

流域治水における流出抑制対策の効果の定量評価

京都大学防災研究所 川池健司

1. はじめに

流域治水は、①氾濫をできるだけ防ぐための対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策、から構成されていて、そのうちの①氾濫をできるだけ防ぐための対策には集水域においてできるだけ雨水の流出を抑制するために、水田やため池などの施設を活用することが求められている。その一方で、これらの施設を設置あるいは活用したことによる浸水軽減効果をどのように定量的に評価するのかという技術開発が求められている。ここでは、島根県松江市を対象に、都市域に隣接する流域内に想定した水田やため池による貯留が、どの程度浸水軽減効果をもたらしたのかを検討した結果を示す。

2. 松江市の概要

島根県の県庁所在地である松江市は、図-1 に示すように県内を流れる一級河川・斐伊川の流域内に位置しており、宍道湖と中海をつなぐ大橋川が市中心部を流れている。また、市内には松江城を中心に水路が張り巡らされており、これらの水域の存在に加え市街地が低平地であることから、水路等で排水できなかった雨水による内水氾濫が発生しやすい。今回解析の対象とする松江市の市街地とその流域を図-2 に示す。

松江市では、1972年（昭和47年）7月および2006年（平成18年）7月の豪雨により甚大な被害を受けた。2006年7月の豪雨は図-3 に示すように長期的な降雨であり、7月16日0:00から19日23:00の4日間で総雨量は390mmとなり、市内の浸水家屋は1,702戸にも及んだ。当時の浸水域を図-4 に示す。

3. 氾濫解析モデル

本研究で用いたモデルは、非構造格子を用いた地上部の平面二次元氾濫解析モデルである。雨水排水は主に開水路形式の下水道によって行われているため、市内の主要な下水道を標高の低い地上格子としてモデルに組み込んでいる。

(1) 氾濫解析モデル

地上部の平面二次元解析では川池らの非構造格子モデルを用いる。対象領域を約15万個の格子に分割し、各格子は下水道・水路、ため池、住宅・事業所、学校、公園、水田、畑、山地、道路、その他の



図-1 斐伊川流域



図-2 計算対象領域

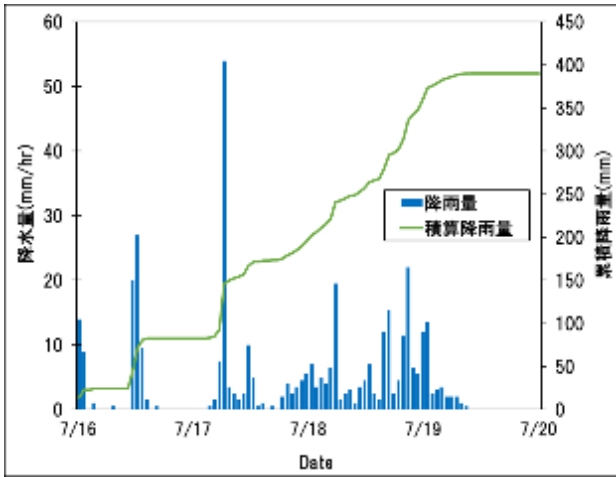


図-3 2006年7月の松江市における降水量

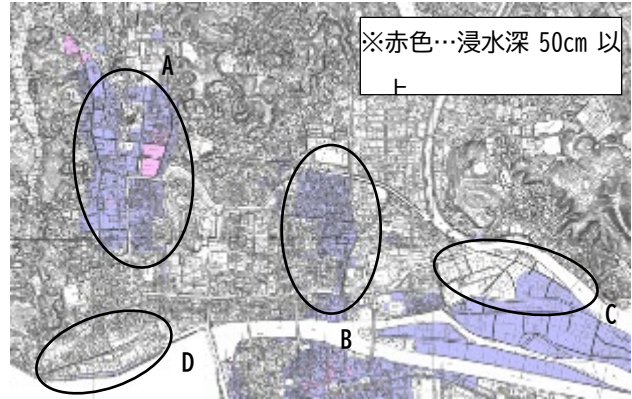


図-4 平成18年7月豪雨による浸水区域

属性に分類されている。なお、主要な下水道、水路およびため池について、周囲の格子より地盤高を低くすることで、各属性にかかわらずすべての格子を平面二次元解析の非構造格子として計算した。氾濫解析に用いた基礎方程式は、以下の連続式(1)と運動量式(2),(3)である。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = r_e \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2 M \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2 N \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \quad (3)$$

ここに、 h :水深、 H :水位、 u, v : x, y 方向の流速、 $M(=uh), N(=vh)$: x, y 方向の流量フラックス、 r_e :有効降雨量($r_e = f \cdot r$, f は流出係数、 r は観測雨量)、 g :重力加速度、 n :Manningの粗度係数である。なお、それぞれの属性ごとに異なる粗度係数および流出係数を表-1のように設定している。流出係数は水理公式集を参考に予備計算を複数実施し、最も浸水領域の再現性が良好であった値を用いている。なお、図-5の星印で示された排水機場では、排水機場の最大流量まで水路から強制的に排水させ、河川側からの逆流は考慮しないものとする。

