御笠川流域における土地利用の変遷に伴う 洪水流量の変化に関する研究 THE CHANGE OF FLOOD DISCHARGE ACCORDING TO TRANSITION

OF LANDUSE IN THE MIKASA RIVER WATERSHED

大八木豊¹·大槻順朗²·杉本知佳子²·島谷幸宏³·江崎哲郎³·朴埼璨⁴

Yutaka OYAGI, Kazuaki OTSUKI, Chikako SUGIMOTO, Yukihiro SHIMATANI, Tetsuro ESAKI 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 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)
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 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 shorter. The purpose of this study is to estimate the change of flood discharge by transition of landuse in the Mikasa River watershed with the effect of the existing storage facilities such an irrigation ponds.

To estimate that we applied the distributed runoff model considering the landuse in 1900, 1950, 1976 and 1997 of the Mikasa River watershed about flood disaster in July 19, 2003.

The result of calculation showed that the peak discharge at Sanno Bridge has been increased 27% for the last 100 years result from transition of landuse in the Mikasa River watershed.

Key Words : flood control, distributed model, landuse, irrigation pond

1. はじめに

福岡都市圏を北流する御笠川は、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、都市機能を麻 痺させた¹⁾. 2003年7月の河川氾濫の直接の原因は、7 月19日に太宰府で観測開始以来最大となる時間雨量 99mm、日雨量315mmを観測した集中豪雨によるとみら れている.しかし、御笠川流域では、上流域まで都市化 が急速に進展していることから、流域の遊水・浸透機能 の低下に伴う洪水流量増大や排水路整備による流下速度 の増加も河川氾濫の誘因の一つとして示唆される.

また、御笠川流域の特性として、古来、自己流域内の 水資源が乏しく、農業用水を確保するため、多くのため 池が造成され、現在、121 基の農業用ため池が現存してい る.農業用ため池は、ダムと同様に治水機能を有してい るが、都市化の進展・灌漑面積の減少に伴いため池の埋 め立て、維持管理の放置がみられる.

このように、御笠川は、田畑の宅地・市街地への転換、 治水機能を果たしてきた農業用ため池の減少等により、 治水安全度が低下した都市河川である.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、段階的な河川の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 いる³.一般的に土地利用の変化による流出量の増大は、 都市化による災害の拡大要因として認められているが、 具体的に示された事例は少ないのが現状である.

本研究は、御笠川流域において土地利用の変遷過程を 調査するとともに、2003 年7月19日の洪水を対象にシミ ュレーションを実施し、土地利用の変遷に伴う治水安全 度の低下を明確にすることを目的とした.



表-1 土地利用の変遷

	/	森林	田畑	宅地・ 市街地	その他
1900年	面積(km ²)	52.3	36.9	2.8	2.0
	比率(%)	55.6	39.3	3. 0	2.1
1950年	面積(km ²)	44.3	42.8	5.0	2.0
	比率(%)	47.1	45.5	5.3	2.1
1976年	面積(km ²)	31.3	16.0	43.3	3.4
	比率(%)	33.3	17.0	46.1	3.6
1997年	面積(km ²)	26.7	6.2	58.5	2.6
	比率(%)	28.4	6.6	62.2	2.8

土地利用

森林

その他

図-2 土地利用の変遷図

(d) 1997 年

(c) 1976年

2. 御笠川流域における土地利用の変遷

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).

表-1,図-2 に旧版地形図や数値データをもとに作成した 1900年,1950年,1976年,1997年の4年代の流域内の土地利用の変遷過程を示す³⁾.1900年には、宅地・市街地が約3%、山林が約52%、田畑が約37%であったが、



1950年には、宅地・市街地が約5%、山林が約47%、田畑が約46%となり、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。1900年から50年間では、宅地・市街地が約2%増加する程度と土地利用の変化は少ない、しかし、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、都市化の進展が著しい。

年代別に土地利用分布の変遷をみると、1900年当時, 宅地・市街地等の都市的利用は御笠川河口付近に限定さ れ、全体に占める割合はわずか3%である.河川に沿うよ うに分布する平野部には、水田等の農用地が広がってい た.1950年には、都市的利用は河川上流に向かってわず かに拡大するものの、全体で5.3%とその変化は微小であ る.山裾部分に沿って森林から農用地への転換が進めら れ、農用地、森林の占める割合がほぼ同等となる.

