

ため池を用いた御笠川流域の治水強化策

THE PROPOSE OF FLOOD CONTROL IN THE MIKASA RIVER WATERSHED USING IRRIGATION PONDS

大八木豊¹・島谷幸宏²・杉本知佳子³・加藤憲介³・朴崎璨⁴

Yutaka OYAGI, Yukihiro SHIMATANI, Chikako SUGIMOTO, Kensuke KATO and
Kichan PARK

¹ 正会員 工修 ㈱建設技術研究所九州支社 (〒810-0041 福岡市中央区大名 2-4-12)

² 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)

³ 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)

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 investigate the empty capacity of irrigation ponds in the Mikasa River watershed and to clarify flood control capacity of them. The result of this study, the catchments area of all irrigation ponds was about 18%, the capacity of flood control was about 450,000m³ in the Mikasa river watershed. To estimate the flood control ability of irrigation ponds, we applied the distributed runoff model considering ponds effects about flood disaster in July 19, 2003. The result of calculation showed that the peak discharge at the Sanno Bridge decreased 36m³/s by the irrigation ponds.

Key Words : flood control, irrigation pond, distributed model

1. はじめに

都市河川では、流域の市街化に伴う浸透・貯留機能の低下、排水路整備による流下速度の増大等により、流出ピーク量の増加や洪水到達時間の短縮が生じている。さらに、近年は、都市域を中心に降雨強度の大きい、短期集中の豪雨が頻発している。

研究対象である御笠川流域においても 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。

御笠川では、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。これは、御笠川に限らず、全国都市河川

の共通課題とも言える。

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治水対策を実施することが望まれている²⁾。また、2004 年 12 月に策定された「豪雨災害対策緊急アクションプラン」³⁾の中で、既存施設の有効活用が謳われ、ダム事前放流（操作ルールの変更）等の具体策が模索されている。御笠川流域の特性として、2 基の洪水調節ダムと 121 基の農業用ため池が存在する。この農業用ため池は、流域からの雨水流出を抑制する重要な貯留施設にも成るが、その治水効果は、十分に評価されていないのが実状である。

本研究は、ため池の貯留効果に着目し、御笠川流域における治水対策の一つとして、農業用ため池の有効活用案を提案することである。そのため、現地調査により流域内のため池の実態・運用を調査するとともに、分布型流出モデルを用いたシミュレーションによりその治水効果を把握し、治水機能強化策を提案した。



図-1 御笠川流域の概要

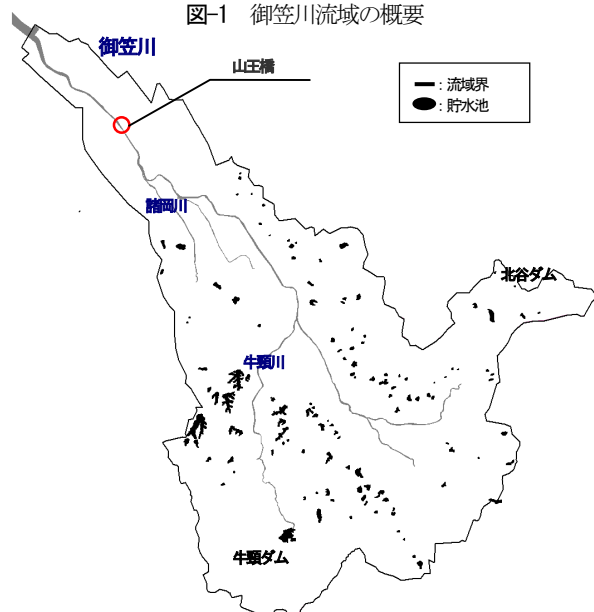


図-2 対象流域における貯水池の分布

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）。

流域内の土地利用は、1950年には宅地・市街地が約5%、山林が約47%、田畑が約46%だったが1997年には宅地・市街地が約62%、山林が約28%、田畑が約7%となっている。

即ち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⁾。都市化の進展とともに発生した田畑面積の急減より、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。

