

ため池の治水・利水効果に関する研究

THE EFFECT OF FLOOD CONTROL AND WATER UTILIZATION BY IRRIGATION PONDS IN THE MIKASA RIVER WATERSHED

杉本知佳子¹・大八木豊²・島谷幸宏³・大槻順朗¹・朴埼璨⁴

Chikako SUGIMOTO, Yutaka OYAGI, Yukihiro SHIMATANI, Kazuaki OTSUKI and
Kichan PARK

¹ 学生会員 九州大学大学院工学府 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

² 正会員 工修 (株)建設技術研究所九州支社 河川部 (〒810-0041 福岡市中央区大名 2-4-12)

³ フェロー会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

⁴ 正会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

Urban developments cause serious changes to watersheds conditions by decreasing storage area, introducing pavement and channeling. As a result, the peak discharge has been increasing and the arrival time of peak flow becomes early. The purpose of this study is to clarify flood control capacity and water utilization of irrigation ponds in Mikasa River watershed. For the estimate of the irrigation ponds effects, we applied the distributed runoff model considering ponds effects for long periods. As flood control capacity of them, the result of calculation showed that the peak discharge at the Sanno Bridge decreased $31\text{m}^3/\text{s}$ in July 19, 2003. As water utilization capacity, they supply rice paddies of 303ha with irrigation water of $4,600,000\text{m}^3$ by the year. Therefore, irrigation ponds have a great impact on water cycle.

Key Words : flood control, water utilization, irrigation pond, distributed model

1. はじめに

ため池は、ダムと同様に治水・利水機能を有しているが、都市化された流域では灌漑面積の減少に伴いたため池の埋め立て、維持管理の放置がみられる。研究対象の御笠川流域は、九州の社会・経済の基盤となっており、都市化の進展が著しい流域であるが、流域の特性として、121基の農業用ため池が存在する。

御笠川流域では、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ている。1999年6月の福岡水害では、約2,500戸の家屋が浸水し、博多駅周辺では、地下施設全面積の約50%が浸水する等、都市機能が麻痺した¹⁾。2003年7月の水害でも博多駅周辺が再び浸水した。

御笠川流域の治水面の課題としては、全国都市河川の共通課題であるが、度重なる水害を受けて、抜本的な対策を迫られているものの、河道拡幅により河積を確保す

ることや新たに洪水調節ダム、遊水地を設置することは困難となっている。また、利水面の課題としては、自己流域内の水資源が乏しいことが挙げられる。

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、ため池の保全・有効活用が挙げられる。

この農業用ため池は、2003年7月洪水を対象に分布型流出モデルを用いた短期間のシミュレーションにより治水効果を評価した結果、流域からの雨水流出を抑制する重要な貯留施設になることを報告した³⁾。また、洪水調節開始貯水率がピークカット量に大きく寄与することが明らかとなったが、日々のため池の貯水量が不明である。本研究は、ため池の利水運用を考慮した長期間のシミュレーションを実施し、様々な洪水波形に対する治水効果、利水効果を評価することを目的とした。

