

御笠川流域における貯留施設の治水効果の評価

THE ESTIMATION OF FLOOD CONTROL BY STORAGE FACILITY IN THE MIKASA RIVER WATERSHED

大槻順朗¹・大八木豊²・島谷幸宏³・朴埼璨⁴

Kazuaki OTSUKI, Yutaka OYAGI, Yukihiro SHIMATANI and Kichan PARK

¹学生会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡市西区 744)

²正会員 工修 (株)建設技術研究所大阪本社 (〒540-0008 大阪市中央区大手前 1-2-15)

³フェロー会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区 744)

⁴正会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区 744)

Urban development causes serious changes to watershed conditions by decreasing storage area, introducing pavement and channeling. As a result, the peak discharge has been increasing and the arrival time of peak becomes early. The purpose of this study is to investigate the state of retention facilities such as irrigation ponds and paddy area in Mikasa River watershed. The result of investigation shows the rate of the capacity of flood control of dam, ponds and paddy area are 37.1%, 14.6%, 48.3% and total capacity is 3,063,000m³.

For the estimate of the storage facility effects, we applied the distributed runoff model considering ponds and paddy area effects. The result of calculation showed that the peak discharge at Sanno Bridge decreased 36m³/s by dam, 31m³/s by ponds and 36m³/s by paddy area.

Key Words : *flood control, distributed model, storage facility, capacity of flood control*

1. はじめに

流域の都市化が進展した河川では、浸透・貯留機能の低下に伴う洪水流量増大に加え、近年、降雨強度の大きい集中豪雨の頻発により浸水被害が増加している。福岡都市圏を北流する典型的な都市河川・御笠川では、1999年6月、2003年7月の集中豪雨で甚大な浸水被害が発生し、都市機能が麻痺した¹⁾。2003年7月に発生した河川氾濫の直接の原因は、太宰府で観測開始以来最大となる時間雨量 99mm を観測した集中豪雨によるとみられているが、市街化の急速な進展も河川氾濫の誘因の一つとして示唆される。このような都市河川では、既存施設の治水効果を把握し、活用・強化する対策が望まれる。

御笠川流域における既存の貯留施設として、牛頸ダム他4基のダム、121基の農業用ため池、約6.2km²(流域面積の6.6%)の水田が現存している。これらのため池は、都市化の進展に伴い、埋め立てや維持管理の放置がみられる。また、ため池と並び高い貯留効果を有すると考えら

れる水田についても同様に、宅地・市街地との転換により著しく面積が減少している。

現在、御笠川では、段階的な整備が進められている中、河川整備とあわせて流域対策を実施することが望まれており²⁾、流域対策の一つとして、ため池・水田等の貯留施設の保全・有効活用が挙げられる。しかし、ダム、ため池、水田等の貯留施設の治水効果を個別に評価、比較している研究事例が少ない現状にある。福岡県では洪水被害軽減のため、既存のため池・水田の保存とともない、ため池の浚渫、越流堰の嵩上げなどを行い、貯留施設の空き容量の増加を考えている。しかし、空き容量の増加が洪水のピークカットに対する効果の評価は容易で無い。

本研究では、御笠川流域における農業用ため池、水田の貯留施設の実態を現地調査によって明らかにし、個別の治水効果を評価する解析モデルを構築し、シミュレーションにより各貯留施設の治水効果を評価するとともに、実際2003年発生した洪水を対象としてため池と水田の空き容量と洪水ピークカットの関係を明らかにした。

2. 御笠川流域の概要

本研究の対象である御笠川は、福岡都市圏（福岡市等の5市）を北流し、博多湾に注ぐ幹川流路延長24km、流域面積94km²の二級河川である。流域内には、福岡空港、JR博多駅、高速道路等の交通の要所が集中しており、九州の社会・経済の基盤となっている（図-1参照）。