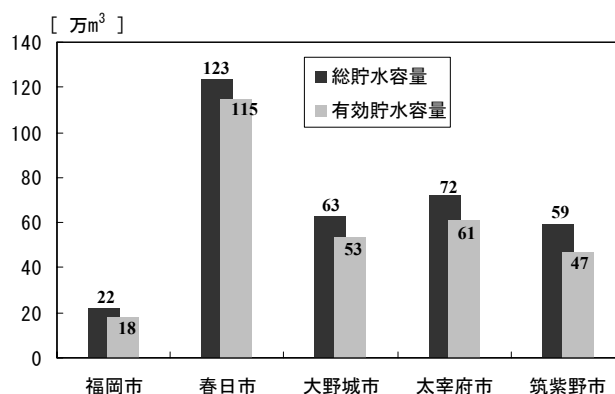


図-3 ため池貯水容量の比較図

表-1 ため池の貯水率の比較表(2005年8月) [%]

有効貯水容量	市	福岡市	春日市	大野城市	太宰府市	筑紫野市	平均
5000m ³ 未満		63	89	61	81	87	74
5000～10000m ³		62	69	82	81	81	79
10000～20000m ³		47	100	91	72	74	73
20000m ³ 以上		61	95	88	86	76	88
平均		55	94	87	80	76	85

表-2 ため池の洪水吐き型式の比較表 [%]

型式	市	福岡市	春日市	大野城市	太宰府市	筑紫野市	合計
越流堰式		5	10	15	26	9	65
オリフィス式		4	1	5	8	4	22
底部放流式		0	0	1	2	0	3
越流堰・オリフィス式		0	0	1	6	1	8
底部放流・オリフィス式		0	0	3	2	1	6
越流堰・底部放流式		0	0	1	0	0	1
不明		3	4	1	4	4	16
合計		12	15	27	48	19	121

3. 御笠川流域におけるため池実態調査

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。本研究では、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。

図-3にため池の貯水容量の比較図を示す。調査の結果、全ため池の集水面積は、17km²と対象流域の約18%をカバーしている。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。

2005年8月灌漑期におけるため池の貯水率を調査した。対象流域における全ため池の平均貯水率は85%であった。表-1に有効貯水容量別のため池の貯水率を示す。

表-2に現地調査より得られたため池の洪水吐き型式の比較表を示す。流域内のため池の洪水吐き型式は、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

表-3 ため池の今後の利用予定 [個]

利用予定	福岡市	春日市	大野城市	太宰府市	筑紫野市	合計
現状維持	6	10	23	0	13	52
洪水調節	3	0	0	0	4	7
公園利用	1	3	2	0	0	6
廃止	0	0	0	0	1	1
不明	2	2	2	48	1	55
合計	12	15	27	48	19	121

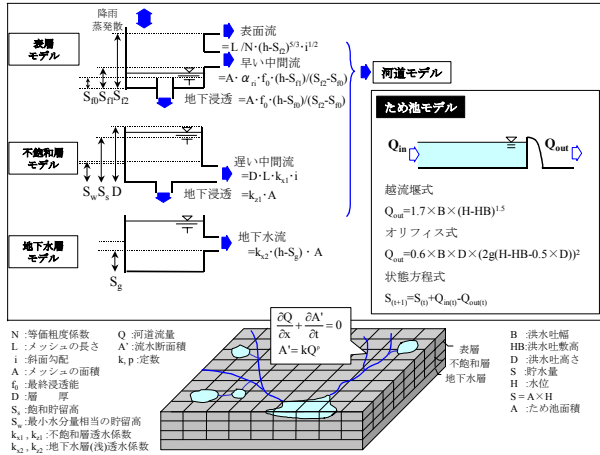


図-4 分布型流出モデルの概念図

種類)であり、ため池の洪水吐の54%は越流堰式、18%はオリフィス式、組合せ方式は12%である。

表-3にため池の今後の利用予定を示す。「現状維持」が52箇所でも多く、今後、「洪水調節」として利用予定があるため池は、7箇所のみである(太宰府市は記載がないため除く)。

総洪水調節容量から、既存ため池の治水効果が期待できるものの、今後、「洪水調節」として利用予定のため池は少ない。さらに、ため池は、減少傾向にあることから、流出抑制効果が減少することが懸念される。

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、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^{5,7)}にため池モデル(洪水調節モデル)を組み込んだ⁸⁾。図-4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。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。