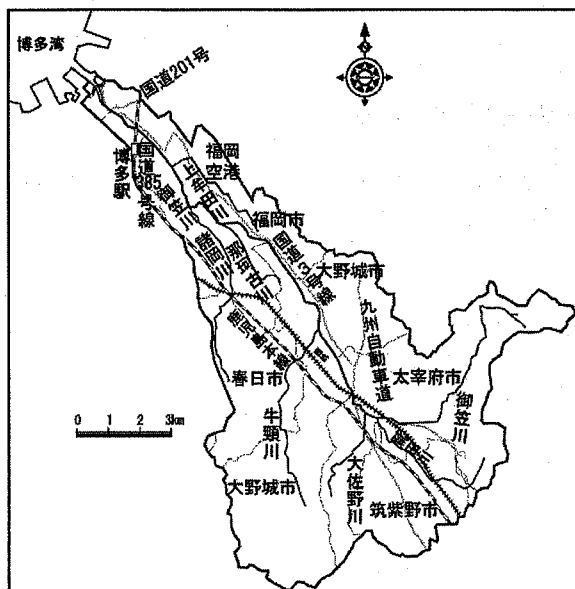


図-1 御笠川流域の概要

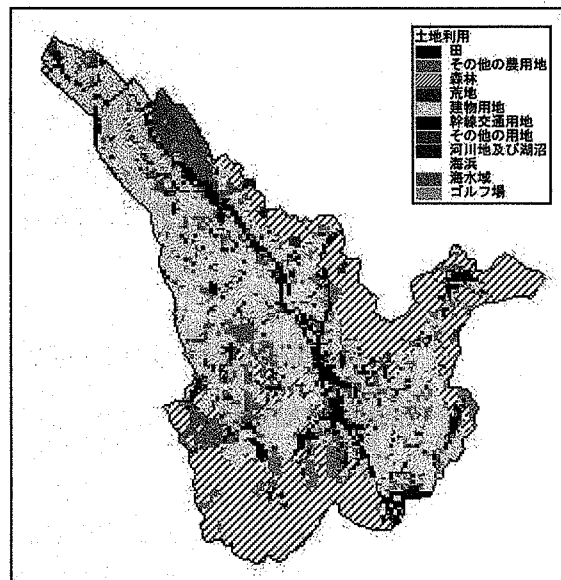


図-3 土地利用分類図

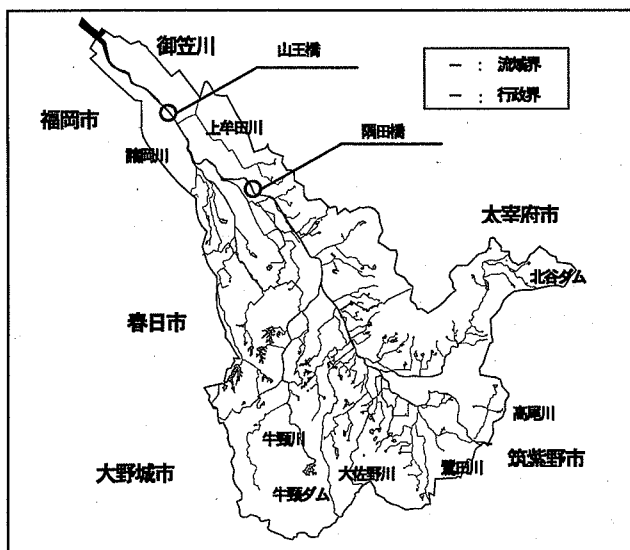


図-2 対象流域における貯水池の分布

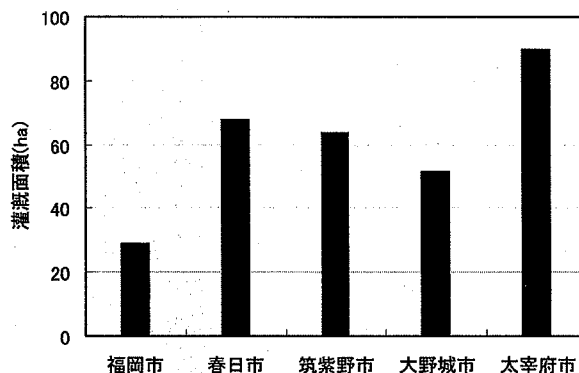


図-4 ため池がかりの灌漑面積の比較図

表-1 ため池の貯水率の比較表 (2005 年 8 月) [%]

有効貯水容量	福岡市	春日市	大野城市	太宰府市	筑紫野市	平均
5000 ^{m3} 未満	63	89	61	81	87	74
5000~10000 ^{m3}	62	69	82	81	81	79
10000~20000 ^{m3}	47	100	91	72	74	73
20000 ^{m3} 以上	61	95	88	86	76	88
平均	55	94	87	80	76	85