1976年には、都市的利用が急速に大きくなり、河川に 沿って上流部まで都市化が進展している。1997年になる と、都市的利用がさらに拡大し、河川周辺に残存してい た農用地は減少し、森林は標高が高い部分にしか残って いない。

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、土地利用の変遷に伴う洪水流量の変化を 評価するため、分布型流出モデル^{4,0}を適用した. 図-3 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、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) 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-4参照). 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.

対象流域内には、貯留機能を果たす施設としてダム、 ため池、水田等が挙げられる. 図-4 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(2006 年現在). 全ため池の 洪水調節容量は、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⁷⁾.

本研究では、対象流域内に存在するダム、ため池、水 田等の貯留施設の治水効果を可能な限り詳細に定量化す るため、下記のとおりモデル化を行った.

- ①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。
- ②ため池については、2005年に対象流域に現存するため池諸元(洪水吐構造,貯水容量等)を調査した⁷⁾. 実態調査より得られた個々の諸元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⁷⁾. 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.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い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)

表--2 計算条件

	施設効果				
	洪水調節用 ダム	ため池	水田		
CASE-1	有	有	1900年の土地利用		
CASE-2			1950年の土地利用		
CASE-3			1976年の土地利用		
CASE-4			1997年の土地利用		
CASE-5	有	無	1900年の土地利用		
CASE-6			1950年の土地利用		
CASE-7			1976年の土地利用		
CASE-8			1997年の土地利用		





池実態調査時の貯水率) に設定した⁸⁾.

③水田の貯留効果としては、水田の湛水深を表層モデ ルの流出高で表現した.本研究では、水田の洪水開 始水深を 0m に設定した.

(3) 再現計算

本研究では、2003 年7月19日洪水を対象に表-2 に示 すCASE-4(ため池有り)の条件により再現計算を行った。 1997年以降,土地利用は大きく変化していないことから, 再現計算には、1997年の土地利用分類データを用いた。 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-5に雨量観測所位置・雨量



表-3 評価流域における土地利用分類の変遷

		土地利用の比率(%)			
		森林	田畑	宅地 · 市街地	その他
1900年	御笠川上流域	66.6	31.9	1.5	0.0
	牛頸川流域	87.5	12.0	0.5	0.0
	諸岡川流域	45.6	53.8	0.6	0.0
	山王橋流域	59.6	38.9	1.5	0.0
1950年	御笠川上流域	54.5	42.4	3.2	0.0
	牛頸川流域	75.2	24.4	0.4	0.0
	諸岡川流域	45.9	49.2	5.0	0.0
	山王橋流域	51.1	46.1	2.8	0.0
1976年	御笠川上流域	41.1	22.4	34.2	2.3
	牛頸川流域	61.0	9.8	25.4	3.8
	諸岡川流域	10.5	9.2	73.5	6.8
	山王橋流域	35.7	17.8	42.6	3.8
	御笠川上流域	34.3	9.6	53.5	2.7
	牛頸川流域	53.0	3.4	41.5	2.1

分布を示すとおり、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.

3.0

80.6

8.1

8.3

諸岡川流域

山工场法位

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-2(d)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-6に山王橋地点 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. 土地利用の変遷に伴う洪水流量の変化

土地利用の変遷に伴う洪水流量の変化を評価するため, 再現計算と同じ計算条件 CASE-1~4(ため池有り)を用 いて,土地利用のみを4年代について変更し,シミュレ ーションを行った(**表-2**参照).

図-7 に示す御笠川上流域 (牛頸川合流点上流),牛頸川 流域,諸岡川流域,山王橋流域に着目して,対象洪水時 における洪水流量の変化を評価する.表-3 に評価流域に



おける土地利用の変遷を示す.

(1) 山王橋流域における洪水流量の変化

図-8(a)に山王橋流域における4年代の洪水流量の変化 図を示す.土地利用の変遷に伴う表面流出量の増加により、ピーク流量は、1900年以来、1950年で72m³/s、1976 年で206m³/s、1997年で245m³/s 大きくなっている.

特に、1950 年以降の洪水流量の増加が著しく、約 100 年前(CASE-1)と現在(CASE-2)のピーク流量を比較 すると、879 m³/s から 635 m³/s に 245m³/s(28%)低下する 結果となった.