対象流域内には、図-2に示す貯水池の分布図のとおり、125箇所の貯留施設（ため池121箇所、牛頸ダム他ダム4基）が存在する。

図-3に1997年現在の流域内の土地利用分布を示す。1997年現在、宅地・市街地が約62%、山林が約28%、田畑が約7%となっている。1950年当時、平野部に河川に沿うように分布していた田畑は、さらに山裾部分に沿って森林から農用地への転換が進められ、流域の約46%を占めるまでに増加していた。1950年から約50年間では、山林が約19%、田畑が約39%減少し、宅地・市街地が約57%増加しており、都市化が著しく進展した³⁾。

現在、流域内の大きな水田は、御笠川本川上流部、支川の鷺田川沿い大佐野川合流点付近の流域上中流部に残存している。下流部では、まとまった面積での水田は少なく、市街地に点在している状況である。

3. 御笠川における貯留施設の現地調査

(1) ため池の現地調査

対象流域に現存するため池の実態を明確にするため、2005年にため池台帳を収集するとともに、現地において貯水状況、洪水吐構造、利用方法等を調査した⁴⁾⁵⁾。図-4にため池の貯水容量の比較図を示す。全ため池の総貯水容量は、339万m³、洪水調節容量（有効貯水容量と総貯水容量の差）は、45万m³である。

