

七隈川流域における土地利用変化が洪水流量に与える影響に関する数値実験

福岡大学工学部 学生員 ○岡田千恵美  
 福岡大学工学部 正会員 手計太一, 山崎惟義

1. はじめに

最近, 集中豪雨による都市型水害が多発しており, 社会的に大きな問題になっている. 都市型水害の発生要因は, 自然現象要因と社会・経済的要因の二つに大別することができる. 社会・経済的要因の主要因の一つは都市化に伴う不浸透面積の増加である. 都市中小河川では, 流域の市街化によって, 洪水の流達時間が早まり, またピーク流量も増大している<sup>1)</sup>.

福岡市内を流れる七隈川流域においても, 平成 11 年に大きな浸水被害が発生した. この要因の一つは都市化による流域浸透能の減少が挙げられている. 以上を鑑み, 本研究では, 福岡市・七隈川流域における土地利用の変化が洪水流量に与える影響を数値実験で明らかにすることを目的とする.

2. 対象流域

本研究の対象とする七隈川は, 福岡市内を流れる樋井川左支川の準用河川である (図-1). その河川長は 5.44km, 流域面積は 5.07km<sup>2</sup> である. かつての七隈川流域は大部分を田畑が占めていたが, 現在では市街化が急速に進行し, 特に中流域, 下流域の大部分は住宅地となっている.

3. 数値実験

3.1 数値実験の概要

本研究では, 七隈川流域を現業の雨水幹線と自然流域を合わせて 15 のサブ流域に分割し, 降雨流出計算と河道計算を行った. 本数値実験においては, (1)流域の浸透/不浸透面積, (2)降雨分布特性の二点について感度分析を行った.

3.2 降雨流出計算

本研究における降雨流出計算には 4 段直列タンクモデルを使用した. モデルパラメータは 1999 年の流量データを利用して同定を行った.

降雨流出計算に土地利用を反映させるため, 住宅地図 (2007, 08 年版, 千五百分の一) を用い, 七隈川流域の

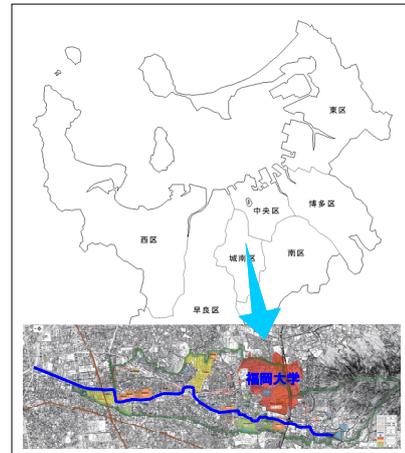


図-1 福岡市と七隈川流域

土地利用を「浸透域」と「不浸透域」の二つに分類した. 住宅地図上では判別できない箇所については, 現地踏査を行い目視にて判別した. ここで, 「浸透域」は森林, 田畑, 空地, 公園・運動場, 学校 (敷地面積の半分と仮定), 調整池, そして「不浸透域」は浸透域以外の住宅や道路, 舗装駐車場とした.

七隈川には 12 の雨水幹線があり, その雨水幹線の集水域毎に, 浸透域と不浸透域の面積を算出した. また, 雨水幹線の集水域以外を自然流域とし, 自然流域においても浸透域と不浸透域の面積計算を行った. なお, 流域全体の不浸透面積の割合は約 78.3%であった. これらの結果をまとめて表-1 に示す.

本数値実験では, (1)土地利用が現況の場合, (2)河川流域全てが浸透域の場合, (3)河川流域全てが不浸透域の場合の 3 パターンについて実験を行った.

3.3 河道計算

河道計算にはサン・ブナン式を用いた. ここでは, 河川の流れを一次元方向 (河川の流れ方向) として計算し, 横断方向の流れはないものとみなしている. 基礎式は, (1)式に示す連続式と (2)式に示す運動量保存式である. な