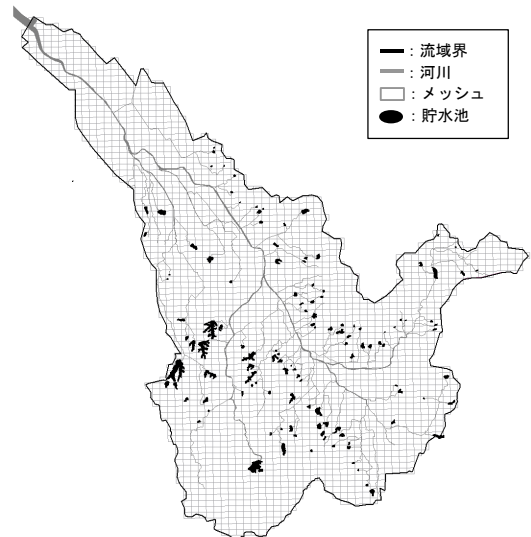


図-5 メッシュ分割図

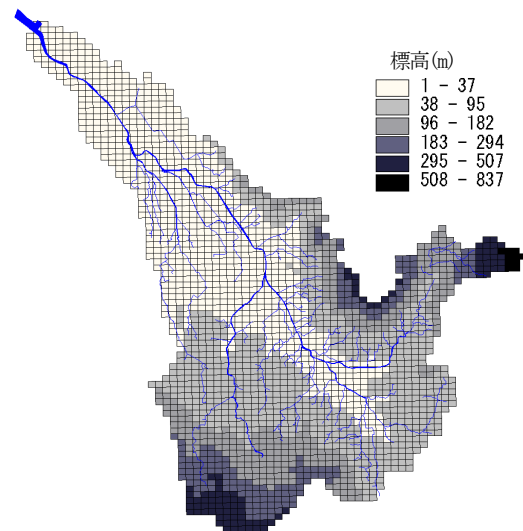


図-6 対象流域のメッシュ標高

(2) 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-5参照)。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。図-6に対象流域のメッシュ標高図を示す。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。ため池モデルには、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。

5. 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2003年7月19日の洪水を対象に、表-4に示す2ケースについてシミュレーション(ため池の洪水調節計算)を行った。

表-4 洪水調節の計算条件

	ため池 有無	洪水調節の条件	洪水調節開始水位
CASE-1	無	—	—
CASE-2	有	洪水調節容量：HWL以上 FWL以下：流出量=0m ³ /s	FWL×0.85