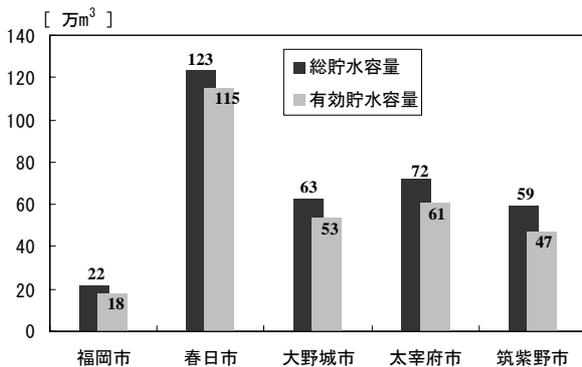


図-4 ため池貯水容量の比較図

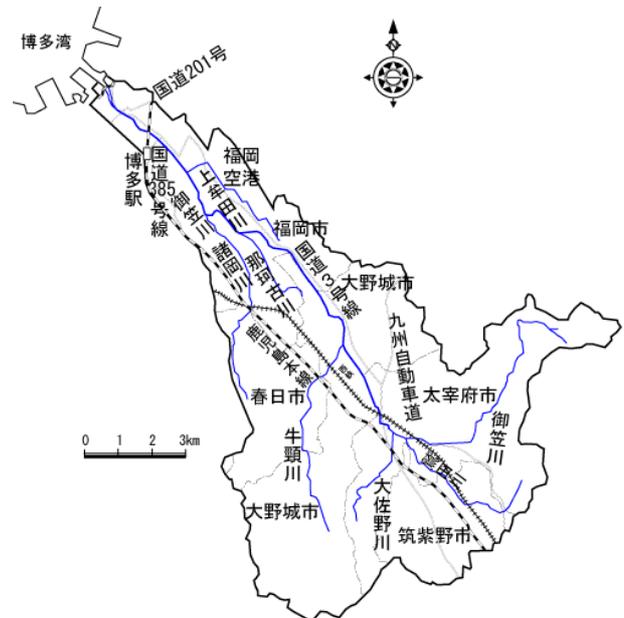


図-1 御笠川流域の概要

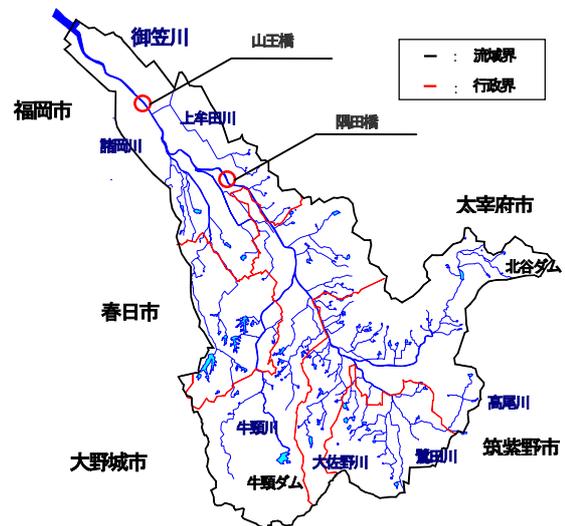


図-2 対象流域における貯水池の分布

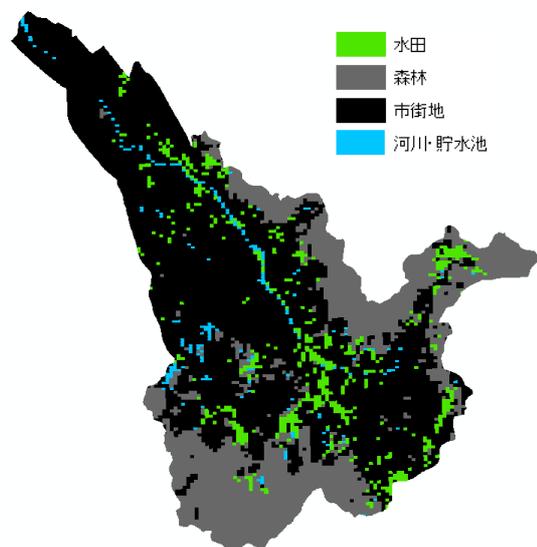


図-3 対象流域における土地利用分類図

(2) 水田の現地調査

御笠川流域内には約 6.2km²(流域面積の 6.6%)の水田が存在する。本研究では対象流域内の水田の雨水貯留能を明らかにするために、水田の畦畔高、湛水深を現地調査した。調査は 2003 年 7 月 19 日の福岡水害実績日に合わせて 2007 年 7 月 19 日から 20 日にかけて行った。調査した水田は総面積 923,000 m² (水田全体の約 15%) であった。本研究では洪水時の水田の湛水、流出状況を勘案し、以下のような手法で調査を行った。

御笠川流域のような都市化が進展している流域における水田は多くの道路や水路などの地盤高の高い部分に囲まれている。よって、水田の道路等より地盤高が低い部分は水田そのものあぜ高を越えて道路等の地盤高まで雨水を貯留可能と考えられる。逆に、地盤高が高い部分は水田のあぜを越えては雨水を貯留できない。これを考慮するため、図-5 の概念図に示すように水田をエリア分割した上で、貯留可能水深と湛水深を計測し、当該エリアの空き深さ(洪水時貯留可能水深)を算定した。設定した水田エリアは 71 エリア、総計測地点は 121 点であった。

図-6 に水田面積と空き容量のプロット図を示す。水田面積と畦畔高には特に相関は無いが、畦高 40cm 以下、または、水田面積 20,000m² 以下の範囲内であった。図-7 に設定エリア毎の水田の空き深さの分布を示す。空間的な傾向として、流域北部の都市部付近、また御笠川本線近傍は空き深さが大きい。これは分断する道路、排水路の規模が大きいこと、分断が特に高度であることが理由として考えられる。設定エリアの面積で重み付けした空き深さの平均値は 28.9cm であった。稲作の中干し期であったことから湛水深の平均は小さく 1.6cm であった。

(3) 貯留施設の貯水容量

ため池・水田の現地調査結果をもとに、流域内の貯留施設(ダム・ため池・水田)の貯水容量を表-1、貯水容量比率を表-2 にまとめた。貯留施設の総貯水容量は 745.3 万 m³ であり、その比率は 34.0%, 45.1%, 21.0% であった。空き容量(洪水調節容量)の総量は 306.3 万 m³ であり、その比率は 37.1%, 14.6%, 48.3% であった。

全ため池の空き容量(洪水調節容量)は 45 万 m³、水田の空き容量は約 148 万 m³ であり、牛頸ダムの洪水調節容量 110 万 m³ の各々約 40%, 約 135% に相当している。

