

神戸市立工業高等専門学校 都市工学専攻 学生員 ○松本 礼都
 神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 正会員 宇野 宏司
 神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 正会員 今井 洋太

1. はじめに

地球温暖化に伴う気候変動の影響により、今後さらに大雨や短時間強雨による降水量の増加が予測されている¹⁾。加えて、1950年代後半から急速な人口増加に伴う都市化により流出量が増大し、各地で河川の排水が追い付かず洪水被害が頻発している。これに対し、各地の河川で排水能力を向上させる対策が取られているが、都市化の進行速度に比べ十分に進んでいない河川も多い。このため、都市化の進行を想定した計画的な洪水対策のために、都市化に伴う洪水リスクの予測・評価が求められている²⁾。本研究では、神戸市福田川流域を例に、1976年から2021年までの土地利用の変遷に着目し、流出解析をとおして、流出形態の変化を調べることを目的とした。これらの数値情報解析から流出形態の変化が明らかになれば、研究対象河川と類似の特徴を持つ流域における洪水対策に活用できると考えられる。

2. 研究手法

空間情報解析汎用ソフト(QGIS ver3.16)を使用して土地利用細分メッシュから各年代の土地利用を可視化させる。次に、福田川流域(図-1)を支流ごとに小流域に分割し、各支川・小流域の流路長及び流域面積を算出する。その後、降雨条件としてモデル降雨を決定し、国土技術センターが開発・公開している流出解析システム³⁾を用いて、福田川流域の流出モデルを作成する。最後に、土地利用の変化に応じた流出解析を行い、各年代のピーク流量・合計流出量を算定、比較する。

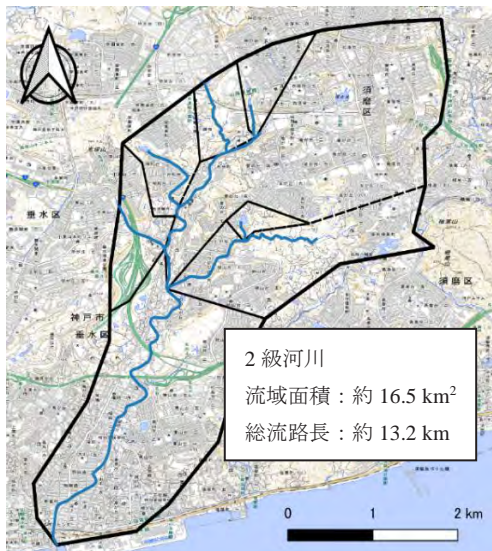


図-1 福田川流域図

2-1. 対象河川の概要

対象河川は、兵庫県神戸市垂水区及び須磨区を流れる福田川流域とする。福田川は神戸市須磨区白川台を源流として、6つの支川と合流した後、垂水区平磯で大阪湾に注ぐ流域面積約16.5 km²、総流路長13.2 kmの2級河川である。気候は瀬戸内気候に属し、平均気温は15~17℃、年間雨量は1,300 mm程度と1年を通じて温暖・少雨であるが、急流河川であるため、豪雨が発生すると甚大な被害が発生しやすいといった特徴がある。

2-2. 空間情報解析

国土数値情報の100 mメッシュデータから土地利用を分類し、都市化した面積の割合を算出した。研究対象年度は、1976年、1991年、2006年、2021年とした。土地利用は保水機能を有する土地(田, その他農用地, 森林, 荒地)と保水機能を持たない土地(建物用地, 道路, 河川及び湖沼)の二区分とし、面積割合を計算した。その結果、1976年から2021年にかけて保水機能を有する土地が78%から25%まで減少した(図-2)。

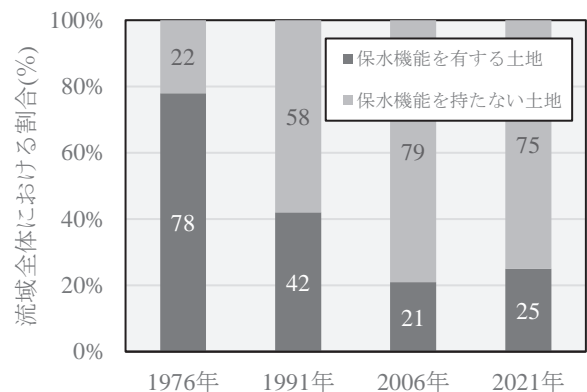


図-2 各年代の保水機能を有する土地と保水機能を持たない土地の割合

2-3. 流出解析の概要

解析には木村の貯留関数法(一価非線形貯留関数法)を採用した。特徴は、貯留量と流出量の関係式に遅れ時間の概念を導入して貯留量~流量曲線の二価性を表現していることが挙げられる。モデル降雨として、1967年7月7日~10日に発生した昭和42年7月豪雨を用いた。土地利用の変化による流出特性の変化を評価するため、表-1に示す6個の想定したケースにおいて流出量の推算・予測を行う。

表-1 想定したケース

ケース	土地利用	非都市流域 (km ²)	都市流域 (km ²)
①	非都市流域	16.47 (割合:100%)	0.00 (割合:0%)
②	都市流域	0.00 (割合:0%)	16.47 (割合:100%)
③	1976年	12.55 (割合:76%)	3.92 (割合:24%)
④	1991年	7.06 (割合:43%)	9.41 (割合:57%)
⑤	2006年	3.30 (割合:20%)	13.17 (割合:80%)
⑥	2021年	4.37 (割合:27%)	12.09 (割合:73%)