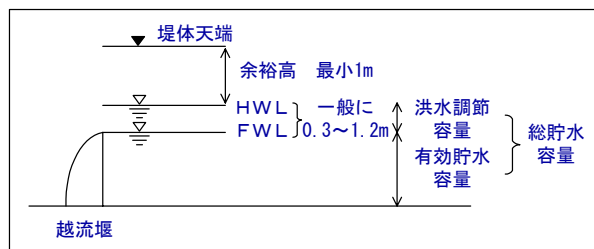


図-7 ため池の洪水調節容量の説明図

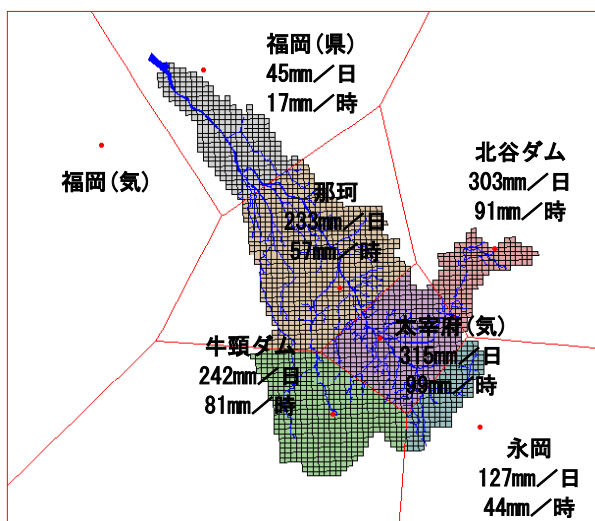


図-8 雨量観測所位置・雨量分布（2003年7月19日）

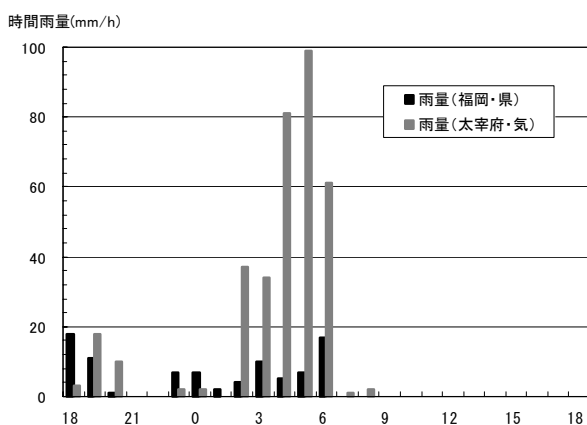


図-9 ハイエトグラフの比較（2003年7月19日）

ため池実態調査時のヒアリング結果によると、農業用ため池の貯水位は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を下回る。2003年7月の水害には無降雨が約1週間続いたので計算条件としてため池の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）と設定した(CASE-2)。図-7に示すとおり、Full

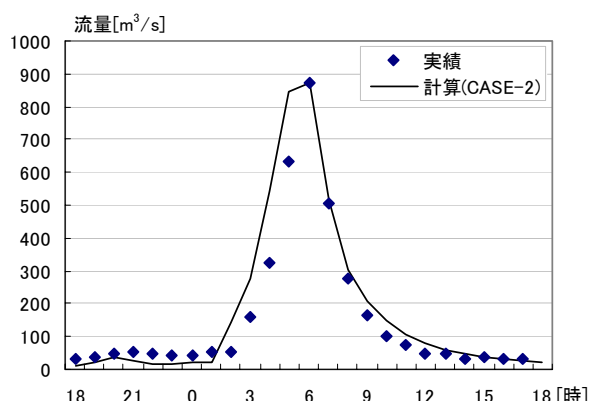


図-10 山王橋における河川流量の検証（2003年7月19日）

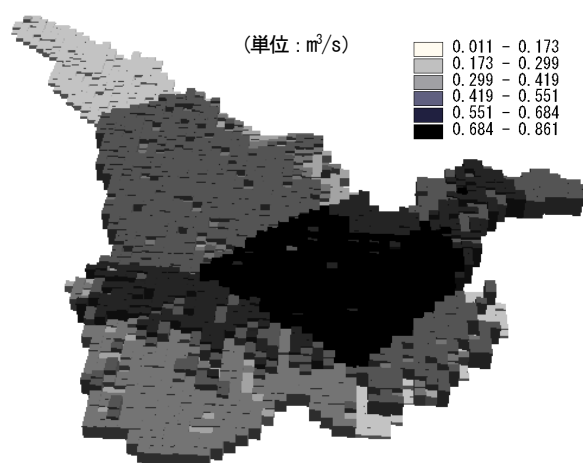


図-11 流出量の分布（2003年7月19日6時）

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。

対象洪水時、貯水位が計画上の High Water Level を越える場合もあるが、Full Water Level からの水位差は 1m 以内であり、実際、堤体天端を越流していなかった。したがって、本論文では、総貯水容量の制限を与えずにため池の洪水調節計算を行った。

境界条件として、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、雨量データについては、図-8 に示す 6 観測所（福岡県、気象庁）でティーセン分割を行い、各メッシュに時間雨量を与えた。

図-9 にハイエトグラフの比較図を示す。太宰府の最大時間雨量は 99mm、日雨量は 315mm であったのに対し、福岡の最大時間雨量は 17mm、日雨量は 45mm であった。対象洪水は、上流域で短期集中の豪雨が発生しているのが特徴である。