表-1 七隈川流域の土地利用

雨水幹線	集水面積 (m <sup>2</sup> )	不浸透面積 (m <sup>2</sup> )		浸透面積 (m <sup>2</sup> )						不浸透面積率 (%)	浸透面積率 (%)	
		道路・住宅・舗装駐車場	森林	田畑	空地	公園・運動場	学校	調整池	合計			
山地自然流域	367309.5	0.0	367309.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	367309.5	0.0	100.0
七隈第17雨水幹線	131000.0	132728.0	104847.7	5642.0	3966.7	0.0	0.0	3265.6	117722.0	0.0	10.1	89.9
七隈付近自然流域	1115451.5	888955.7	398056.6	51133.6	10803.8	65973.7	19540.0	39239.1	226495.8	0.0	79.7	20.3
七隈第10雨水幹線	369800.0	288377.9	47456.6	5166.3	5255.1	23371.8	0.0	172.3	81422.1	0.0	78.0	22.0
七隈第12雨水幹線	127700.0	58133.5	64432.0	710.6	4079.7	0.0	0.0	344.2	69566.5	0.0	45.5	54.5
七隈第11雨水幹線	129800.0	76502.0	7504.7	335.7	0.0	37351.6	0.0	8106.0	53298.0	0.0	58.9	41.1
七隈第8雨水幹線	1009600.0	980068.5	7170.7	4788.1	3295.6	6181.8	8095.3	0.0	29531.5	0.0	97.1	2.9
七隈第16雨水幹線	101900.0	90357.7	10359.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1183.2	11542.3	0.0	88.7	11.3
七隈第9雨水幹線	207600.0	174364.7	8597.2	1021.2	1667.6	21949.3	0.0	0.0	33235.3	0.0	84.0	16.0
七隈第18雨水幹線	96500.0	89688.1	51.1	4174.2	0.0	2586.6	0.0	0.0	6811.9	0.0	92.9	7.1
金山団地付近自然流域	83925.2	79634.9	2143.1	0.0	0.0	989.2	1158.0	0.0	4290.3	0.0	94.9	5.1
七隈第13雨水幹線	172200.0	163775.3	0.0	366.0	2918.0	2227.8	679.8	2233.1	8424.7	0.0	95.1	4.9
七隈第14雨水幹線	184300.0	178817.3	467.3	2337.6	1050.7	780.3	0.0	846.8	5482.7	0.0	97.0	3.0
草ヶ江付近自然流域	697236.3	631168.3	11783.2	2195.2	2326.7	10744.6	39018.3	0.0	66068.0	0.0	90.5	9.5
草ヶ江七隈雨水幹線	272000.0	256045.8	8386.6	214.6	1337.2	3092.7	1293.1	1630.0	15954.2	0.0	94.1	5.9
合計	5066322.5	3969167.7	680314.4	78085.1	36701.1	175249.4	69784.5	57020.3	1097154.8	0.0	78.3	21.7

お、 $A(m^2)$  : 通水断面積,  $Q(m^3/s)$  : 流量,  $q(m^2/s)$  : 側方流入流量,  $\alpha$  : エネルギー補正係数(1.0),  $h(m)$  : 水深,  $g$  : 重力加速度,  $n$  : Manning の粗度係数,  $R(m)$  : 径深である. なお, 定常流の場合は 4 次のルンゲ・クッタ法で解き, 非定常流の場合は有限差分法で解いている.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + gA \frac{Q|Q|}{K^2} = 0 \dots \dots \dots (2)$$

本河道計算には, 河道断面 274 箇所 (福岡市策定計画断面) を利用して河道網を作成した. 上流端には中尾池 (貯水池) からの流量を擬的に与え, 下流端には博多湾潮位データを与えた.

3.4 降雨分布の作成方法

本数値実験では福岡管区气象台で記録した最大日降水量, 日最大 10 分間降水量, 日最大 1 時間降水量, 月最大 24 時間降水量のそれぞれ 1 位から 10 位までの降雨量の統計データを用い, それらを 10 分間雨量と 1 時間雨量に時間平均した. 擬定降雨のパターンは中央集中型分布, 前方集中型分布, 後方集中型降雨分布, 時間平均型分布の 4 パターンとした.

また, 確率降雨量 (10 年, 20 年, 30 年, 50 年, 100 年, 200 年, 300 年, 500 年) を利用した数値実験も行った. 極値水文現象の発生頻度を評価するための確率分布関数には, 一般化極値分布 (GEV 分布) を用いた.

4. 計算結果

本実験の流量基準点は, 福岡市が流量観測を実施し, 水位計が設置されている城南公園横 (下流端から約 2.4 km地点) とした.