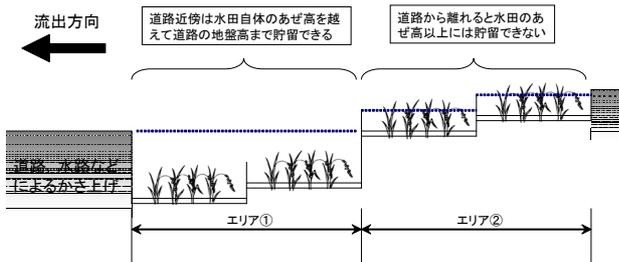


図-5 水田エリアの設定法

水田はダム・ため池など大きな流出抑制効果を発揮する施設と同等、もしくはそれ以上の規模を有している。

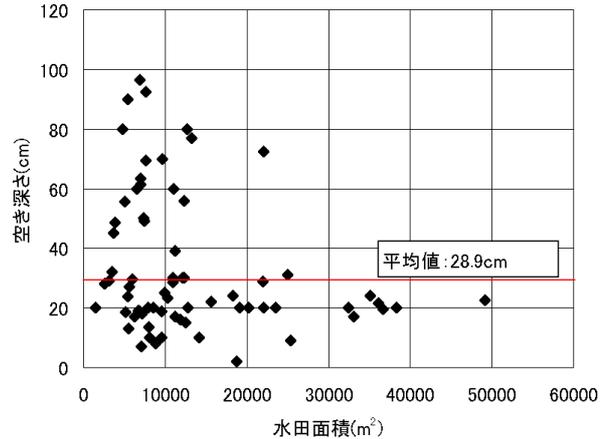


図-6 水田面積と空き容量

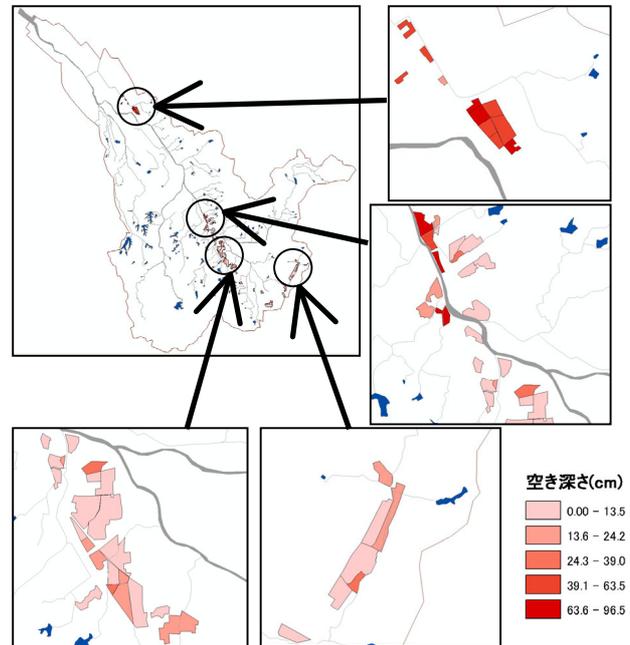


図-7 水田空き容量分布図

表-1 各貯留施設の貯水容量

	水表面積 (km ²)	流域面積 (km ²)	総貯水容量 (万 m ³)	空き容量 (洪水調節容量) (万 m ³)
ダム	0.24	5.6	253.1	113.5
ため池	0.863	16.7	336.0	44.8
水田	6.2	6.2	156.2	148.0
総量			745.3	306.3

表-2 各貯留施設の貯水容量比率

	水表面積 (%)	流域面積* (%)	総貯水容量 (%)	空き容量 (洪水調節容量) (%)
ダム	3.9	6.0	34.0	37.1
ため池	13.9	17.8	45.1	14.6
水田	82.2	6.6	21.0	48.3

*全流域面積(94km²)に対する比率

4. 分布型流出モデルの構築

(1) 分布型流出モデルの概要

本研究では、貯留施設の効果を個別に評価するため、分布型流出モデル⁶⁾⁸⁾を適用した。図-8に分布型流出モデルの概要図を示す。

計算に用いた分布型流出モデルは、流域内の全メッシュに鉛直方向に並べられた3層のモデル(表層、不飽和層、地下水層モデル)と河道モデルから構成されており、各層からの流出流量は、落水線に沿って河道モデルへ合流する。河道での流出流量はKinematic Wave法を用いて計算する。表層モデルでは等価粗度、最終浸透能等を、不飽和層モデルでは、土壌水分量と不飽和透水係数の関係を、地下水層モデルでは、透水係数をパラメータとして与える。本モデルの特徴としては土地利用、土壌、表層地質の水文学的な特性を反映できることが挙げられる。

