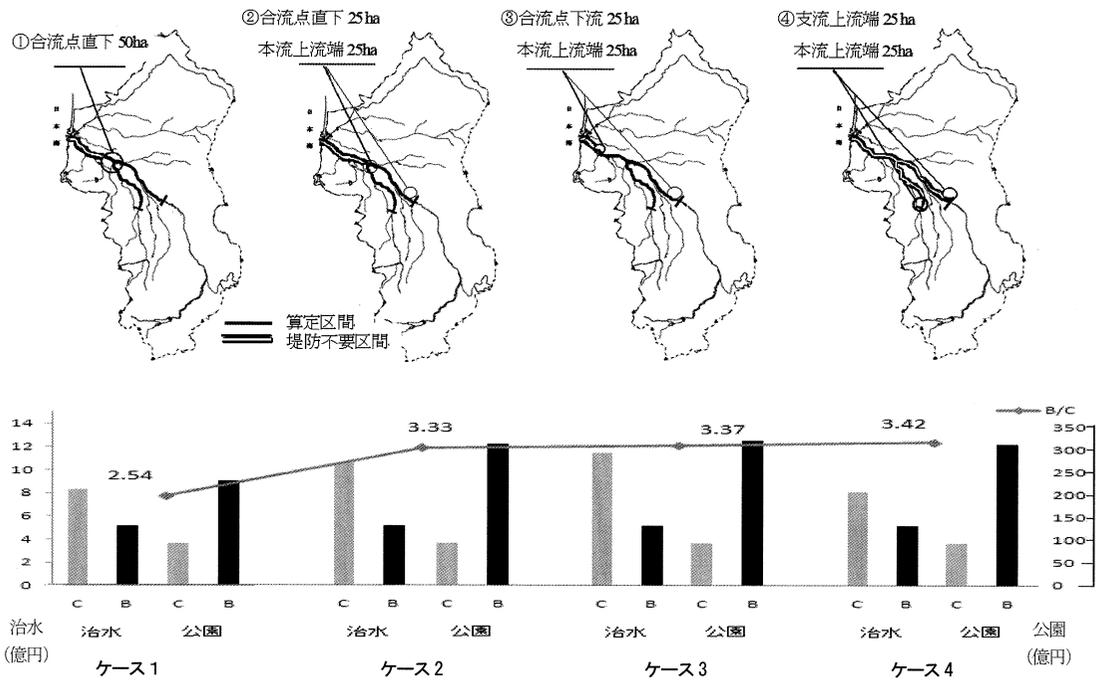


図-4 関川における遊水地の位置と費用対効果の関係

が問題となる。すなわち、いつか公園に行けるという選択肢の存在が重要であり、公園の規模そのものには余り影響されることはない。このように間接利用価値は潜在的（将来的）な公園利用者や公園周辺に居住する非公園利用者が得られる便益を含むため、直接利用価値の2倍以上の価値を有する。そのため図-3のように、遊水地を分割することにより、公園規模は小さくなるものの、地域に公園が存在することにより便益を享受する住民が増加するため、全体的な公園便益が増加する仕組みになっている。ただし、公園の規模が5haを下回ると、広域的な利用が見込まれる「大規模」公園としての機能を発揮できないため、このような結果にならないことに留意する必要がある。

遊水地の分散による公園便益の増加は、治水施設の建設費の増加分よりも大きいため、折れ線で示した費用対効果も改善される。9水系で算定を行った結果、同様の結果が得られた。

これより、治水と公園整備を総合的に見た場合、大規模遊水地を一箇所建設するより、小規模遊水地を複数箇所建設する事により、公園の間接利用価値の総和が増加するため費用対効果の向上が見込めることが示された。