(2) 解析条件

本研究では、図-3に示した気象庁の松江での10分間降雨を対象領域全体に与えて解析を行い、平成18年7月豪雨による氾濫状況の再現性を検証した。大橋川の上下流端では実測水位を、朝酌川の上下流端では流出解析結果から得られた流量ハイドログラフを与える。地上格子については、国土地理院の基盤地図情報をもとに非構造格子三角形メッシュを作成し、図-5に示すように属性分けを行った。また、地上部の初期水深について、ため池格子では1m、その他の格子では0mとした。

4. 貯留施設による浸水軽減効果

貯留施設による浸水軽減効果を評価するために、貯留施設の有無による氾濫状況を比較する。貯留施設を用いない場合(Case1)と貯留施設を用いる場合(Case2)の2ケースにおいて、平成18年7月豪雨時の松江の降雨(図-3)を対象領域全体に与えて氾濫解析を行う。氾濫水の排水は図-5で示される二か

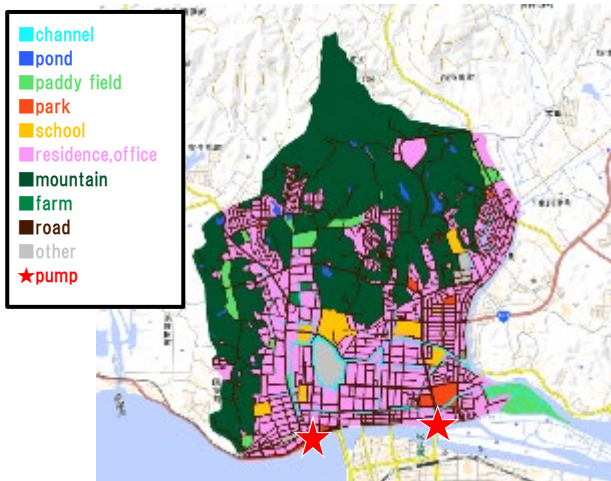


図-5 解析格子の属性と排水機場

表-1 各属性における粗度係数と流出係数

属性	粗度係数 [m ^{-1/3} ・s]	流出係数
河川, 水路	0.025	1.00
ため池	0.025	1.00
学校	0.067	0.40
公園	0.025	0.25
水田	0.025	0.75
畑	0.025	0.20
山地	0.100	0.30
道路	0.043	0.85
住宅等その他	0.067	0.80

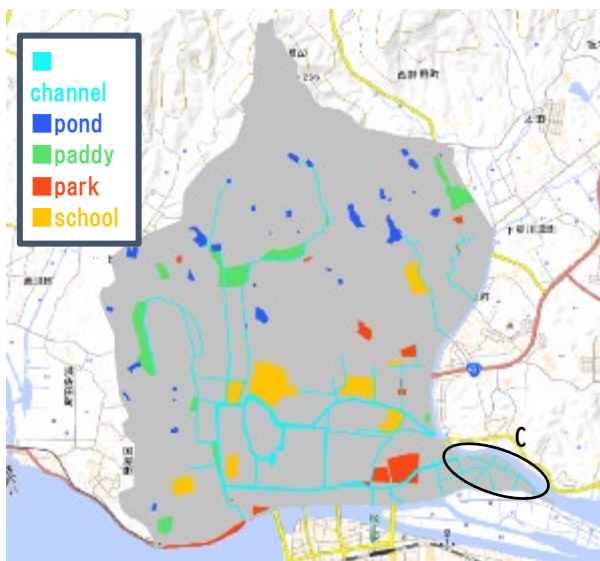


図-6 貯留施設および水路の配置

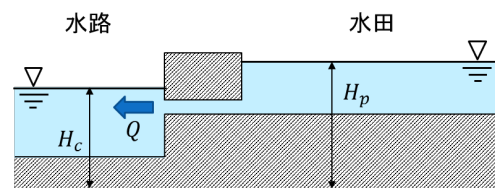


図-7 水田における流量

所の排水機場でのみ行われる。

(1) 貯留施設について

貯留施設として水田、校庭・公園貯留、ため池を考慮した。それらの配置を図-6 に示す。

a) 水田

水田から水路への流出は宮津らのモデルに従い、以下のオリフィスの式(4)を適用している。

$$Q = C_p A \sqrt{2gH_d} \quad (4)$$

ここに、図-7 のとおり、 H_p :水田の水位、 H_c :水路の水位、 $H_d (= H_c - H_p)$:水位の差、 A :孔断面積であり、流量係数 C_p は 0.6 とする。ただし、水田と水路以外の属性の境界においては氾濫水のやり取りがないとした。排水孔の孔径 ϕ について、田んぼダムを実施しない場合は $\phi = 15\text{cm}$ 、流出抑制装置を設置(田んぼダムを実施)する場合には $\phi = 5\text{cm}$ とすることで田んぼダム実施の有無を再現する。