(2) ダムのモデル化

洪水調節ダムについては、境界条件として、実績放流量(牛頸ダム、北谷ダムの2ダム)を当該メッシュの河川流量として設定した。

(3) ため池のモデル化

ため池については、2005年のため池実態調査⁴⁾より得られた個々の諸元(洪水吐構造、貯水容量等)を設定したため池モデル(洪水調節モデル)を分布型流出モデルに組み込んだ⁴⁾。一般に、農業用ため池では、Full Water Level以上、High Water Level以下の容量を洪水調節容量に設定している(図-9参照)。計算条件として、貯水位がFull Water Level以下の場合、流入水を貯留させ、High Water Levelを越える場合にも堤体天端を越流してないため洪水調節を行うと考えた。また、洪水調節開始水位をFull Water Levelの85%(2005年8月ため池実態調査時の貯水率)に設定した⁵⁾。

(4) 水田のモデル化

水田の貯留効果は、図-10に示すように現地調査で得られた空き深さを表層モデルの表面流出高として空間的に与え、調査未実施の小規模な水田に関しては空き深さの平均値を与えた。洪水の開始水深は0mに設定した。

(5) 御笠川流域への適用

対象流域のメッシュスケールとしては、200mメッシュ(基準地域メッシュ第3次地域区画の1/5)を採用し、対象流域を141流域、2,229メッシュに分割した(図-11参照)。国土数値情報標高データから、各メッシュの平均標高を取得し、水の流れる方向を規定した。また、国土数値情報の河道位置、河道長、河床高を取得し、河道モデルを作成した。