洪水時の山王橋地点の疎通能力は,730m³%であったことから,1950年までの土地利用であれば,2003年7月19日洪水では,氾濫しなかったと推測される.1950年以降の土地利用の変化により,御笠川の治水安全度は,大きく低下している.

(2) 牛頸川流域における洪水流量の変化

牛頸川流域は、御笠川上流域と同様に、森林が漸減す る一方で、1976年以降、宅地・市街地が増加している. 図-8(b)に4年代の洪水流量変化図を示すとおり、1900 年以来のピーク流量の増加量をみると、1976年で48m³/s、 1997年で57m³/s 増加している.



(3) 御笠川上流域における洪水流量の変化

御笠川上流域における 4 年代の洪水流量変化図を図 -8(c)に示す.御笠川上流域では、森林が漸減する一方で、 1976年以降、宅地・市街地が増加している.1900年以来 のピーク流量の増加量をみると、1976年で92m³/s、1997 年で137m³/s 増加している.特に、1950年以降、宅地・ 市街地の進展に伴い、洪水流量の増加が著しい.

(4) 諸岡川流域における洪水流量の変化

諸岡川流域における4年代の洪水流量変化図を図-8(d) に示す.1950年以降,宅地・市街化が急速に進んだ諸岡 川流域では、1900年以来,ピーク流量が1976年で37m³/s、 1997年で40m³/s 増加している.1950年以降,洪水流量の 増加が著しいが、1976年と1997年の洪水流量の増加量は、 同程度である.

5. 貯留施設による洪水流量の変化

土地利用が変化した場合の貯留施設の治水効果を評価 するため,表-2のCASE-5~8(ため池無し)の条件で4 年代についてシミュレーションを行った.表-4に評価流 域におけるピーク流量の変化を,図-9に山王橋地点にお ける4ケースの洪水流量の変化図を示す.

山王橋流域では、1997年においてため池有り・無しの



表-4 ピーク流量の変化



場合を比較すると、ため池全体の貯留効果によりピーク 流量914 m³/s を 879 m³/s に 35m³/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 36m³/s であることから、ため池全体で洪 水調節ダムと同等の治水効果を有していることが分かる. 1900 年の土地利用では、ため池によりピーク流量671 m³/s を 635 m³/s に 37m³/s の流量をカットしている.

1900年と1997年のため池の治水効果の変化をみると, 山王橋流域,御笠川上流域,牛頸川流域では,土地利用 の変化によるため池のピークカット流量に大差がないこ とが分かる.一方,諸岡川流域では、ピークカット流量 が1.2%から12.2%に増加している.対象洪水時の降雨分 布,ため池の洪水吐きの構造・貯水容量の規模等により, ため池の治水効果に差異がみられる.宅地・市街化が急 速に進んだ諸岡川流域では,現在,ため池の治水効果が 大きく,ため池は重要な治水施設と言える.

6. 結論

本研究は、御笠川流域において土地利用の変遷過程を 調査するとともに、土地利用の変遷に伴う洪水流量の変 化を明確にするため、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のようになる.

 ①1900年から50年間では、宅地・市街地が約2%増加 する程度と土地利用の変化は少ないが、1950年から 約50年間では、都市化の進展が著しく、山林・田畑 が大幅に減少し、宅地・市街地が約57%増加した。
②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 日の洪水を対象に土地利用の 変化に伴う洪水流量の変化量を評価した結果、山王 橋地点でピーク流量は、約 100 年間で 245m³/s 大き くなっている.1950 年以降の土地利用の変化により、 御笠川の治水安全度は、大きく低下している.

- ③笠川上流域では、1900年以来、1997年で137m³/s増加し、牛頸川流域では、1997年で57m³/s増加している。特に、1950年以降、御笠川上流域における洪水流量の増加が著しい。諸岡川流域では、1950年以降、宅地・市街化が急速に進み、1900年以来、ピーク流量が1997年で40m³/s増加しており、洪水流量の増加が著しい。
- ④2003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35m³/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。1900年の土地利用でもため池の洪水調節量に大差がないことが分かった。
- ⑤山王橋流域、御笠川上流域、牛頸川流域では、土地 利用の変化によるため池のピークカット流量に大差 はないが、宅地・市街化が急速に進んだ諸岡川流域 では、ため池の治水効果が大きい。

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

- 橋本靖行, 朴埼璨他: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.
- 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) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 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.
- 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.
- 9) 中野秀章:森林水文学,共立出版,1980.

(2006.9.30 受付)