(2) 分布型流出モデルの検証

10 分単位のシミュレーションを実施し、山王橋地点の河川流量を検証データとして各種パラメータの同定を実施した。表層モデルでは、土地利用分類（国土数値情報・

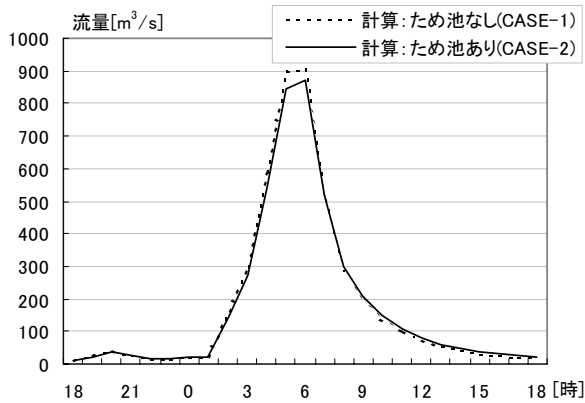


図-12 山王橋における河川流量比較

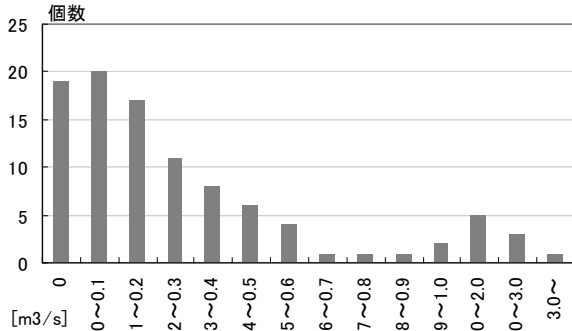


図-13 ため池の洪水調節量分類

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-10 に山王橋地点における河川流量の検証結果を示すとおり、河川流量を良く再現できている。図-11 に洪水ピーク時における各メッシュからの流出量の分布図を示す。対象洪水の降雨特性が反映され、上流域の流出量は大きく、下流域では小さい結果となっている。また、自然地の流出量は、市街地に比較して小さく、土地利用毎の流出特性も反映されている。

(3) ため池の治水効果

図-12 に山王橋地点における2ケースの河川流量比較図を示す。CASE-1 (ため池が無い場合) と CASE-2 を比較すると、ため池全体の貯留効果により山王橋地点のピーク流量 $903 \text{ m}^3/\text{s}$ を $872 \text{ m}^3/\text{s}$ に $31 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量をカットしている。洪水調節ダム (牛頸ダム、北谷ダムの2ダム) の実績洪水調節量が $36 \text{ m}^3/\text{s}$ 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。

また、2003年7月洪水時に山王橋地点の疎通能力である $730 \text{ m}^3/\text{s}$ 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-2 の場合 64 万 m^3 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 m^3 と近い結果である。もし、当時の

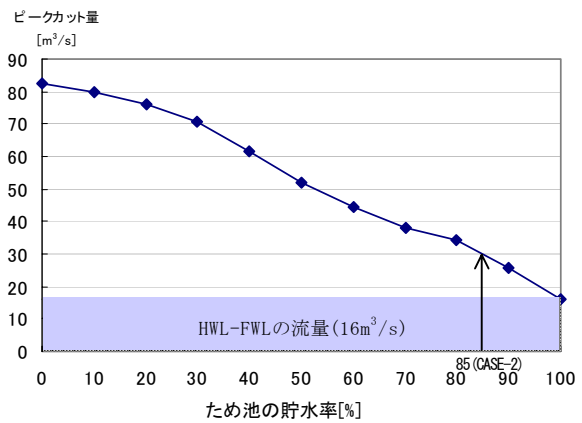


図-14 ため池の貯水率とピークカット量の関係

水害でため池がなかった場合 (CASE-1)、 110 万 m^3 が氾濫する結果となった。当時の水害は、ため池の治水効果により氾濫水量 41 万 m^3 がカットされ、浸水被害を軽減させていると考えられる。

CASE-2 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-13 に示す。図をみると、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。

対象洪水時において、ため池毎に治水効果の差異がみられる理由として、降雨の分布特性、ため池の洪水吐きの構造、流域の流出特性、集水面積に対するため池貯水容量の規模等の違いが挙げられる。

6. ため池の治水機能強化

(1) ため池の治水機能の強化策

田畑が減少傾向にある都市河川流域では、利水の目的以外に治水面に配慮したため池の運用を行うことは、有効な治水対策と考えられる。

ため池の治水機能の強化策として、ため池の運用変更等のソフト的な対策とため池の嵩上げ、洪水吐きの改良等のハード的な対策がある。

(2) ソフト的な対策の効果

図-14 は、2003年7月19日の洪水を対象にため池の洪水調節開始貯水率を変化させ、洪水調節開始貯水率と山王橋地点におけるピークカット量の関係を示したものである。ため池全体の洪水調節開始貯水率を $100 \sim 0\%$ に変化させることにより、山王橋地点のピーク流量を $83 \sim 16 \text{ m}^3/\text{s}$ カットすることができる。また、洪水調節開始貯水率が70%の場合、山王橋地点のピークカット量は $38 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、ため池全体で流域内の洪水調節ダムと同等の治水効果を有することが分かる。