対象流域内に現存する貯留施設(牛頸ダム他ダム4基、ため池121箇所、水田)について上述のモデル化を行い、分布型流出モデルに組み込んだ。

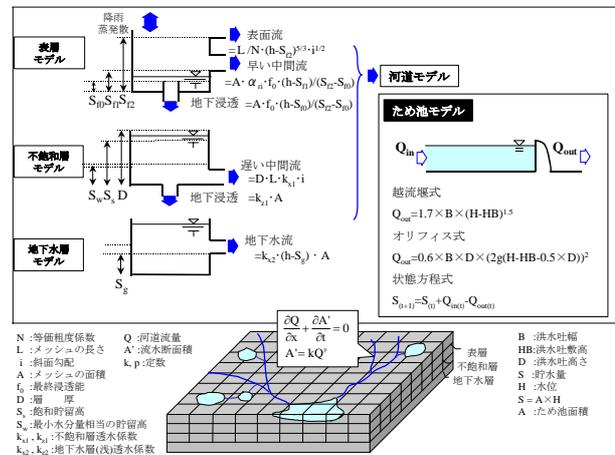


図-8 分布型流出モデルの概念図

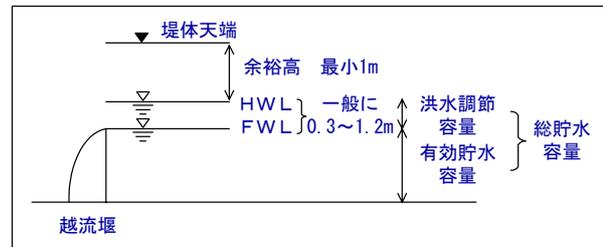


図-9 ため池の洪水調節容量の説明図

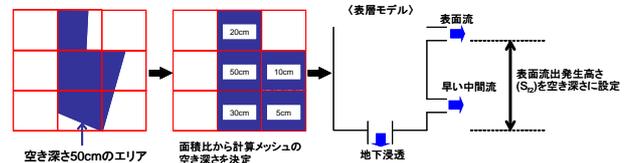


図-10 水田のモデル化説明図

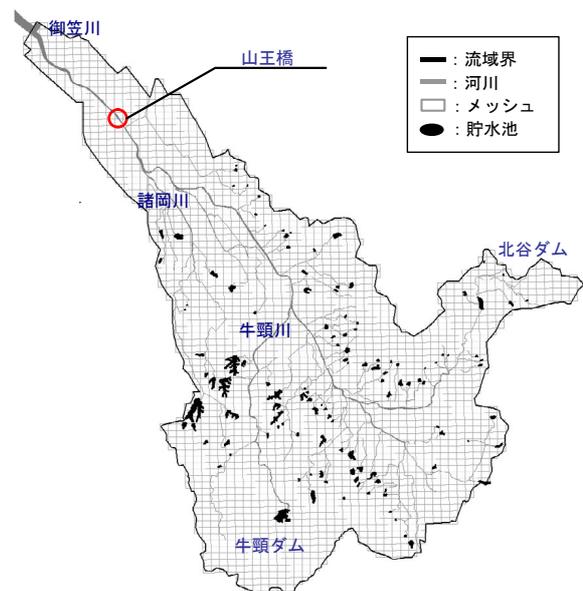


図-11 流域分割及びメッシュ分割図

(6)再現計算

モデルの検証のため、2003年7月19日洪水を対象に水田の現地調査結果を反映させたモデルパラメータを用い、表-3に示すCase-4の条件で再現計算を行った。シミュレーションは10分単位で行い、山王橋地点の河川流量の実測値と計算値を比較して、各種パラメータの同定を行った。

雨量データについては、図-12に雨量観測所位置・雨量分布を示すとおり、6観測所（福岡県、気象庁）でティーン分割を行い、各メッシュに時間雨量を与えた。

表層モデルでは、土地利用分類データ（1/10細分区画土地利用分類データ：図-3参照）により各メッシュを分類し、等価粗度係数、透水係数、流出高等を設定した。不飽和層モデルでは、土壌データから浸透性の度合別に3分類⁹⁾し、不飽和浸透特性を設定した。また、地下水層モデルでは、表層地質データから浸透性の度合別に3分類⁹⁾し、透水係数、流出高等を設定した。図-13に山王橋地点における河川流量の再現計算結果を示す。

5. 貯留施設による効果の評価

ため池・水田の各々の貯留施設の貯留効果を明らかにするため、表-3のCase-1～4の条件シミュレーションを行った。水田無のケースには水田に市街地と同じパラメータを与えている。図-14に山王橋地点における流出流量を示す。Case-1とCase-2の比較からため池の治水効果により、ピーク流量を約31m³/sカットしている。また、Case-1とCase-3の比較から水田によってピーク流量が27m³/sカットされていると考えられる。洪水調節ダムで約36m³/sのピーク流量カットが見られた(参照)ので、ダム、ため池、水田はほぼ同等の流出抑制機能があったと考えられる。また、Case-1とCase-4の比較により、ため池、水田とも機能していなかった場合、94m³/sの流出ピーク量の増大があったと考えられる。

貯水施設ごとのピークカット流量と空き容量を表-4に示す。各々の施設がほぼ同規模のピークカットに貢献しているが、空き容量との比較から見ると、ため池がより効率よくピークカットしており、次いでダム、水田と続く。

表-3 計算条件

	施設効果	
	ため池	水田
Case-1	有	有
Case-2	有	無
Case-3	無	有
Case-4	無	無

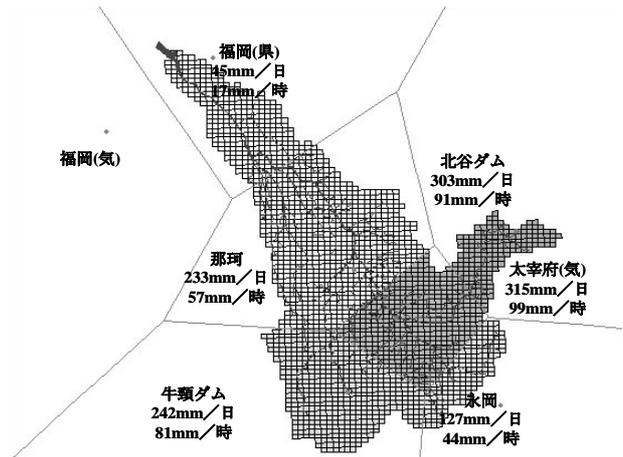


図-12 雨量観測所位置・雨量分布(2003年7月19日)

