

長期連続多地点水位観測に基づく千葉県一宮川流域の雨量-水位-流量関係の把握

東京理科大学大学院 学生会員 ○大塚竜太郎, 伊藤毅彦, 吉村亮祐
東京理科大学 正会員 柏田仁, 二瓶 泰雄

1. はじめに

二級水系の千葉県一宮川流域では、約 30 年間の間に 4 回の浸水被害が発生した。特に、2019/10/25 豪雨により、茂原市を中心とした上中流域にて浸水被害を生じた¹⁾。今次水害を踏まえ、一宮川流域では二級水系に先駆けて、流域治水プロジェクトが進められている。流域治水を遂行する上では、様々な河川・流域対策を重層的に進めると共に、各流域における水理・水文特性の把握や治水対策評価、避難・水防の活用のため河川水位・流量観測データの収集は極めて重要である。一般に、国管理の一級水系では、危機管理型水位計を含めて数多くの水位観測所が設置され、流量観測も基準点を中心に一定数実施されている。一方、都道府県管理の二級水系では、水位観測地点数は一級水系と比べて非常に少なく、流量観測は実施されていない河川が多い。このような状況は一宮川でも同様であり、一宮川流域における水理・水文特性は不明である。本研究では、二級水系一宮川上・中流域にて、多地点長期連続水位観測及び 1 地点の流量連続観測を行い、一宮川流域における雨量と水位、流量の関係性を明らかにすることを目的とする。ここでは、水位連続観測を 2022 年度夏期から開始し、河川管理者の既存水位観測所も含めて、合計 16 地点の水位データを収集すると共に、1 地点にて流量観測を実施した。得られた結果に基づいて、各降雨イベントの水位ピークと時間雨量最大値の相関関係を調べて、河道満杯時の水位に相当する時間雨量である「河道満杯雨量」を流域全体で求める。合わせて、流量観測地点の水位-流量関係 ($H-Q$ 式) や「河道満杯流量」を算出し、河道流下能力を検証する。

2. 研究方法

(1) 対象サイトの概要：一宮川は流域面積 203km²、流路延長 37km の二級河川である。本研究対象の旭橋（河口から 11.1km）より上流域では、三途川や豊田川、阿久川等支川が合流している（図-1）。また、中流域の茂原市を中心に、河川沿いに市街地化が進行している。このエリアは広域地盤沈下が進行しており、浸水被害を受けやすい立地である。河川整備計画における年超過確率は 1/10 と設定され、1/10 に相当する 1, 6, 24 時間雨量は 46, 127, 219 mm に設定されている¹⁾。

(2) 現地観測概要：一宮川とその支川の現地踏査を経て、①多地点水位連続観測と、②流量連続観測を実施した。①では、既存水位計の配置を見て、図-1 に示すように、一宮川本川 4 箇所、支川 7 箇所の計 11 箇所において、自記式水位計（U20Water Level Logger, Onset 社製）を河床に設置した。観測期間は千葉県管理の一宮川・阿久川・豊田川・三途川では 2022/7/28～現在、茂原市管理の梅田川・鹿島川では 2022/8/31～現在である。②では、早野観測所（図-1 緑三角）において自記式電磁流速計（COMPACT-EM, JFE アドバンテック 株）を底面に設置すると共に、タイムラプスビデオ（TLC2000, Brinno 社製）を堤防脇に設置して画像解析（STIV²⁾）による表面流速計測、という 2 種類の流速計測を行った。観測期間は 2022/10/5～11/30 であり、両方共に 10 分間隔で測定した。得られた流速を横断面全体の面流速データに内外挿するために、DIEX 法³⁾を用い流量を算定した。なお、また、STIV の幾何補正用として、標定点観測（24 地点）を 11/2 に実施した。

