

公園整備を考慮した 遊水地の便益評価に関する研究

A STUDY ON BENEFIT EVALUATION FOR FLOOD CONTROL BASIN SERVED AS PUBLIC PARK

篠崎由依¹・中込雄基²・白川直樹³

Yui SHINOZAKI, Yuki NAKAGOME and Naoki SHIRAKAWA

¹学生会員 筑波大学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)

²(株)東京建設コンサルタント (〒170-0004 東京都豊島区北大塚1-15-6)

³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)

The purpose of this study is to attempt benefit evaluation for flood control basin in the sight of park-use. Based on catchment shape factor, 60 rivers in Japan are extracted, in which flood control basin is more cost-benefit effective than river banks. The latter part of this study attempts to create benefit evaluation model for flood control basin. First, two sites for flood control basin are assumed in Rokkakugawa and Nakagawa to analyze their benefit for park with an existing method. Reflecting the result a simple model which requires only population data is created.

Using the model we calculated the benefit of all 60 rivers as park and it totaled 1859 billion yen. This result demonstrates great investigation potentials for flood control basin.

Key Words: flood control basin, cost-benefit analysis, catchment shape factor, park

1. 遊水地の意義

明治以降, わが国の治水事業は連続堤建設を中心に推進され, 戦後は全国に多数の治水ダムが建設された。しかし現在, これ以上の堤防嵩上げは破堤時の災害リスクが大きい上, 新たなダムサイトの確保は難しいという現実に直面している。こうした中, 遊水地は景観・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。遊水地は平常時には水田利用の他, 湿地保全や公園整備される場合がある。米国では遊水地が重要な湿地保護地域に指定されている他, 氾濫原の遊水機能の保全と強化を掲げているドイツ, スイスなどでは遊水地が積極的に採用され, 同時に公園や自然公園として活用されている¹⁾。したがって遊水地は単なる治水構造物の枠を超え, 地域社会の発展を多面的に支える拠点となりうると考えられる。

日本には大小約50の遊水地がある。大半は水田利用

型だが, 公園利用の例もあり, 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。そのため遊水地計画の費用便益分析には洪水調節に係る便益に加え, 平常時の土地利用に係る便益の把握が不可欠である。本研究ではこうした背景に鑑み, 遊水地の便益評価手法の構築を試みる。前半では流域形状係数に着目し, 遊水地が堤防よりも治水の費用対効果が高い河川を抽出した。後半では遊水地が公園整備された場合の便益評価モデルを構築した。このモデルを用い, 全国の遊水地有利型河川において遊水地を建設し公園整備した場合の総便益を算出した。本研究で得られた考察が, これからのわが国の社会基盤整備において, 河川整備とりわけ遊水地整備への投資規模を判断する際の一助を担うことを期待している。