貯水率=貯水量/有効貯水容量×100 (図-7 参照)

2. 御笠川流域におけるため池の概要

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。2005年に対象流域に現存するため池の実態を明確にするため、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³⁾。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であり、牛頸ダムの洪水調節容量110万m³の約40%に相当している。

流域内の土地利用は、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（図-3参照）。1950年から48年間で、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、都市化の進展は著しい⁴⁾。図-4にため池がかりの灌漑面積の比較図を示すとおり、現在の全灌漑面積は303haである。都市化の進展とともに田畑が急減し、流域内にある農業用ため池の利水量は、過去より減少したと考えられる。

また、表-1に有効貯水容量別のため池の貯水率を示す。2005年8月灌漑期におけるため池の貯水率を調査した結果、対象流域における全ため池の平均貯水率は85%であった。ため池の貯留水は、農業用水として利用されるため、貯水位はFull Water Levelを下回っている。

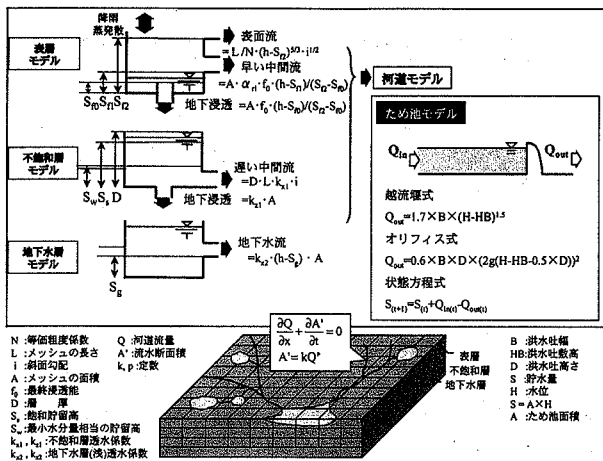


図-5 分布型流出モデルの概念図

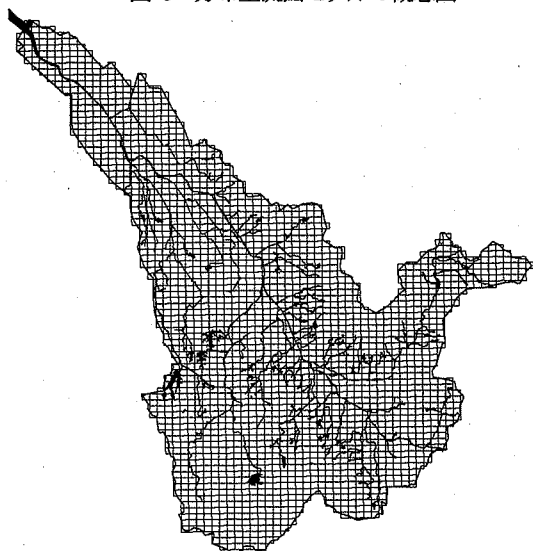


図-6 メッシュ分割図

3. 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、対象流域内に存在する個々のため池の治水効果を評価するため、分布型流出モデル⁹⁾にため池モデル(洪水調節計算・補給計算)を組み込んだ。図-5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いる。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、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、ため池の貯溜効果以外にも土地利用、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) 分布型流出モデルの構築

対象流域のメッシュスケールとしては、200mメッシュ

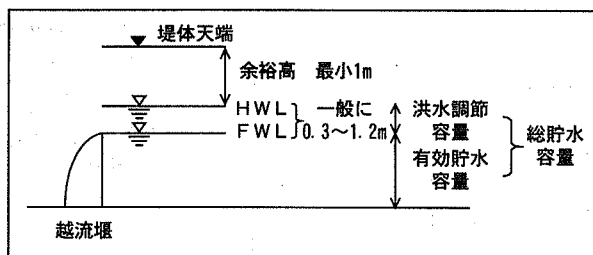


図-7 ため池の洪水調節容量の説明図

表-2 境界条件

モデル	境界条件	設定方法
表層モデル	時間雨量	6観測所(福岡県、気象庁)の配置図より、それぞれの代表範囲をティーン分割により求め、各メッシュに地上雨量計の時間雨量を与えた。
	農業用水	減水深法により各メッシュの必要水量を推定した。
表層モデル・不飽和層モデル	蒸発散量	太宰府(気象庁)を代表観測所としてPenman式を用いて蒸発散量を推定した。
河道モデル	河川流量	牛頸ダム、北谷ダムの2ダム(洪水調節ダム)からの時間放流量を河道モデルの境界条件として与えた。