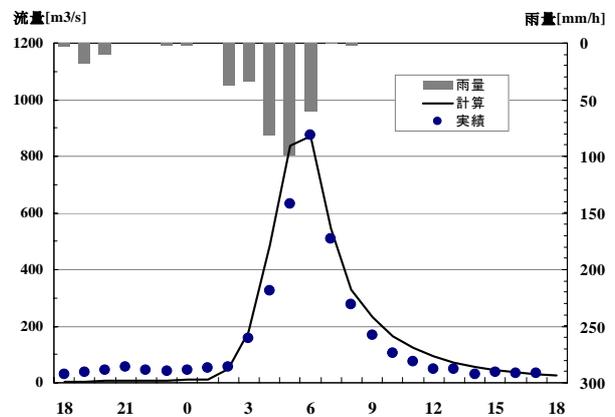


図-13 河川流量の再現結果

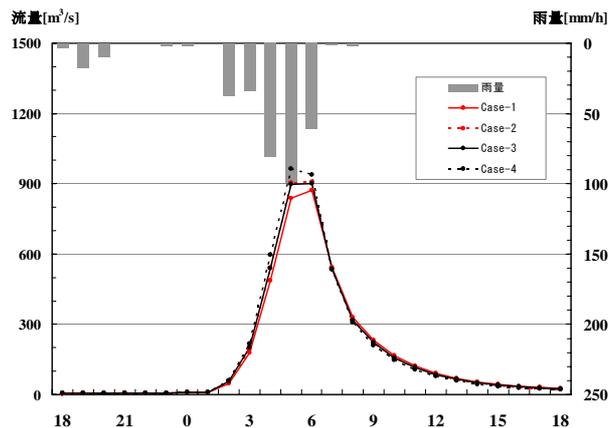


図-14 ため池・水田による洪水流量の変化(山王橋)

表-4 各施設のピークカット流量と空き容量

	ダム	ため池	水田
ピークカット流量 (m ³ /sec)	36*	31	36
空き容量(万 m ³)	113.5	44.8	148.0

*実績値

図-15にため池（白水大池）、図-16に水田の貯水位（タンク内水位の平均値）の時系列変動を示す。水位の立ち上がりからFWL・平均畦畔高を超えるまでの時間を合わせて示しているが、ため池より水田の方が早く流出するに至っていることが分かる。このことは水田がため池より大きな空き容量を持っているにもかかわらず、山王橋におけるピークカットが同程度であったことの原因であると考えられる。ため池は流域を持ち、雨水を集めるのに時間遅れを伴うが、水田は流域を持たないオンサイトであり、水表面積が大きいので降雨を直接捉えるので時間遅れを伴わないこと、また、ため池の多くは主要な排水施設（越流堤など）の他に、副次的な排水施設を持つことが多いことが理由として考えられる。

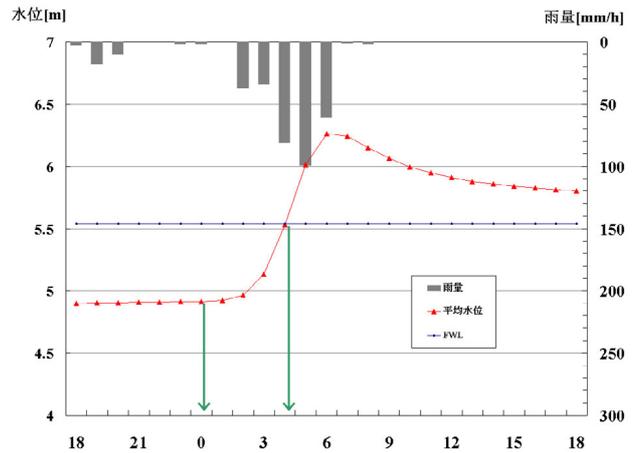


図-15 洪水時のため池（白水大池）の水位変動

6. 結論

本研究は、流域内の貯留施設（ため池・水田）の現地調査し、得られた諸元に基づく洪水流出シミュレーションを実施し、貯留施設の治水機能を個別に評価したものである。得られた結果を要約すると下記のとおりである。