2. 建設費用と治水便益からみた遊水地の評価

(1) 条件の設定

同規模の治水事業に際し, 遊水地, 堤防の嵩上げの両方を想定し, それぞれの費用便益比を求め比較する。

表-1 治水評価の設定条件と計算結果

| 水系 | 設定値 (計算条件) | | | | 計算結果 | | | | | | |
|-------|--------------------|--------------------------------|--|--|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------------|
| | 幹川 流路延長 (km) | 流域 面積 (km ²) | 1/100 ピーク流 量 (m ³ /s) | 1/150 ピーク流 量 (m ³ /s) | 遊水地 必要面 積 (ha) | 遊水地 設置 箇所 | 必要 堤防延長 (km) | 水害密度 (万円/ha) | 年平均被害 軽減期待額 (億円/年) | 遊水地 事業費 (億円) | 遊水地 費用 便益比 |
| 天塩川 | 256 | 5,590 | 6,400 | 7,000 | 683.4 | 7 | 320.0 | 9,000 | 51.0 | 207.1 | 4.6 |
| 後志利別川 | 80 | 720 | 1,600 | 1,800 | 86.3 | 2 | 62.5 | 3,000 | 6.2 | 42.4 | 2.7 |
| 鳴瀬川 | 89 | 1,130 | 4,100 | 4,500 | 277.5 | 2 | 151.9 | 1,500 | 6.2 | 97.2 | 1.2 |
| 米代川 | 136 | 4,100 | 9,200 | 10,000 | 565.6 | 3 | 102.0 | 1,500 | 9.5 | 84.9 | 2.1 |
| 那珂川 | 150 | 3,270 | 8,500 | 9,300 | 437.7 | 7 | 114.9 | 5,000 | 7.9 | 64.9 | 2.3 |
| 関川 | 64 | 1,140 | 3,700 | 4,100 | 58.7 | 1 | 26.5 | 5,000 | 3.5 | 7.4 | 8.8 |
| 菊川 | 28 | 158 | 1,500 | 1,700 | 49.8 | 1 | 69.5 | 50,000 | 12.0 | 17.8 | 12.6 |
| 雲出川 | 55 | 550 | 8,000 | 8,700 | 259.7 | 2 | 48.5 | 20,000 | 7.4 | 41.5 | 3.3 |
| 円山川 | 68 | 1,300 | 6,400 | 7,000 | 238.3 | 2 | 64.9 | 8,000 | 11.8 | 47.2 | 4.7 |
| 肱川 | 103 | 1,210 | 6,300 | 6,800 | 97.0 | 2 | 37.8 | 3,000 | 4.4 | 11.8 | 7.0 |
| 肝属川 | 34 | 485 | 2,500 | 2,700 | 90.8 | 1 | 82.3 | - | 1.4 | 22.5 | 1.1 |
| 六角川 | 47 | 341 | 2,200 | 2,350 | 37.6 | 1 | 104.9 | 4,300 | 5.7 | 38.7 | 2.9 |

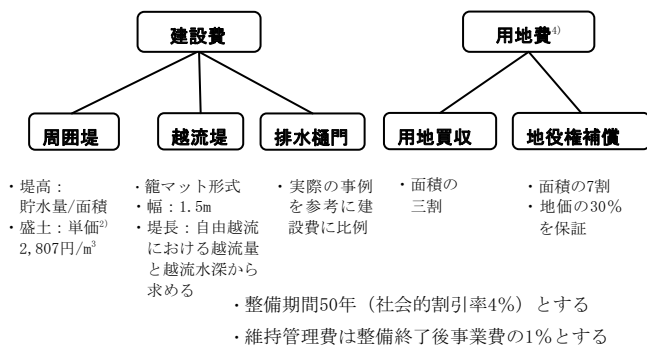


図-1 遊水地事業費算出の条件

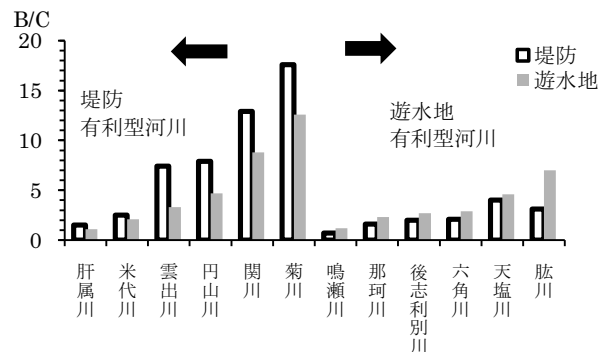


図-2 B/Cからみた遊水地と堤防の比較

研究対象は、河川整備計画における基本高水のピーク流量を1/100確率規模の流量としている水系とし、その整備計画がすべて完了したと仮定して、現状の計画洪水を上回る1/150確率規模流量に対応する治水事業を想定して算定を行う。対象は表-1に挙げる全国12の一級水系とした。

まず水系ごとに遊水地、堤防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ヒドログラフを、ピーク流量が1/150流量に等しくなるまで引伸ばす。このヒドログラフを1/100流量でカットし、遊水地の必要貯水容量を決定した。地形図より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30ha以上の土地を遊水地の候補地として選定する。

(2) 事業費と治水便益

事業費算出の条件は図-1のとおりである。なお遊水地より上流や支川では遊水地の治水効果が期待できないため、堤防で治水を行うこととし、その区間の堤防嵩上げによる費用を、遊水地の事業費に加える。治水により浸水面積が0になる場合の被害軽減額 (河川整備事業評価³⁾に掲載されている水害密度より算出) にそれぞれの確率規模の生起確率を乗じ、それらの和を年平均被害軽減期待額とする。この便