(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-6に対象流域のメッシュ分割図を示す。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。

(3) ため池のモデル化の方法

図-7に示すとおり、Full Water Level以上、High Water Level以下の容量が洪水調節容量となり、一般に、0.3m~1.2m程度の水深である。また、ため池の安全性を確保するよう堤体天端まで最小1m程度の余裕高を持っている。

農業用ため池の貯水位は、一般にFull Water Levelに維持されている。しかし、灌漑期に無降雨が続く場合、ため池の貯留水を農業用水として使用するため、貯水位はFull Water Levelを下回り、次の出水に対する洪水調節容量が増加する。本研究では、ため池の治水・利水効果を可能な限り詳細に定量化するため、下記に示すとおり、洪水調節計算・農業用水補給計算を同時に実施するため池モデルを構築した。

- ①洪水調節計算を実施するため、実態調査より得られたため池諸元(洪水吐構造、貯水容量等)を設定した。流域内のため池の洪水吐型式は、越流堰式、オリフィス式及び底部放流式の3種類(組合せ6種類)である。
- ②農業用水補給計算を実施するため、減水深法により減水深、田面降水量等から単位面積あたりの必要水量を算定し、ため池がかりの灌漑面積を乗じて、農業用水補給量を推定した。

(4) 境界条件の設定

境界条件として、表-2に示す条件を各モデルに設定した。洪水調節ダムの実績放流量(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。また、

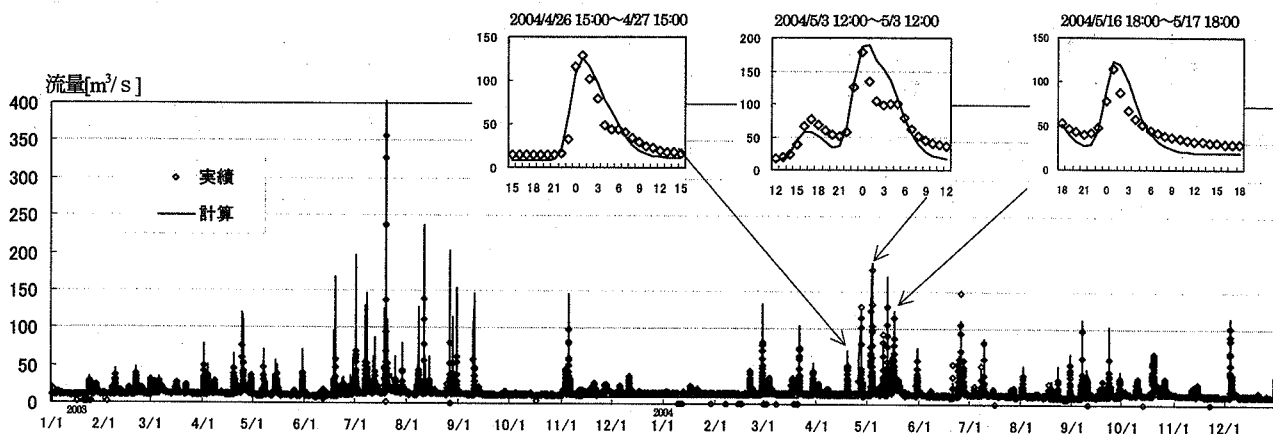


図-8 隅田橋における河川流量の再現計算結果 (2003 年～2004 年)