- ① ため池、水田の現地調査の結果、ダム・ため池・水田の各貯留施設の空き容量等の諸元を明らかにした。空き容量では水田が全体の約48%、次いでダム37.1%、ため池14.6%であった。また貯留施設全体の空き容量は約306万 m^3 であった。
- ② ため池、水田の利水運用、空き容量を考慮した分布型流出モデルを御笠川流域に適用し、2003年7月19日の洪水を対象にシミュレーションを行い、再現性を確認した。
- ③ 各貯留施設の洪水調節機能を評価するため、山王橋でのピーク流量の低減量をシミュレーションしたところ、ダム、ため池、水田とも35 m^3/s 前後の洪水調節機能が確認できた。各施設の空き容量と比較すると、水田は空き容量に対してピークカット流量が小さく、逆にため池は空き容量に対してピークカット流量が大きかった。
- ④ 山王橋におけるピークカット流量と各施設の空き容量の関係の要因を明らかにするために、ため池（白水大池）と水田の平均水位をシミュレーション結果より示した。水田は水位の立ち上がりから間もなく平均畦畔高を超えてしまうが、ため池はFWLとなるまでにある程度の時間を要した。この原因を水表面積の違いと流入水の時間遅れ、ため池の構造の3つを原因と考えた。

謝辞：貴重な資料を提供して頂いた福岡県土木部河川課並びに福岡県福岡農林事務所農地計画課に感謝の意を表します。

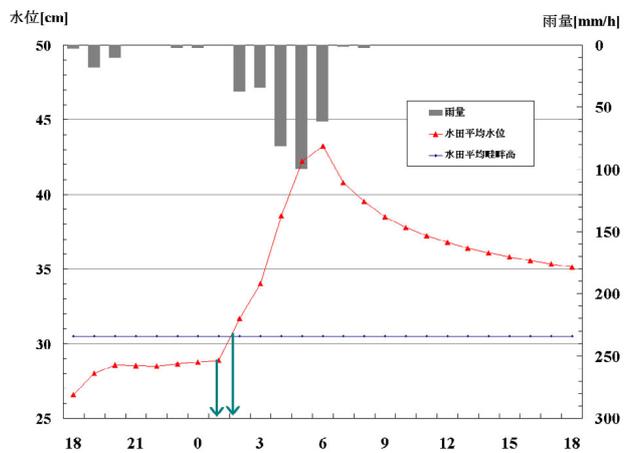


図-16 洪水時の水田の水位変動（タンク内水位の平均値）

参考文献

- 1) 橋本晴行, 朴崎璨他：御笠川流域の洪水氾濫と博多駅周辺の地下空間浸水被害調査, 2003年7月九州豪雨災害に関する調査研究成果報告書, pp.35-48, 2004.
- 2) 福岡県：御笠川水系河川整備基本方針, 2003.
- 3) 江崎哲郎, 他：長期的土地利用の変化からみた自然災害の拡大, 2003年7月九州豪雨災害に関する調査研究成果報告書, pp.23-33, 2004.
- 4) 大八木豊, 島谷幸宏他：御笠川流域におけるため池の治水効果, 河川技術論文集, Vol.11, pp.261-266, 2005.
- 5) 大八木豊, 島谷幸宏他：ため池を用いた御笠川流域の治水強化策, 水工学論文集, Vol.50, pp.325-330, 2006.
- 6) 安陪和雄, 大八木豊他：分布型流出モデルの広域的適用, 水工学論文集, Vol.46, pp.247-252, 2002.
- 7) 吉野文雄, 吉谷純一他：分布型流出モデルの開発と実流域への適用, 土木技術資料, Vol.32-10, pp.54-59, 1990.
- 8) 鈴木俊朗, 寺川陽他：実時間洪水予測のための分布型流出モデルの開発, 土木技術資料, Vol.38-10, pp.26-31, 1996.
- 9) 中野秀章：森林水文学, 共立出版, 1980.

(2007.9.30 受付)