益を費用で除することで費用便益比B/Cを算出する。

(3) 考察1: 費用対効果

表-1に対象河川ごとの算定結果を示す。結果、全ての対象河川において遊水地の費用便益比が1を超えた。この事は、今後想定される大規模洪水に対する治水事業において、費用対効果の観点から遊水地が十分採用可能であることを示している。

(4) 考察2: 堤防との比較

遊水地による治水の費用対効果を堤防嵩上げによる治水と比較する。堤防の標準断面²⁾から、嵩上げに必要な単位断面あたりの必要盛土量、幅増し面積を求め、遊水地の周囲堤と同じ建設単価を用いて費用を算出した。便益は遊水地の場合と同じ洪水被害軽減額を用いる。

図-2のように、1/150確率規模洪水に対する治水では遊水地が優位な河川が6河川、堤防が優位な河川が6河川となった。遊水地による治水は単独でみた場合費用便益費が全てのケースで1を超えるが、堤防と比較した場合、必ずしも費用対効果が相対的に優位とはならないことが示された。また、1/200規模の流量で算定を行った場合も1/150と同様の結果が得られた。

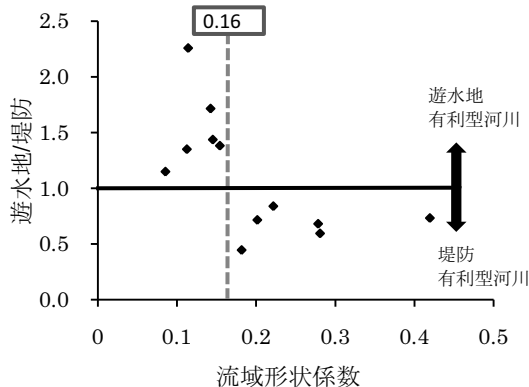


図-3 流域形状係数による遊水地有利型河川の判別

(5) 考察3：遊水地の優位性を生む要因

堤防嵩上げと遊水地設置のB/Cの優劣がどのような要因で決まるかを考える。

第一に、ハイドログラフの形状が尖るほど、カット流量は少なく済み、小面積の遊水地による治水が可能となる。天塩川、米代川、肝属川のように平均勾配が小さく、大きな支川が基準点近くで合流する河川ではハイドログラフがつぶれた形となり大面積の遊水地が必要となるため、相対的に堤防による治水が有利になる。

第二に、那珂川のように幹線流路延長が長くなると堤防の嵩上げ区間がのびるため、堤防が不利になる。

この要因を表す指標として、流域形状係数に注目した。流域形状係数は流域面積を幹川流路延長の二乗で除したもので、流域の形状を表し、係数が小さいと細長い流域、大きいと幅広な流域を表す。

$$\text{流域形状係数} = \frac{\text{流域面積}}{(\text{幹川流路延長})^2} \quad (1)$$

図-3の横軸は流域形状係数を、縦軸は対象河川における遊水地のB/Cを堤防のB/Cで除した値である。縦軸の値が1を超えると費用便益比において遊水地が堤防よりも有利になることを示すが、流域形状係数0.16を境に遊水地有利型と堤防有利型に判別されることが分かる。すなわち流域形状係数が0.16より小さいと、遊水地が有利に、0.16より大きいと堤防が有利になる。

流域形状係数が大きくなると支川の規模や数が多くなり、遊水地でカバーされない範囲が大きくなると考えられる。また、幹川流路延長がのびると堤防区間が長くなるため、堤防嵩上げ費用がかさみ、遊水地が相対的に有利になる。流域形状係数は本川に対する支川の規模を表すため、遊水地治水の経済的効率性を表現する値になると考えられる。

なお、国管理区間距離、河川勾配についても単回帰分析を行ったが、有意な相関は見られなかった。

3. 遊水地の公園便益の評価

(1) 便益について

遊水地は、平常時には農地として利用される他、公園や湿地生態系保護区など、様々な用途に用いられるのが特徴である。ここでは、遊水地が公園整備された場合に着目する。公園などの公共財が生み出す諸価値（便益）を貨幣価値に換算する手法はCVM、代替法、ヘドニック法などが知られているが、なかでも本研究の目的に最も適している旅行費用法を用いて直接利用価値を算出し、間接利用価値を効用関数法にて算出する。本章では具体例を取り上げ、既存の手法を参照しつつ便益算定モデルの構築を行い、次章でこのモデルを用いた全国の公園便益の算定を試みる。