b) 校庭・公園貯留

川池らの想定した貯留施設に従い、校庭、公園にそれぞれ貯留可能量を設定した。校庭貯留は学校格子面積の 70%を校庭としたうえで、貯留可能面積 40%、貯留限界水深 0.3m の貯留を想定した。また、公園貯留は貯留可能面積 60%、貯留限界水深 0.2m の貯留を想定した。

c) ため池

ため池格子では地盤高を周囲の格子に比べ 3m 低く設定している。事前放流を行ったとして初期水深を 1m から 0m として可能最大の貯留を見込んでいる。

(2) 浸水軽減効果の評価

貯留なしの Case1 と貯留ありの Case2 の最大浸水深の差を図-8 に、住宅・事業所格子における各ケースの氾濫水量の推移を降雨量の推移とともに図-9 に示す。最大浸水深は減少しており特に浸水していた A の周辺では 0.5m 以上の減少も確認できた。図-9 において Case1 と Case2 の氾濫水量の差が長時間降雨が続いたときに大きくなっている。これは松江市内において長期的な降雨続いた場合、張り巡らされる細かい水路では排水できず蓄積してしまうためである。また、各貯留施設における各ケースの貯留量を図-10 に示す。どの貯留施設においても Case1 に比べ Case2 の方が貯留量が増えており雨水を貯留できていることがわかる。

5. 結論

本研究では、島根県松江市を対象として、流域治水の主要な対策の一つである流出抑制対策による浸水軽減効果を定量的に評価することを目的に、内水氾濫解析を行った。今後の課題としては、水田のモデル化の妥当性検討、他の降雨を対象としたときの流出抑制効果の検討などが考えられる。

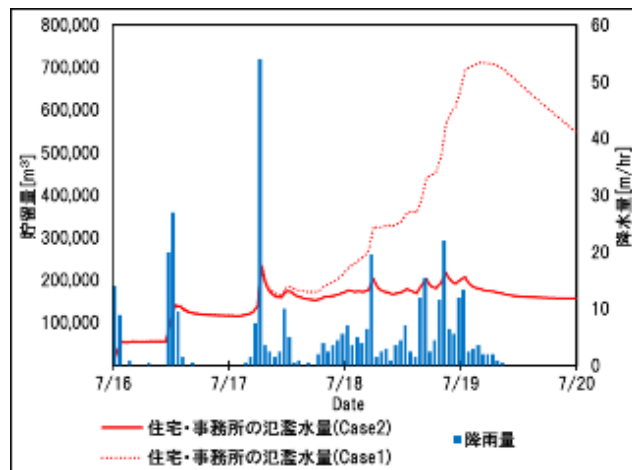
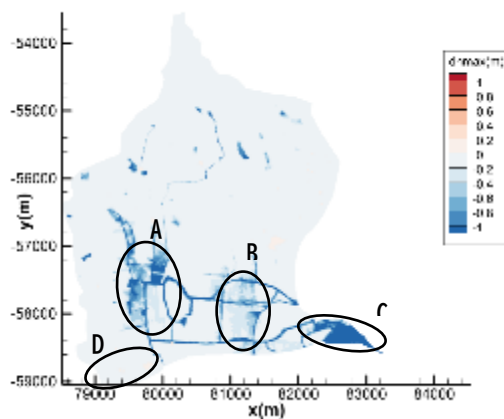


図-8 Case2 の Case1 に対する最大浸水深の変化量

図-9 氾濫水量と貯留量の推移

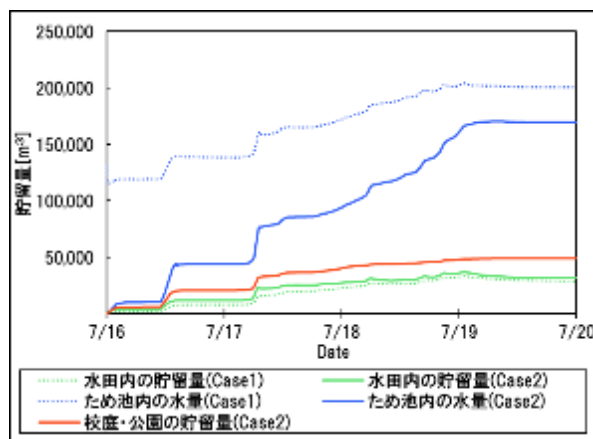


図-10 各貯留施設における貯留量の推移