## 5. 治水・公園整備両面から見た遊水地の位置の最適化

### (1) 算定手法

前章では小規模遊水地を複数箇所建設する事により、費用対効果の向上が見込めることを示した。本章では遊水地の位置を本流上流から下流および支流まで移動させた場合の治水・公園便益を調べ、位置の最適化を試みる。競合公園としての相互関係が分かりやすいように遊水地を二か所設置する。一般に競合公園が遠いほど対象公園の便益は増加することを踏まえ、2基の遊水地が互いに競合関係にあると想定し、距離と便益の関係を調べる。

## (2) 結果

図-4に閩川における遊水地配置ごとの費用対効果の変化を示した。合流点に一箇所100haの大規模遊水地を設置した場合を基準とし①、順に合流点と上流端に等分割した場合②、合流点より下流の市街地付近と本流上流端に配置した場合③、支流の上流端と本流上流端に配置した場合④の治水、公園の費用便益を棒グラフに、費用便益比を折れ線で示している。

治水費用に関しては、遊水地でカバーできない堤防嵩上げ区間の長さが大きく影響する。堤防嵩上げが必要になる遊水地より上流の区間と、二つの遊水地間の距離が短くなるほど、費用が安くなる。④では遊水地より下流の堤防が不要になるため、費用は8.08億円と、①の遊水地一基の場合の8.32億円よりも安くなった。

公園便益を見てみると、遊水地一箇所よりも二箇所の場合で便益が約1.4倍に増加した。二箇所の場合の配置では、②と④で310.9億円、③で317億円となった。③で便益が増加した理由は、二箇所の遊水地公園間の距離が最も長くなり、直接利用価値の和が大きくなるためである。競合公園が多ければ多いほど、また近ければ近いほど利用者の選択肢が増えるために対象公園の便益は減少する。②と④では公園間の距離が5km以内であり、③は10kmである。

閩川の例では、公園の距離が5km離れると、年間便益が約0.5億円増加する。また、同じ距離で離れていても、どちらも上流に造る場合と、下流の市街地に近い場合では後者の方が多くの利用者が見込まれるため、より多くの便益が発生する。後志利別川でも同様の算定を行い、公園間の距離を10kmから20kmと離れた場合、便益は年間約0.08億円増加した。閩川と比較して便益が少ない理由は、流域人口が少なく、公園利用が余り見込まれないためである。

以上より、治水と公園を総合的に見た場合、二基の遊水地は④のように本流と支流それぞれの上流端に造ることで費用対効果が最大になることが示された。

表-3 対象水系における治水構造物の費用対効果と流域特性

(※は1箇所と2箇所のみで比較)

河川	天塩	利別	鳴瀬	米代	那珂	閩	菊	雲出	円山	肱	肝属	六角
1/150ピーク 流量(m <sup>3</sup> /s)	7,000	1,800	4,500	10,000	9,300	4,100	1,700	8,700	7,000	6,800	2,700	2,350
流域面積(km <sup>2</sup> )	5,590	720	1,130	4,100	3,270	1,140	158	550	1,300	1,210	485	341
圏内人口(万人)	12.5	5.8	241.1	98.9	211.8	103.9	249.5	182.5	90.5	101.4	66.9	419.9
必要貯水容量(万m <sup>3</sup> )	2331	155	180	1080	840	99	117	450	522	216	180	72
治水最優位	堤防	堤防	堤防	堤防	堤防	堤防	堤防	堤防	堤防	堤防	堤防	堤防
総合最優位	遊水地	遊水地	遊水地	遊水地	遊水地	遊水地	堤防	堤防	遊水地	遊水地	遊水地	遊水地
費用効果が最高の遊 水地の数 (1, 2, 4)	-	2*	2*	-	-	4	4	2*	2*	4	4	4

## 6. 考察

対象 12 水系における結果を表-3 に示した。表より全ての水系で治水便益のみでは堤防が最も有利に、治水と公園の両方を考慮した場合は菊川と雲出川を除く 10 水系で遊水地が最も有利になるという結果が得られた。堤防と比較した場合の遊水地の優位性は、治水便益の期待額に依存する。治水のみの B/C が 10 以上になるような治水事業では堤防嵩上げが、それ以下の事業では公園整備を考慮した遊水地が有利になる。