(2) 算定条件

一級水系那珂川と六角川で遊水地を想定し、公園整備した際の便益算定を行なう。

那珂川本流の河口から約70km地点の那珂川町左岸の100haの農地を遊水地建設候補地として選定した。同様に、六角川支流牛津川の河口から約17km地点小城市右岸の面積100haの水田を遊水地候補地とした。ここをそれぞれ那珂川遊水地公園、六角川遊水地公園とし、多目的公園として整備した場合の便益算定を行う。整備内容は、供用中の国営公園および渡良瀬遊水池や荒川調節池等、公園利用されている遊水地の施設整備状況を参考にした（表-2）。

(3) 「大規模都市公園費用対効果分析マニュアル」を用いた推定

まず対象遊水地の便益を国土交通省監修の「大規模都市公園費用対効果分析マニュアル」を用いて推定する。このマニュアルは、全国の公園整備の事前、事後評価に広く用いられている。算定の流れは図-4に示すとおりである。今後この手法を「原手法」と呼ぶことにする。

公園距離別累積利用率に基づき、公園利用者の9割が対象公園より半径50km以内に居住していることから、50kmを誘致圏とし、誘致圏に含まれる市町村それぞれを個別ゾーンと定める。なお、算定に用いた競合公園は、概ね30ha以上の大規模公園（総合公園、運動公園、広域公園）、又は10ha以上で広域的に利用が見込まれる現在供用中の公園とした。ただし史跡、テーマパーク、城址、動物園等は、その公園に特化した利用者が想定され、他公園との競合性は低いと考えられるため、競合公園からは除く。

旅行費用は、短時間で複数個所での分析を可能にするため、年齢と利用交通機関を一律に設定するHCKモデルを用いた。このモデルでは旅行費用は、旅行経費と機会費用との和で表され、旅行者は距離にかかわらず全て車で移動すると想定される。

表-2 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) |

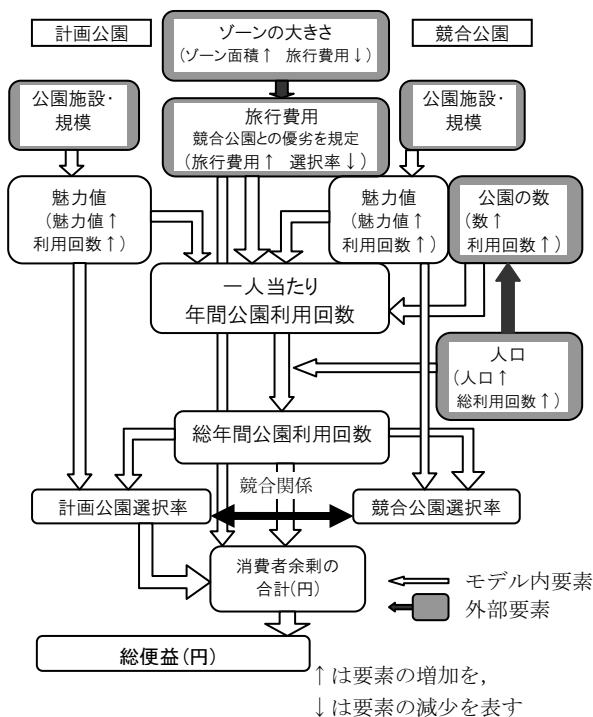


図-4 便益に影響を与える諸要因

なお、機会費用に関しては水辺空間・親水公園の整備に係る費用便益算定を行った田村ら⁷⁾が用いたものと同じ300円/hを採用する。

$$TC = TE + OC \quad (2)$$

$$\text{ここで, } TE = a * 2L/b \quad (3)$$

$$OC = d * 2L/c \quad (4)$$

TC:旅行費用, TE:旅行経費, OC:機会費用,
L:居住地から当該地区までの距離
a:ガソリン単価(120円/ℓ)
b:車の燃費(10km/ℓ), c:平均時速(30km/h)
d:時間当たりの機会費用(300円/h)