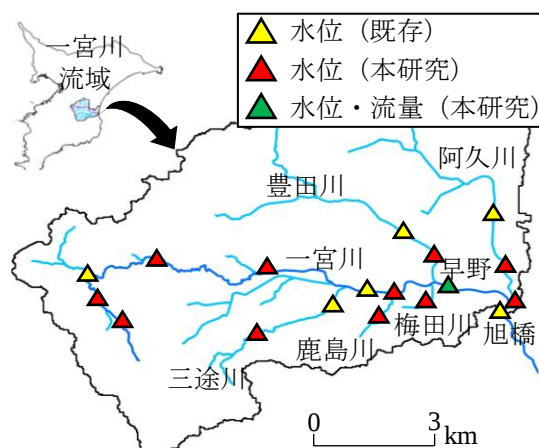


図-1 水位・流量観測地点

(3) 河道満杯雨量推定方法：観測期間内の降雨イベント毎にピーク水位と 1, 3, 6, 12, 24h 最大雨量を求める。この時に、各水位観測地点の雨量には、解析雨量（解像度：1km）を使い、各地点毎の集水域平均雨量を求めた。複数の降雨イベントのデータより、水位ピークと時間雨量毎に相関式を作成し、水位が現況の堤防高（無堤区間では堤内地地盤高、以下同様）に相当する雨量を河道満杯雨量としている。今回は観測期間内の降雨イベントに加え、2019/10/25 の痕跡水位⁴⁾ 及び 2019/10/12, 19（既存水位計のみ）を対象とした。なお、データ解析には、本研究による 11 地点と既存水位計 7 地点のうち 5 地点を対象とした。

3. 結果と考察

(1) 水位観測地点の河道満杯雨量の算定：水位観測地点における河道満杯雨量を求めるために、例として、一宮川・早野観測所（13.2kp）と三途川・水神橋（本川合流点より 3.4kp）における降雨イベント毎のピーク水位と 1, 3, 6, 24 時間雨量最大値の相関図を図-2 に示す。これより、概ね、雨量と共にピーク水位は線形的に増加してい

キーワード：水位観測、流域治水、豪雨災害、一宮川、流量、河道満杯雨量

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 5 号館 3 階水理研究室 TEL：04-7124-1501（内線 4069）

る。両者の関係に近似直線を適用した結果、相関係数 R^2 は全観測地点において 0.57~0.98 となり、概ね高い結果が得られた。この近似直線が堤防高と交差する雨量が河道満杯雨量に相当しており、早野観測所の 1, 3, 6, 24h 雨量の河道満杯雨量はそれぞれ 51, 110, 164, 216mm となった。同様に三途川・水神橋において河道満杯雨量はそれぞれ 34, 103, 161, 196mm となった。このように、河道満杯雨量が水位観測地点により異なることが示された。

(2) 河道満杯雨量の空間分布：河道満杯雨量の空間分布特性を詳細に把握するために、1, 6, 24h 雨量を用いた河道満杯雨量の空間分布を図-3 に示す。ここでは、一宮川本川と支川に分け、2019/10/25 豪雨における 1, 6, 24h 雨量最大値 (46, 198, 257mm) も基準として表示する。これより、1h 雨量では、本川では一宮川水上観測所にて最小であり、支川では三途川、梅田川、鹿島川 2 地点が小さく、2019/10/25 豪雨雨量を下回ったのは 5 地点であった。次に、6h 雨量では、支川全般に小さく、2019/10/25 豪雨の 6h 雨量は下回っている。また支川間の大小関係としては、梅田川 < 鹿島川 < 阿久川、三途川 < 豊田川の順となっている。一方、本川沿いの縦断変化を見ると、最上流 (高山大橋) が最大であり、下流に向かうと水上観測所が最小となり、日栄橋で極大となり、旭橋観測所に向けて減少傾向となっている。早野・旭橋観測所の結果は合流点に近い阿久川下流部とほぼ一致しており、本川からのバックウォーターの影響を受けている。24 時間雨量についても 6 時間雨量と同様の傾向が確認される。2019/10/25 豪雨を下回る地点は 6h, 24h 共に 16 地点中 14 地点と、1h 雨量よりも多い。

この河道満杯雨量より、水位観測地点における集水域や河川施設を含む流下能力の相対的な大小が分かる。例えば本川最上流部 (高山大橋) の河道満杯雨量が 6, 24h 共に最大であり、これは当該区間が掘り込み河道で河床と堤防の比高差が 6.98m と大きいと考えられる。一方、河道満杯雨量が小さい水上、早野、旭橋観測所は、大きな支川 (順に鹿島川、豊田川、阿久川) の合流点付近に位置し、特に早野-旭橋間の流下能力向上は喫緊の課題と言える。また、調節池下流の水位観測所 (本川、阿久川) では相対的に大きな河道満杯雨量となり、推定された河道満杯流量には調節池による貯留効果も含まれることが示唆された。