公園整備した遊水地の費用対効果は、主にピーク流量（必要貯水容量）と人口に依存する。50km 圏内人口が少ない天塩川、後志利別川では、十分な公園利用が見込めないことから B/C は 1 を下回る。人口が 60 万人を超えると費用対効果は正になり、概ね 200 万人を超えると B/C は 2 を超える。人口が 100 万人の関川で B/C が 2 を超えているのは、必要貯水容量が小さく、同じ一基の遊水地でも小規模（45ha）で済むため、建設費が少なく済むためである。前に述べたように公園間接利用価値は公園規模によらないため、100ha 以上の大規模遊水地一基よりも費用対効果が高くなる。

遊水地の数は、大規模な遊水地を一箇所建設するより小規模な施設を複数建設する方が費用対効果が高くなる。

これらの傾向は全国の河川にも適応可能であると考えられる。ただし天塩川、米代川、那珂川のように 1/100 ピーク流量が概ね  $7000\text{m}^3/\text{s}$  以上大きくなると、複数の大規模遊水地が必要となり、公園整備した場合の相互関係が複雑になるため別個検証が必要である。

## 7. まとめ

本研究では以下のような結果が得られた。

- ①同規模の洪水に対応する堤防嵩上げ、ダム建設、遊水地建設を比較した場合、治水のみでは堤防嵩上げの費用対効果が最も高い。
- ②治水のみの B/C が 10 以上になるような治水事業では堤防嵩上げが、それ以下の事業では公園整備を考慮した遊水地が有利になる。
- ③大規模な遊水地を一基造るより、小規模な遊水地を複数基造る方が費用対効果は高くなる。
- ④複数の遊水地を整備する場合、本流と支流の上流端に造ると費用対効果が最も高くなる。
- ⑤公園便益を考慮した場合、遊水地間の距離が遠ければ遠いほど、また市街地に近ければ近いほど多くの便益を見込める。

### 参考文献

- 1) 篠崎由依, 中込雄基, 白川直樹: 公園整備を考慮した遊水地の便益評価に関する研究, 河川技術論文集, Vol 16 ,pp.547-552,2010.
- 2) 財団法人日本ダム協会: ダム年鑑, 2007.
- 3) 総務省統計局: 都道府県別小作料, 農地価格および使用目的変更田畑売買価格 (昭和 55 年~平成 19 年分)
- 4) 国土交通省都市・地域整備局公園緑地課: 大規模都市公園費用対効果分析手法マニュアル改訂版第 2 版, 2008.
- 5) 田村孝浩, 後藤章, 水谷正一: 水辺・親水空間の環境的整備による効果の経済評価, 農業土木学会論文集, No.66, Vol.1, pp.139-145.
- 6) 田中廣滋: 費用便益の経済学的分析, 中央大学出版部, 2003.

## COST BENEFIT ANALYSIS FOR FLOOD CONTROL STRUCTURE WITH PUBLIC OPEN SPACE

Yui SHINOZAKI and Naoki SHIRAKAWA

This study compares cost effectiveness for three flood control structures under several rainfall patterns using 12 main rivers in Japan; embankment, dam and retarding basin. As respects dam and retarding basin, cost-benefit as public open space is also included.

This study shows that the benefit of daily public use is much greater than flood control function, and the retarding basin is most cost effective in all cases when considering the public open space. Other main results are as follows;

- 1) Constructing several small retarding basins have higher cost effectiveness than constructing a large one.
- 2) Highest cost effectiveness could be achieved when several retarding basin are allocated at both upper part of main stream and main tributary.
- 3) The farther the distance between retarding basins, the greater benefit for public open space is expected.
- 4) Retarding basin in urban area in the downstream creates greater benefit than that of in rural area in the upper stream.