直接利用価値は那珂川遊水地が89.4億円, 六角川遊水地が125億円という結果になった。

一方間接利用価値では, 那珂川遊水地は227億円, 六角川遊水地で231億円と直接利用価値の約二倍になり, 六角川でやや便益が多くなるという結果が得られた。

(4) 感度分析

原手法では, 図-4の灰色で示される外部要素全てに現地のデータを与える必要があり, 算定に多くの時間と労力を要する。そこでこれらの外部要素について感度分析を行ったところ, とりわけ便益に対して大きな影響を与える要素は, 人口, 競合公園の数および個別ゾーンの大きさであることが分かった。最も正の相関が大きかったのは50km誘致圏内の人口である。次に影響が大きかったのが競合公園の数である。競合公園が全くない場合と一つある場合では便益の差が10倍に上ることが分かった。また個別ゾーンの面積を1,000km²以上に拡大すると算定の精度が著しく落ちた。

(5) 公園便益算定簡易モデルの構築

感度分析の結果から, 誘致圏内の人口を唯一の変数とする公園便益算定モデルを構築する。

公園計画地から半径50km圏内を4等分し, これを個別ゾーンとする。全国の都道府県および政令指定都市における10ha以上の公園数⁸⁾と都市人口との間には比例関係が見出され, 以下のような線形式によって表すことが可能である。

$$Y = 0.05X + 2.3 \quad (R^2 = 0.98) \quad (5)$$

Y: 競合公園数, X: 人口(万人)

なお, この式によって導かれる競合公園数と, 実際に那珂川, 六角川に存在する競合公園数との誤差は0~+2以内に抑えられている。

競合公園は均一に分散していると仮定し, 競合公園数は式(5)より得られる値を用い, 各ゾーンに均等に分配する。競合公園の規模および魅力値は, 全国の都市公園の平均的な値を統一的に用いる。

遊水地公園の特徴は, 河川との連続性を生かした公園整備が可能である点である。そのため, 大規模な水辺空間の創造により, 元々河川空間を利用していた人々の利用がさらに促進されることが予想される一方, 公園利用を目的として訪れた人が隣接河川に足を運ぶ場合も予想され, 公園・河川利用に正の相乗効果が生まれると考えられる。これを踏まえ, 簡易モデルでは河川利用者が近接した遊水地公園を訪問すると想定し, 遊水地の河川に面した延長分に加え, 往復30分以内の散策によって遊水地公園への立ちよりが可能と考えられる公園の端から上下流1kmの区間における河川利用者数を便益に含める。この河川利用者数に相乗効果を示すために2を乗じた値を計画公園魅力値に加えることにより遊水地公