Penman 式を用いて可能蒸発散量を算定し、古藤田による補正係数⁹⁾を乗じて実蒸発散量を推定した。2003 年～2004 年の 2 年間の実蒸発散量 (平均値) は、617mm/年であった。

(5) 再現計算

2003 年 1 月 1 日～2004 年 12 月 31 日の 2 年間を対象に長期シミュレーション (ため池の洪水調節計算・補給計算) を行った。シミュレーションは 10 分単位で行い、山王橋及び隅田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。表層モデルでは、土地利用分類 (国土数値情報・1/10 細分区画土地利用分類データから抽出) 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-8 に隅田橋地点における河川流量の再現計算結果を示すとおり、河川流量を良く再現できている。

4. ため池の治水効果

(1) 計算条件

本研究では、ため池の治水効果を評価するため、3 洪水を対象として表-3 の 12 ケースについて検討を行った。対象洪水は、1 つの大洪水 (2003 年 7 月 19 日) と 2 つの小洪水 (2004 年 4 月 27 日、5 月 4 日) である。降雨分布の違いによる治水効果の差異を評価するため、CASE-B (均一な降雨分布: 観測所の平均値) における治水効果を検討した。なお、2003 年 7 月 19 日の洪水においては、短期の集中豪雨が発生している上流域の観測所の平均を与えた。

(2) ため池全体の治水効果

図-9 (a) ～ (f) に山王橋地点における各ケースの河川流量を示す。図-9 (a) は 2003 年 7 月 19 日の大洪水における

表-3 計算条件

	ため池 有無	対象洪水	洪水調節の条件	洪水調節開始水位
CASE-A1	無	2003年7月19日 (実績)	—	—
CASE-A2	有	2003年7月19日 (実績)	洪水調節容量: HWL以上 FWL以下: 流出量=0m³/s	計算値 (農水補給計算)
CASE-A3	無	2004年4月27日 (実績)	—	—
CASE-A4	有	2004年4月27日 (実績)	洪水調節容量: HWL以上 FWL以下: 流出量=0m³/s	計算値 (農水補給計算)
CASE-A5	無	2004年5月4日 (実績)	—	—
CASE-A6	有	2004年5月4日 (実績)	洪水調節容量: HWL以上 FWL以下: 流出量=0m³/s	計算値 (農水補給計算)
CASE-B1	無	2003年7月19日 (平均値)	—	—
CASE-B2	有	2003年7月19日 (平均値)	洪水調節容量: HWL以上 FWL以下: 流出量=0m³/s	FWL×0.85
CASE-B3	無	2004年4月27日 (平均値)	—	—
CASE-B4	有	2004年4月27日 (平均値)	洪水調節容量: HWL以上 FWL以下: 流出量=0m³/s	FWL×0.85
CASE-B5	無	2004年5月4日 (平均値)	—	—
CASE-B6	有	2004年5月4日 (平均値)	洪水調節容量: HWL以上 FWL以下: 流出量=0m³/s	FWL×0.85

ため池有無の河川流量を比較したものである。ため池全体の貯留効果により山王橋地点のピーク流量 903 m³/s を 872 m³/s に 31m³/s の流量をカットしている。洪水調節ダム (牛頭ダム、北谷ダムの 2 ダム) の実績洪水調節量が 36m³/s であることから、ため池全体で洪水調節ダムの 86% の治水効果を有していることが分かる。

2003 年 7 月洪水時に山王橋地点の疎通能力である 730m³/s 以上の流量は、すべて氾濫したと仮定すると、山王橋地点から氾濫した総水量は、CASE-A2 の場合 64 万 m³ となる。これは、災害後の調査で得られた山王橋下流部での浸水量 69 万 m³ と近い結果である。当時の水害は、ため池の治水効果により氾濫水量 41 万 m³ がカットされ、浸水被害を軽減させていると考えられる。