このことより、洪水時に洪水調節ダムの運用と連携して、治水面に配慮したため池の運用も重要であると考え

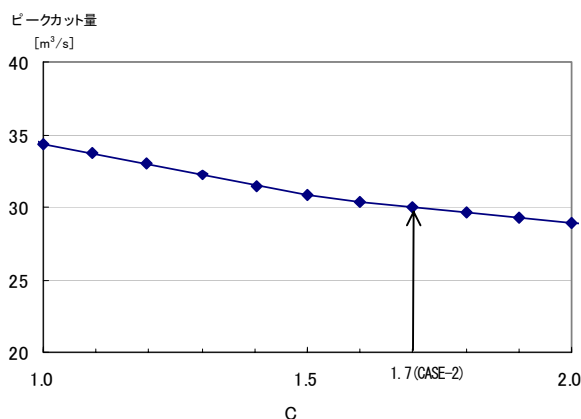


図-15 Cとピークカット量の関係

られる。ため池の洪水吐きの下部にバルブ等の低水放流設備を設置することにより、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。

(3) ハード的な対策の効果

既存のため池の洪水調節容量を増加させる方法として、ため池の嵩上げ、洪水吐きの改良や堰頂における粗石の配置等の簡単な方法もある。ここでは、流域内に最も多い洪水吐きの型式である越流堰型に着目し、CASE-2の条件（表-4 参照）で越流堰型の全ため池（65 箇所）の越流係数をパラメータとして扱い、山王橋地点におけるピーク流量の減少量を調べた。その結果を図-15 に示す。

図より越流係数を 2.0～1.0 に変化させることにより、山王橋地点のピーク流量を 29～34m³/s カットすることができる。越流堰型の流入口の形状を漏斗型等に変更することにより、水頭損失を増加させ、越流係数を 1.55～1.35 まで低減することが可能である¹⁰⁾。また、堰頂の粗度を増やすことにより、さらに洪水調節量の増加を期待できる。

7. 結論

本研究は、御笠川流域内の農業用ため池の実態調査を行うとともに、その治水効果を明確にし、治水機能強化策を評価するため分布型流出モデルを適用したものである。得られた結果を要約すると以下ようになる。

- ①御笠川流域における全ため池（121 箇所）の集水面積は、流域の約 18%をカバーしており、全ため池の洪水調節容量は、45 万 m³である。
- ②ため池の洪水吐きの型式としては、越流堰型が最も多く、全ため池の 54%を占めている。
- ③ため池の洪水調節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 31m³/s のピーク流量カット（洪水調節ダムは 36m³/s カット）の効果がみられた。

④個々のため池の治水効果は、ダム等の大施設の效果に比べると小さいが、ピーク流入量を大幅に通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。

⑤ため池の治水機能強化のため、ソフト的な対策として、洪水調節用ダムの運用と連携し、ため池の治水面に配慮した運用も重要であると考えられる。また、ハード的な対策として、洪水吐きの構造を改善することにより効果的な貯留効果を発揮できる。

8. 今後の課題

アンケート・ヒアリング調査によりため池の水利用状況を把握するとともに、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や治水機能強化の効果を評価する予定である。ため池の運用変更等の治水機能強化を行うことにより、大幅な水害の軽減が期待でき、計画規模以上の洪水時における危険分散にも有効であると考えられる。

しかし、「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、既存ため池の保全・有効利用が望まれる。

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, 朴崎瑛他：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) 国土交通省：豪雨災害対策緊急アクションプラン, 2004.
- 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) 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.
- 9) 中野秀章：森林水文学, 共立出版, 1980.
- 10) 加藤敬：農業用ため池の洪水低減機能に関する水文・水理学的研究, 農業工学研究所報告, Vol.44, pp.1-22, 2005.

(2005.9.30 受付)