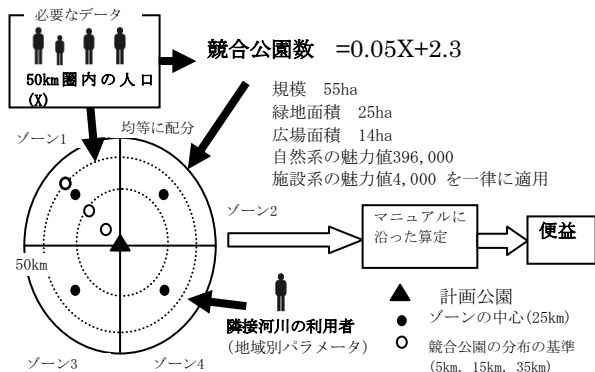


図-5 公園便益算定の流れ

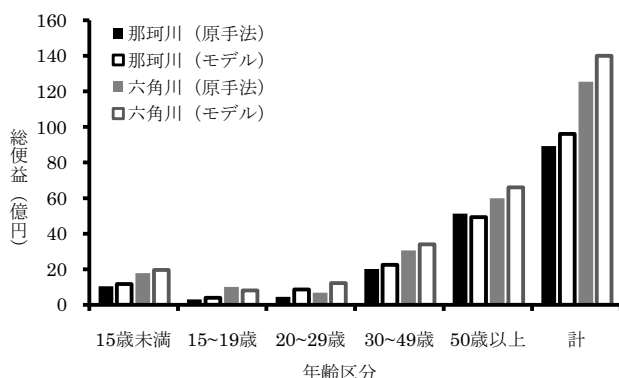


図-6 直接利用価値の便益の比較

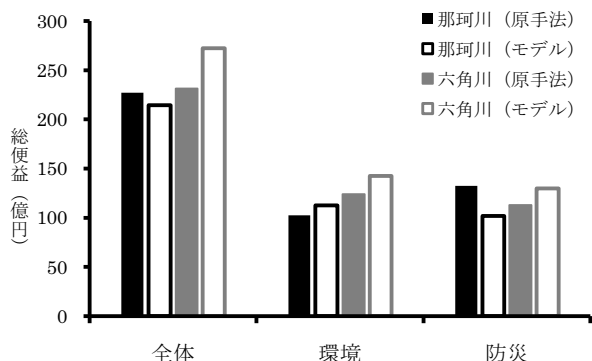


図-7 間接利用価値の便益の比較

園の特性を反映させることとする。なお、平成18年度河川空間利用実態調査より、河川利用者のうち57%が散策、43%がスポーツや釣り、水遊び等の能動的なレクリエーションを行っていることから⁹⁾、前者を自然空間系の魅力、後者を施設系の魅力に振り分けて算定を行う。その他の魅力値の原単位およびパラメータはマニュアルで用いられているものを踏襲し、同様に年間公園利用回数や公園選択率等の計算手法もそのまま用いる。

このモデルによる便益算定の大まかな流れを図-5に示す。

(6) 結果と考察

モデルを用いて那珂川、六角川で公園便益算定を行った結果、直接利用価値は那珂川で96億円と、原手法により算定した値より7%大きくなった。六角川では140億円と、12%大きくなっている(図-6)。那珂川で便益が増加した理由は、競合公園の施設内容に対する評価が原手法とモデルとで異なっていたことが影響していると考えられる。原手法で抽出した11箇所の競合公園の中には、栃木県民の森や那須野ヶ原公園のように面積が大規模都市公園の平均的な値の3~4倍と大きな公園が含まれている。そのため競合公園の利用率が高く、計画公園の利用率は低い。一方、モデルで抽出した13競合公園の整備内容は平均値を一律に適用したため、計画公園の利用率が相対的に高く計算され、便益が大きくなったと考えられる。

六角川では競合公園数は23箇所と原手法と同じであるが、人口の多いゾーン東側の福岡市周辺に集中していた公園が、元々公園のなかった西側の佐賀県沿岸部に均一に振り分けられたため、福岡市周辺の競合公園が減少し、同市の住民が計画公園を選択する割合が高くなったため、便益が大きく算定されたと考えられる。また100万人以上の大都市が存在している場合でも誤差を概ね1割程度に抑えられるという結果になった。

間接利用価値は、那珂川では環境価値と防災価値を合わせて214億円と6%小さく、六角川で272億円と15%大きい結果となった(図-7)。間接利用価値では競合公園の整備内容は考慮されず、面積のみが考慮される。とりわけ防災拠点としての価値は公園の広場面積に依存する。直接利用価値で便益の減少に影響を与えた栃木県民の森や那須野ヶ原公園は緑地に覆われ広場が少ないため、防災拠点としての価値が低く、間接利用価値に関する影響は小さい。那珂川では原手法よりも競合公園の広場面積の合計を大きく見積もったため、その分計画公園の価値が低下し、便益が小さくなったと考えられる。六角川における過大評価の原因は直接利用価値と同じと考えられる。

また河川利用者の影響による相乗効果を考慮して算定を行った。その際、利用者数は、那珂川では関東の201人/km²、六角川では九州の42人/km²を使用した⁹⁾。結果、遊水地公園は一般公園と比較して年間にするにすると那珂川では約3,000万円、六角川では約600万円増の便益が見込まれることが示された。

4. 全国の遊水地公園整備ポテンシャル算定

那珂川、六角川でモデルの適用性を検証した結果、原手法と比較して誤差が1割程度に抑えられたことから、その妥当性が確認された。これを受け、全国における遊水地公園整備ポテンシャル算定を行う。実際