また、図-9 (b) に示す 2004 年 4 月 27 日洪水では、山王橋地点のピーク流量を 14m³/s、図-9 (c) に示す 2004 年 5 月 4 日洪水では、20m³/s カットしている。小洪水時には、ピーク流量に比べて大きな治水効果がみられた。

均一な降雨分布の場合、図-9 (d) に示す 2003 年 7 月 19 日の洪水では、山王橋地点のピーク流量 1,038m³/s を 19m³/s カットしている。CASE-A2 に比較して、降雨量が増加したため、カット量が低減している。一方、図-9 (e) に示す 2004 年 4 月 27 日洪水では、カット量が 21m³/s、

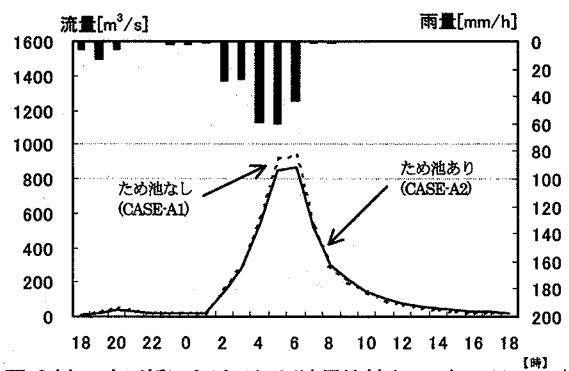


図-9(a) 山王橋における河川流量比較(2003年7月19日)

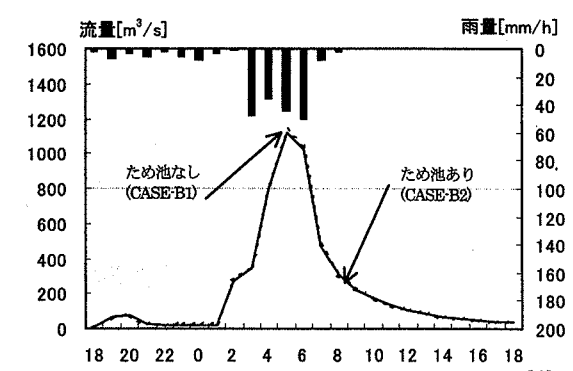


図-9(d) 山王橋における河川流量比較(2003年7月19日)

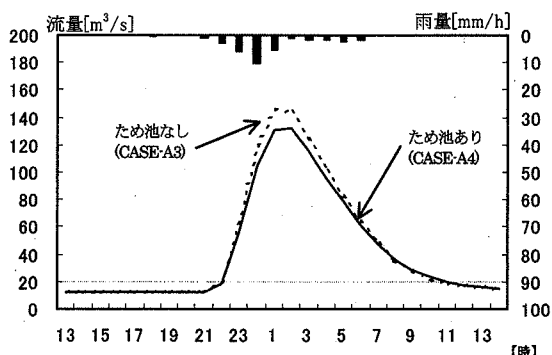


図-9(b) 山王橋における河川流量比較(2004年4月27日)

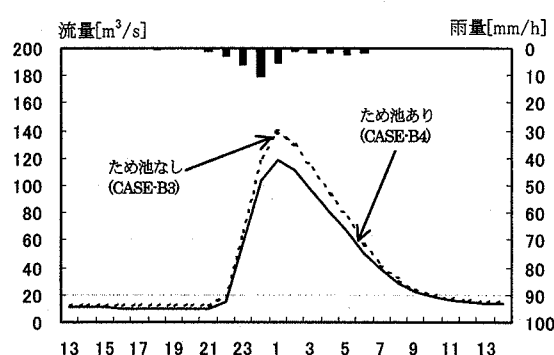


図-9(e) 山王橋における河川流量比較(2004年4月27日)