3. 結果及び考察

解析の結果、都市化の進行に伴いピーク流量は、1976年と2006年を比較すると1.3倍以上に増大し、流域全体が非都市流域と都市流域のケースを比較すると約1.8倍に増大した。また、合計流出量に関しては、それぞれ約1.4倍、約1.9倍増大することが示された。この要因として、都市化による不透透面積の拡大により、降雨が地下へ浸透せず短時間で河道に集中した結果、流出量のピークが増大したと考えられる。さらに都市流域面積の割合がピーク流量及び合計流出量の増加に対して線形的な影響を与えていることが明らかとなった。

一方で、短縮されるはずであるピーク流量の到達時間は、ほとんど変化しないことが示された。この要因として、福田川流域が急勾配河川であることが、2つの勾配 (I=1/1000, 1/5000) を適用させた解析によって実証された (図-4)。これは、土地利用の変化による影響よりも地形による流速の支配が強くなることが原因であると考えられる。

また、保水機能を有する土地の増加に伴う流出量の抑制効果を検証したところ、約7%の自然流域の回復に対して、合計流出量の減少率は2%、ピーク流量の減少率はわずか1%であった。このことから、都市流域の再自然化を促すことは有効的な対策とは言えず、透水性舗装や遊水地の整備などの代替案の検討が必要であるとされる。

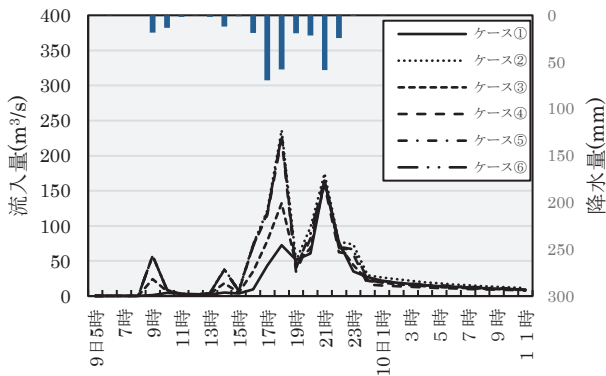


図-2 ハイエットグラフ及びハイドログラフ (流入量)

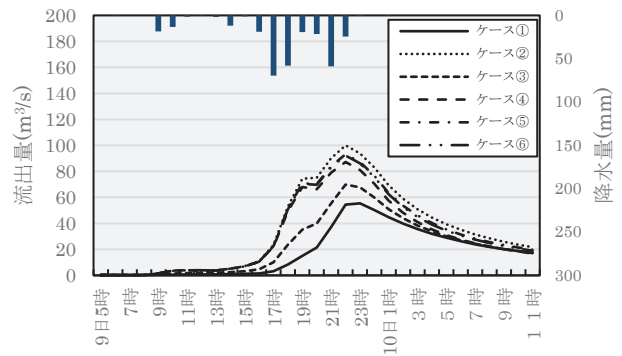


図-3 ハイエットグラフ及びハイドログラフ (流出量)

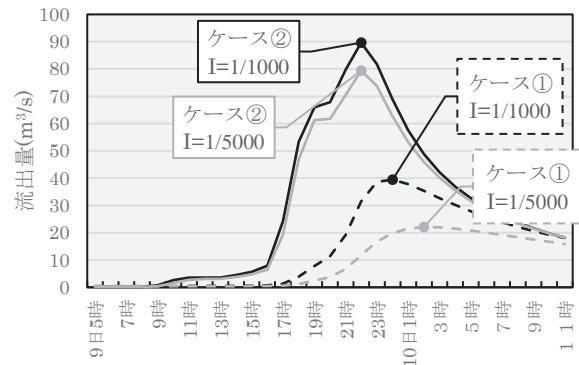


図-4 I=1/1000, I=1/5000 の場合のハイドログラフ (流出量)

4. おわりに

福田川流域では、1961年以降、洪水被害は発生しておらず、現時点での洪水リスクは低いと考えられる。しかし、気候変動に伴い降水量が増大する可能性があり、必ずしも氾濫の危険性はないとは言いきれない。そのため、効果的な施設整備によるハード対策と将来を見据えた都市計画、河道計画やハザードマップの作成などによるソフト対策が必須となる。本研究では、土地利用の変遷に焦点を当てて流出解析を行ったが、より詳細な流出形態の変化を把握するためには、土地利用ごとの貯留機能を詳細に調査し、一次流出率や飽和雨量などのパラメータをより精緻に算出する必要がある。また、再自然化の代替案として考えられるハード対策を効果的に実施するため、遊水地の整備や透水性舗装の導入による流出抑制効果を流出解析により定量化することが求められる。

5. 参考文献

- 国土交通省：河川事業概要 2023 I 我が国の水害リスクの現状, <https://qr.paps.jp/c9anD>, 2025年1月31日閲覧。
- 瀬川学, 丸山利輔, 高瀬恵次：都市化に伴う流出量の変化, 農業農村工学会論文集, No. 305 (85-2), pp.II_71-II_81, 2017。
- 国土技術センター：流出解析システム, <https://www.jice.or.jp/tech/software/rivers/runoffanalysis>, 2024年6月17日閲覧。