(3) 河道満杯流量の算定：流量観測を行った早野観測所における水位 H と流量 Q の相関図を調べた。ここでは、STIV と DIEX 法により得られた流量を用い、比較用に同観測所の千葉県作成の $H-Q$ 式も図示する。これより、観測期間中最大の洪水 (2022/10/7-8) ではピーク水位が 3.70[T.P.m] となり、そのときピーク流量は 42.2[m³/s] となった。ここから $H-Q$ 式を 2 次関数で作成し、 $R^2=0.89$ と良好な相関関係が得られた。本研究で得られた $H-Q$ 式 (未観測高水位部分は外挿) と現況断面の堤防高より、河道満杯時に相当する流量は 259[m³/s] となった。この $H-Q$ 式と雨量-水位関係より、雨量-流量関係図も作成可能となる (図-4)。このように多地点における水位観測に加えて流量観測も行うことで、雨量と水位・流量の関係も把握することができるため、河川整備計画上の一つの指針として有用であると考えられる。

参考文献：1) 千葉県：二級河川一宮川水系河川整備計画, 2) Fujita et al., *Int. J. River Basin Management*, Vol.5, No.2, 2007. 3) 二瓶・木水, 土木学会論文集 B, Vol.63, No.4, pp.295-310, 2007. 4) 尾形ら, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.76, No.2, 2020.

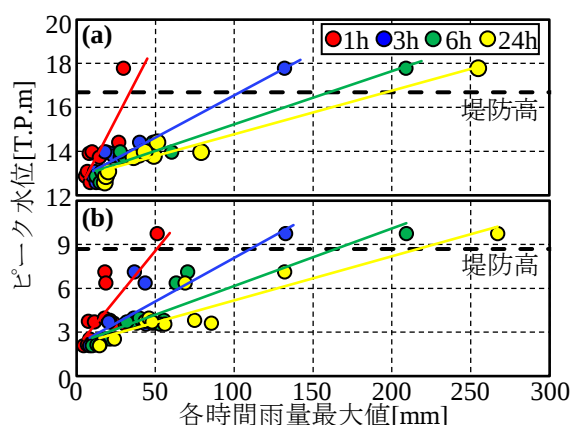


図-2 降雨イベント毎の各時間の最大雨量とピーク水位の相関図 (a)一宮川・早野観測所, (b)三途川・水神橋)

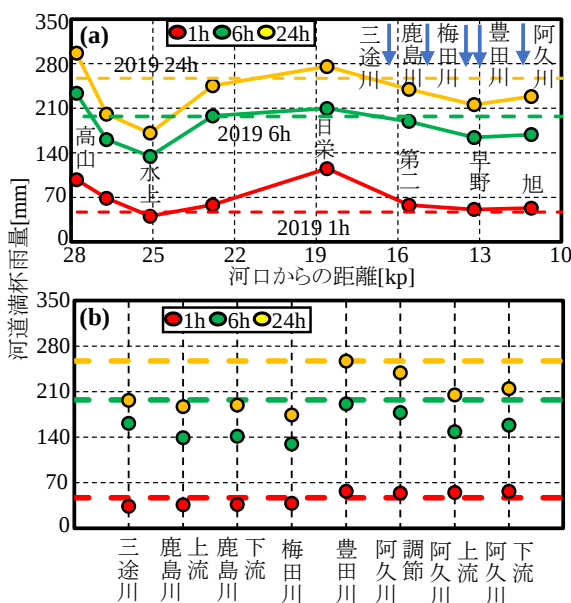


図-3 一宮川本川 (a) と支川 (b) における 1, 6, 24h 雨量の河道満杯雨量分布

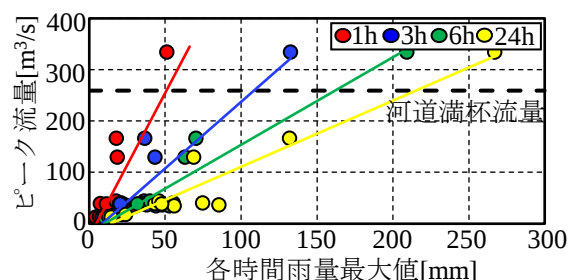


図-4 各時間雨量最大値とピーク流量の関係 (早野)