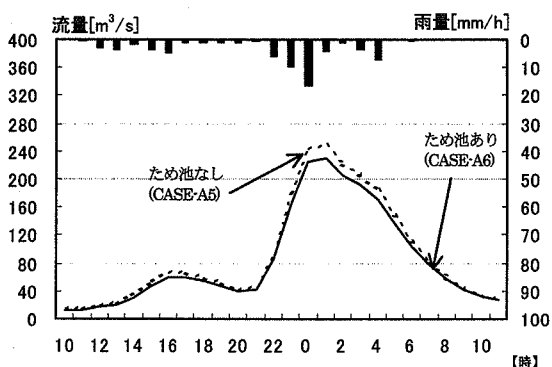


図-9(c) 山王橋における河川流量比較(2004年5月4日)

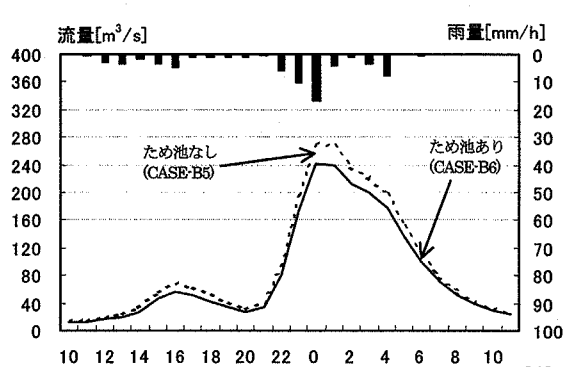


図-9(f) 山王橋における河川流量比較(2004年5月4日)

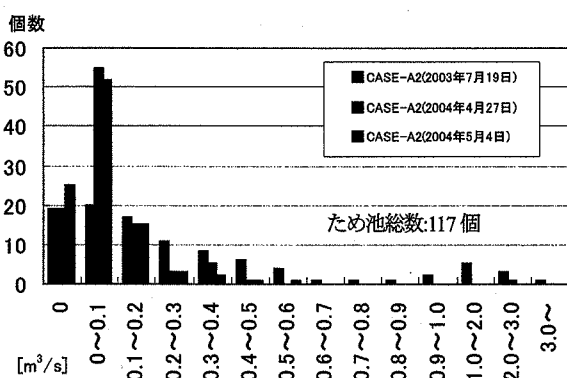


図-10 ため池の洪水調節量分類図

図-9(f) に示す 2004 年 5 月 4 日洪水では、カット量が $32\text{m}^3/\text{s}$ である。ため池全体の洪水調節開始貯水率を 85% に設定(貯留量が増加)したことにより、CASE-A4 や CASE-A6 の場合よりカット量が増加している。

(3) 個別のため池の治水効果

CASE-A2 の計算結果をもとに、個別のため池の洪水調

節量を整理した。この結果を図-10 に示す。図をみると、2003 年 7 月 19 日の洪水では、洪水調節量が $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 以下のため池が全体の 39% を占めている。対象洪水時に効果がみられないため池が 20 箇所ある一方で、洪水調節量が $1\text{m}^3/\text{s}$ 以上のため池が 9 箇所存在している。2004 年 4 月 27 日、5 月 4 日の小洪水では、効果がみられないため池の個数は、2003 年 7 月 19 日の洪水と同程度である。また、小洪水では、洪水調節量が $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 以下のため池の割合は、約 55% と大きい。

5. ため池の利水効果

2003 年 1 月 1 日～2004 年 12 月 31 日の 2 年間を対象に実施した現況再現計算から、図-11 にため池全体の貯水量及び補給量の変化図を示す。ため池全体の貯水量は、 $262 \sim 327 \text{万 m}^3$ (Full Water Level の 90～113%) で推移する結果となった。2005 年 8 月灌漑期におけるため池の貯水率

