

都市河川流域において土地利用変化が水循環に与える影響評価

福岡大学工学部 学生会員○成瀬 聡馬 正会員 渡辺亮一・浜田晃規

1. はじめに

近年では都市域を流れる河川は本来あった水循環機構が失われつつあることが指摘されている¹⁾。その要因として都市化に伴う河川流域の土地利用の変化が影響していると考えられている²⁾。降雨時には河川に流れ込む直接流出が増加し、到達時間の短縮、ピーク流量の増加が懸念されている。一方で晴天時には平時の河川流量が減少していると指摘されている³⁾。

2009年7月24日に発生した九州北部豪雨では、今回の研究対象である樋井川（田島橋付近）で水位が最大でT.P.4.24mまで上昇し、外水氾濫により甚大な被害をもたらした（図-2）。その対策として海外では早くから合流式下水道が普及した背景もあり、グリーンインフラ技術が導入されている。特に欧米ではレインガーデンなどの浸透域を設けることで流下する雨水の水質改善や流出抑制手法として普及が進んでいる⁴⁾。本研究では福岡市内を流れる都市河川樋井川をモデルに水循環機構の現状把握を試みた。

2. 研究目的

流域に降った雨は地表から浸透し、地下水となり河川に時間をかけて流出するサイクルを持つ。地下水からの流出は河川の基底流量として表れる。そこで本研究では、基底流量の変化を調べ、その増減要因を土地利用、下水道整備状況、降雨状況から推察し、樋井川の水循環機構を評価することを目的としている。



図-1 福岡市の土地利用の変化

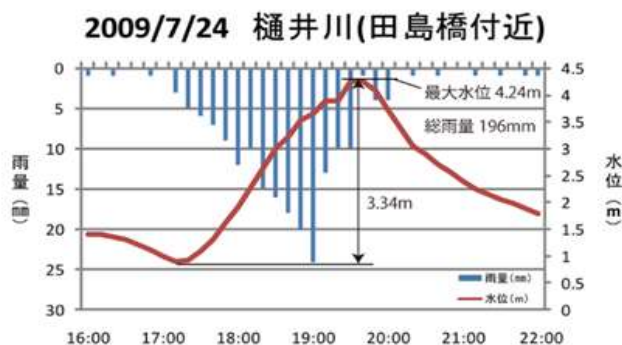


図-2 2009年7月九州北部豪雨時の水位変化

3. 対象領域

本研究では樋井川流域を対象に研究を行う。樋井川は水路延長12.9km、流域面積29.2km²の二級河川である。2009年の土地利用状況は宅地75%、山林23%、農地2%であり、都市化の進行した流域内に、約1/4の山地が占めている河川である。今回は樋井川本川の田島橋に設置されている水位計に着目し、田島橋より上流の集水域（21km²）を対象とした（図-3）。



図-3 樋井川流域および対象領域

4. 研究対象期間

樋井川の基底流量を算出する期間は、田島橋において水位観測データが蓄積されている2003年～2017年の14年とする。ただし2011年～2013年の3年間は河床掘削工事のため研究対象期間外とする。

5. 研究方法

5.1 基底流量の算出

田島橋における水位観測データからHQ式を用い流量を求める。今回は河川における降雨による直接流出や比較的早く流出する中間流出を除き、基底流出（図-4）を対象とするため連続無降雨時の7日目の流量を基底流量と定義した。

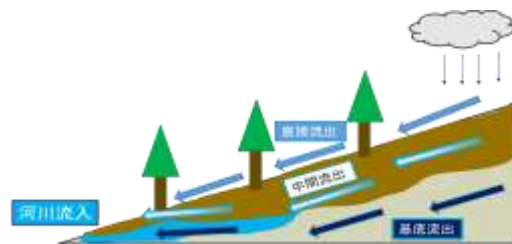


図-4 降雨流出モデル

5.2 降雨の変化

降雨量の経年変化は田島橋より約720m西南に位置する田島小学校での雨量計のデータを用いた。観測記録の無い2003年～2010年、2013年は田島橋より約1.7km北に位置する福岡市気象台の観測記録を用い年間総降雨量、年間最大日雨量を算出した。

5.3 下水道整備の進展

GISによって田島橋より上流に位置する対象領域

内の下水道敷設状況の変化を調査した。調査期間は台帳資料が残る1961年～2015年とした。

5. 4 土地利用の変化

GISによって田島橋より上流に位置する対象領域内の土地利用変化を調査した。調査は国土交通省の土地利用細分メッシュデータを用い、調査期間は土地利用細分メッシュデータが存在する2006年、2009年、2014年の3年間とした。

6. 解析結果

6. 1 基底流量

基底流量の算出結果を図-5に示す。基底流量は年によってばらつきがあるものの、全体の傾向として減少が見られた。開発が十分に進んだと思われる2003年以降も減少を続け、調査期間内でも半減していることが分かった。