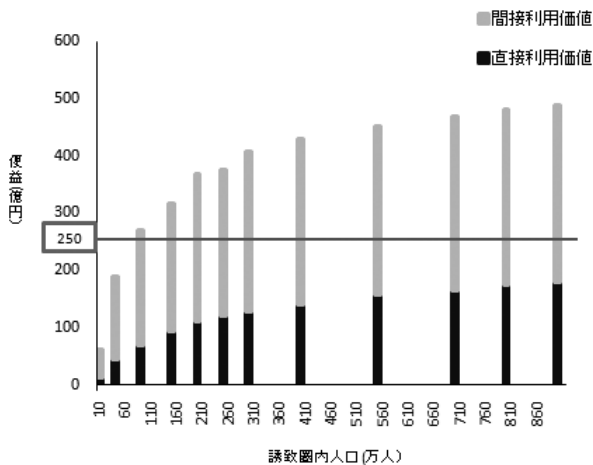


図-8 人口別に見た遊水地公園便益期待額

には、全国一級水系のうち2章で示したように遊水地よりも堤防の方が優れた費用対効果が見込まれる河川があるため、全109水系で遊水地建設を想定した算定を行うと過大評価になる恐れがある。従って遊水地建設の費用対効果が堤防よりも優れている河川を対象に算定を行うことにする。図-3で得られた結果より、流域形状係数が0.16より小さいことを条件に、109の一級水系のうち60の水系が遊水地有利型河川として抽出される。これらの水系において遊水地を建設したという前提のもと、前出のモデルを用いて公園整備の便益を算出すると、合計20,036億円(931億円/年)になった。

図-8は誘致圏人口に対する便益の変化を棒グラフで示したものである。同時に全国の国営公園と大規模都市公園の事業費をみると、用地費を除いた整備費は約1億円/haである。これに維持管理費250万円/ha(維持期間50年間、割引率4%)とした場合、100haの遊水地公園の整備費は約250億円となる。この値と図-8とを比較すると、人口が90万人以上の地域において遊水地を公園整備した場合、1を超える費用便益比が見込まれることになる。これには遊水地有利型河川の85%が含まれる。それらの総便益は合計で18,590億円、年間にすると約864億円となる。

実際には地形的な制約や都市開発の度合いなどにより、遊水地の設置が現実的とはいえない水系もある。流域のほとんどが山地であったり市街地が河川

に接近していたりして大規模遊水地の候補地が十分に選定できない水系を除外すると、実現性の高い水系は30に絞られ合計の総便益は11,015億円(512億円/年)と推定された。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- ① 流域形状係数が 0.16 を下回ると遊水地による治水が堤防よりも有利になり、全国の一級水系 60 水系が該当する。
- ② 那珂川、六角川に 100ha の遊水地公園を建設した場合、それぞれ 316 億円、356 億円の公園便益が生まれることが示された。
- ③ 公園便益算定簡易モデルを構築した。那珂川、六角川においてモデルの適用性を検証した。このモデルを用い、遊水地有利型の 60 水系で公園整備による便益を算定した結果、合計で 18,590 億円が期待されることが示された。
- ④ 50km 誘致圏人口が 90 万人以上の地点で公園整備の便益が費用を上回ると見込まれる。

参考文献

- 1) Bayerische Staatministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen: *Wasser für Franken "Die Überleitung"*, 2000.
- 2) 国土開発技術センター：解説・河川管理施設等構造令，山海堂，2000.
- 3) 総務省：個別公共事業の再評価結果一覧，2008.
- 4) 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，第 58 回日本統計年鑑，第 7 章「農林水産業」，2008.
- 5) 内田和子：遊水地と治水計画—応用地理学からの提言，古今書院，1985.
- 6) 国土交通省都市・地域整備局：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.
- 7) 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, 1998.
- 8) 国土交通省都市・地域整備局：都市公園データベース，2008.
http://www.mlit.go.jp/crd/park/joho/database/t_kouen/index.html
- 9) 国土交通省：平成 18 年度河川水辺の国勢調査，河川空間利用実態調査，2007.

(2010. 4. 8 受付)