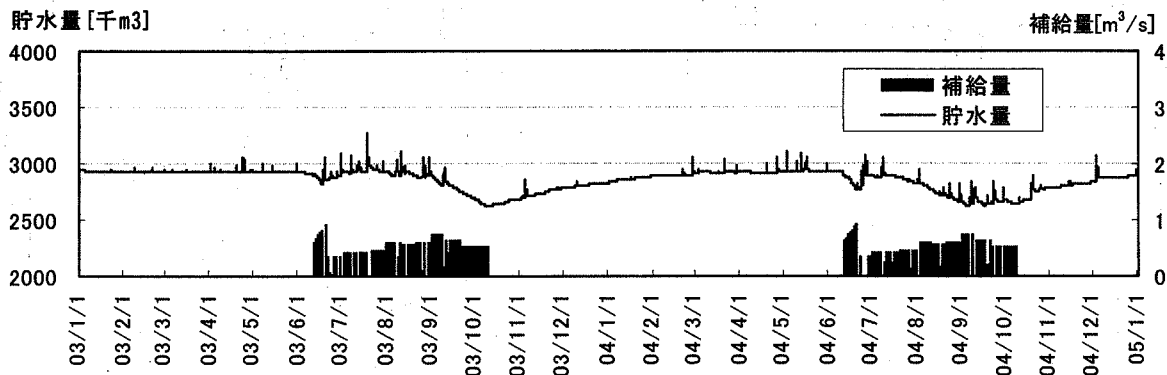


図-11 ため池全体の貯水量及び補給量の変化図（2003 年～2004 年）

が 85%であったことから、貯水量の計算値の方が、実績値より大きな値であると考えられる。この原因として、ため池の実運用と減水深法による補給計算との差異や蒸発量を考慮していないこと等が挙げられる。

ため池の利水効果として、303ha の水田に年間約 460 万 m^3 の農業用水を補給しており、年間降水量と年間蒸発散の差（約 10,750 万 m^3 ）の約 4%を占めることが分かった。自己流域内の水資源が乏しい対象流域において、ため池の貯留水は貴重な水源といえる。一方、流域内にある農業用ため池の利水量は、過去より減少していることから、有効貯水容量を洪水調節容量に振り替え、治水面に配慮したため池の運用を行うことができる。

6. 結論

本研究は、ため池の利水運用を考慮した長期間のシミュレーションを実施し、御笠川流域内の農業用ため池の治水・利水効果を評価したものである。得られた結果を要約すると以下ようになる。

- ①ため池の洪水調節計算・補給計算を組込んだ分布型流出モデルを適用し、2003 年 7 月 19 日の洪水を対象にため池全体の治水効果を評価した結果、山王橋地点で $31\text{m}^3/\text{s}$ のピーク流量カット（洪水調節ダムは $36\text{m}^3/\text{s}$ カット）の効果がみられた。
- ②小洪水時には、ピーク流量に比べて大きな治水効果がみられた。ため池全体の洪水調節開始貯水率を低下（貯留量を増加）させることにより、治水効果をあげることができる。
- ③個々のため池の治水効果は、ダム等の大施設の効果に比べると小さいが、ピーク流入量を大幅に逓減させているため池もみられることから、周辺地域に与える効果は大きい。
- ④ため池の利水効果として、303ha の水田に年間約 460 万 m^3 の農業用水を補給しており、年間降水量と年間蒸発散の差の約 4%を占め、ため池の貯留水は貴重な水源となっている。

7. 今後の課題

アンケート・ヒアリング調査によりため池の運用状況を把握するとともに、渇水期を含めた長期間のシミュレーション（ため池貯水位のモニタリング結果を再現、蒸発量を考慮）を実施し、有効貯水容量を洪水調節容量に振り替え、治水面に配慮したため池の運用を研究する予定である。

対象流域において「洪水調節」として利用予定のあるため池は少なく、減少傾向にあることから、今後、洪水調節用ダムの運用と連携し、ため池の利水機能を維持しつつ治水面に配慮した運用が期待される。

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。

参考文献

- 1) 橋本靖行, 朴埤瑛他：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) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 古藤田一雄：Estimation of River Basin Evapotranspiration, Environmental Research Center Papers, No.8, pp.1-66, 1986.
- 9) 中野秀章：「森林水文学」共立出版, 1980.

(2006. 4. 6 受付)