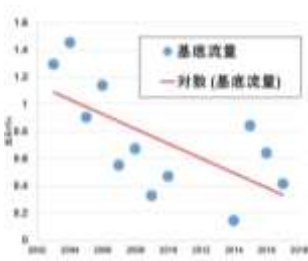


図-5 基底流量

6. 2 降雨の変化

年間総雨量と年最大日雨量の変化を図-6に示す。年間総雨量は年によってばらつきはあるものの、年最大日雨量は若干の増加傾向となった。

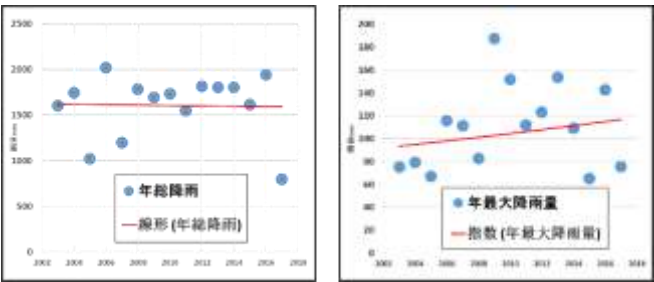


図-6 年間総降雨と年最大日雨量の推移

6. 3 下水道整備状況の変化

下水道管敷設延長は1966年～1985年に大部分の約61%が敷設されており、その後1990年から2000にかけての進捗は緩やかに推移したが、2001年～2010年にかけて約23%が敷設されており、比較的大きな割合を占めている(表-1)。

表-1 下水道整備状況

竣工年代	敷設延長(m)			割合(%)
	合流式	分流式(雨水管)	合計	
1961-1965	0.061	0.018	0.079	0.2
1966-1970	1.236	1.236	2.472	6.4
1971-1975	4.281	4.281	8.562	22.2
1976-1980	5.107	5.107	10.214	26.5
1981-1985	9.701	9.701	19.402	50.4
1986-1990	3.359	3.359	6.718	17.4
1991-1995	1.595	1.595	3.190	8.3
1996-2000	0.292	0.292	0.584	1.5
2001-2005	5.111	5.111	10.222	26.5
2006-2010	2.381	2.381	4.762	12.4
2011-2015	0.061	0.061	0.122	0.3
合計	33.141	33.141	66.327	172

6. 4 土地利用の変化

国土交通省の土地利用細分メッシュデータをもとに、田島橋より上流の対象領域(21km²)における土地利用変化を調査した。調査結果を表-2に示す。これによると大きな変化として建物用地が8年間で0.67km²

増加し、その他用地(空地等)が0.74km²減少する結果となった。また、山地部の土地利用に関しては大きな違いは見られなかった。これは、対象領域21km²のうち約60%を占める都市化地域内で宅地利用が進展し、都市域内の浸透域がおおよそ6%消失したことを意味している。

表-2 田島橋より上流域の土地利用変化

コード	種別	データ個数			土地利用面積(km2)			増減
		2006年	2009年	2014年	2006年	2009年	2014年	
0100	田	23	11	13	0.23	0.11	0.13	-0.1
0200	その他の農用地	10		24	0.1	0	0.24	0.14
0500	森林	790	781	787	7.9	7.81	7.87	-0.03
0600	荒地	19	1	2	0.19	0.01	0.02	-0.17
0700	建物用地	997	1128	1064	9.97	11.28	10.64	0.67
0901	道路	9		10	0.09	0	0.1	0.01
0902	鉄道				0	0	0	0
1000	その他の用地	189	111	115	1.89	1.11	1.15	-0.74
1100	河川地及び湖沼	26	13	32	0.26	0.13	0.32	0.06
1400	浜浜				0	0	0	0
1500	海水域				0	0	0	0
1600	ゴルフ場	18	10	8	0.18	0.1	0.08	-0.1
合計		2,081	2,055	2,055	21	21	21	0

※その他の用地は運動競技場・空港・競馬場・野球場・学校港湾地区・人口造成地の空地等とする。

7. まとめ

本研究では樋井川の田島橋における過去14年間の水位観測データをもとに基底流量変化を算出した。その結果、すでに都市化が完了したと思われる2003年以降も基底流量の減少傾向は続いていることがわかった。その要因として、降雨量に大きな変化は見られないことから、下水道整備が2001年～2010年の間に全体の約23%敷設され、より迅速な流域外への降雨の排出機能が高まったこと、地下水の下水管への漏水により地下水の枯渇が進むといった影響も考えられる。また、土地利用変化では空地部分の減少と建物用地の増加が見られたことから、下水道整備とともに降雨の地下浸透が減少することで基底流量の減少に影響していることが示唆された。(図-8)今後の課題として、浸透面減少がどの程度水循環に影響を与えるかを定量的に示すことが必要である。

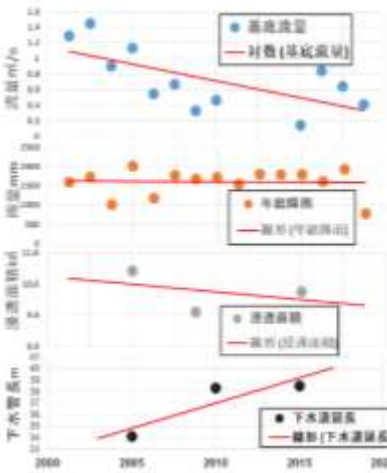


図-8 各項目の比較

謝辞

この研究の一部はJST-RISTEX(研究代表者:島谷幸宏)による助成で行われた研究である。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1)2) 松下潤 都市化と流域圏の変遷, 流域圏学会誌 第2巻 第1号 3-4 2013
- 3) 角屋 睦, 都市化に伴う流出の変化, 土木学会論文集 第363号, 1985
- 4) 福岡 孝則・加藤 禎久 米国・ポートランド市における持続的雨水管理を核にしたグリーンインフラ適用策