七隈川流域の不浸透面積率と流量基準点におけるピーク流量の関係を図-2 に示す. 不浸透面積の増加に伴い, ピーク流量が増加していることがわかる. 特に現況の土地利用から全流域を不浸透域にした場合, 極端にピーク流量が増大する結果が得られた. これは, 上流域の山林部分を不浸透域と仮定したためと考えられる. 一方で, 全流域を浸透域に仮定しても, ピーク流量は現況と比較しても大きく低下することはなかった.

図-3 は七隈川流域の不浸透面積率と流量基準点における洪水到達時間の関係である. 不浸透面積率の増加に伴い, 洪水到達時間が減少している. 土地利用を現況から全て浸透域とした場合に, 洪水到達時間の遅れが顕著であり, 最大で約 8 時間の洪水到達遅れがあるという結果が得られた.

図-4 は七隈川流域の不浸透面積率と流量基準点における最高水位の関係である. 不浸透面積率の増加に伴い, 最高水位が増加している. 流域の土地利用を全て不浸透とした場合には天端を超えるケースが多数ある. 現況の土地利用においても, 既往日最大 1 時間降水量第 2 位 (79.5mm/h) の降雨イベントを利用した数値実験の結果, 現況の河道では治水安全を保てない可能性がある.

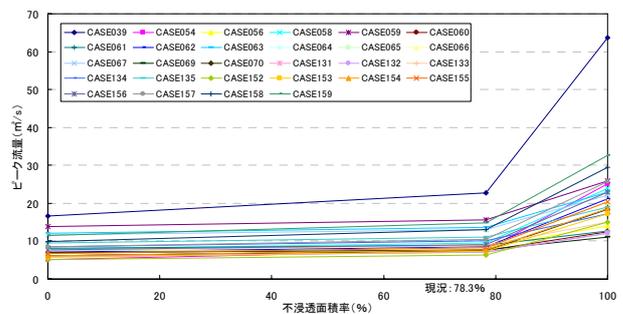


図-2 七隈川流域の不浸透面積率と流量基準点におけるピーク流量の関係

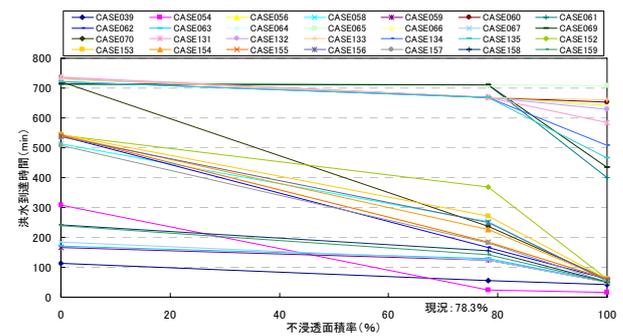


図-3 七隈川流域の不浸透面積率と流量基準点における洪水到達時間の関係

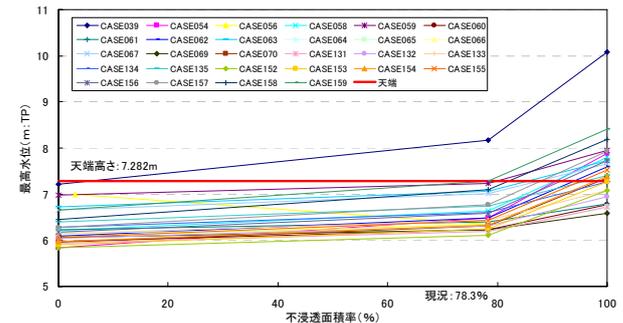


図-4 七隈川流域の不浸透面積率と流量基準点における最高水位の関係

5. まとめ

福岡市内を流れる七隈川流域を対象に, 流域の浸透/不浸透面積と洪水流量, 洪水到達時間の関係について数値実験を行った. その結果, 流域の上流部の土地利用を不浸透域とすると, ピーク流量の大幅な増加に繋がることがわかった. そのため, 上流部の市街化の抑制は流域の治水安全度を向上させるためには極めて重要である. また, 土地利用を現況から全て浸透域とした場合, 洪水のピーク流量にはほとんど影響しないものの, 洪水到達時間を大きく遅らせられるという結果が得られた. 以上の結果, 全流域規模で浸透能を高めることで, 治水安全度は飛躍的に向上させられることを明らかにした.

謝辞: 本研究の遂行にあたり福岡市道路下水道局より多大なご協力をいただいた. ここに記して謝意を表します.

引用文献

1) 大八木豊ら (2007) : 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, 水工学論文集, 第 51 巻, pp.391-396.