

中央大学理工学部 学生員○宮本 守  
中央大学大学院 学生員 土屋修一

東京都下水道局 正会員 串山宏太郎  
中央大学理工学部 正会員 山田 正

**1 はじめに：**近年，都市域における集中豪雨により都市河川の氾濫が大きな問題になっている．都市域は，山地に比べ不浸透域が多く貯留および浸透能力が小さいため流出率は高く，降雨に対して流量が早く応答する特徴を持つ．本研究では，このような流出特性を持ち，災害ポテンシャルの高い都市流域における流出機構の解明を目的としている．

**2 観測概要：**著者らは，2000年に7月7日から7月9

日までの台風3号，2001年に8月21日から23日までの台風11号と，9月9日から9月12日までの台風15号の計3回にわたり現地観測を行った．観測項目は降雨量，流速，水深，水温，気温，水質(DO，濁度，浮遊物質，全窒素，全リン)である．これらの観測は，A市に位置し中小規模の都市河川であるA川を対象とした．A川流域の概略図を図-1に示す．A川には，複数の管渠が合流しているため，流域は開水路と管路の2種類を持つ水路網になっている．水路形態は，当初コンクリートの3面張りであったが，コンクリートの護岸上に低水路の設置とその蛇行化を図り，さらに多種の植物を植えるなどの多自然化が施されている．観測地点は，B川との合流地点から1.0km上流のa橋(下流側)とB川との合流地点から2.2km上流のb橋(上流側)の2地点である．

**3 解析手法：**本解析では，観測結果から流出係数，粗度係数を，流域の土地利用形態と分布から降雨の初期損失，地表面流がマンホールに流入するまでの到達時間，不浸透率を決定し，保存則を考慮した物理過程に基づく再現計算を行った．本モデルは分布型流出モデルであり，実降雨が地表面流としてマンホールや側溝へ流入するまでを解析する地表面流出解析と管路もしくは水路内における流出過程を解析する管路流解析の2段階で構成される．

**3-1 地表面流出解析：**地表面流出解析は時間面積法を用いている．流出係数は観測結果から決定して与えている．降雨の初期損失量，地表面流が発生してからマンホールに流入するまでの到達時間，不浸透率については，1つのマンホールが1つの流域を持つように流域全体を複数の小流域に分割し，それぞれの小流域に対して土地利用形態と分布から詳細に与えている．その上で，時間面積曲線を使い，地表面流出量を算出している．

キーワード：物理過程，都市流出機構，土地利用形態，地表面流出

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL03(3817)1805, FAX03(3817)1803

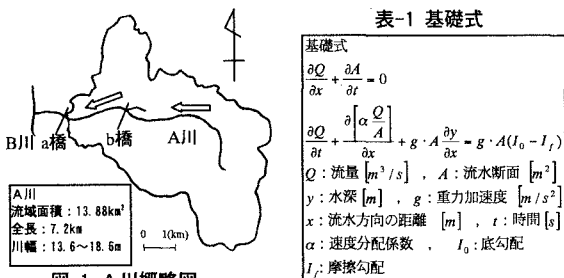


図-1 A川概略図

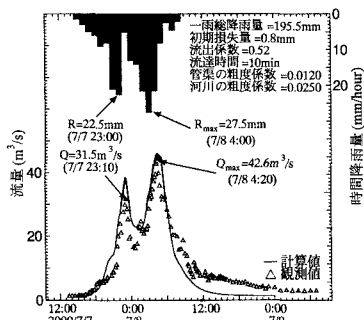


図-2 a橋におけるハイトハイドログラフと計算結果の比較 (2000/7/7~9)  
対象期間内の総流出量は実測値で1387400m³，計算値で1256000m³であり，その相対誤差は約10%だった．計算値はピーク時までは実測値とよく一致しているが，その後早く減衰している．

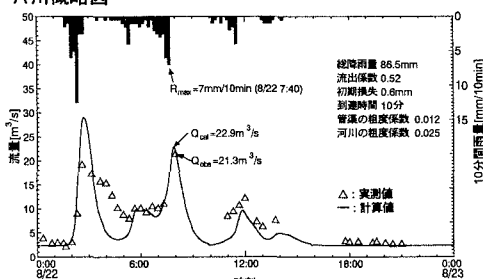


図-3 a橋におけるハイトハイドログラフと計算結果の比較 (2001/8/22~23)

8/22 8:00での流量は，実測値で21.3m³，計算値で22.9m³であり，その相対誤差は約7%であった．計算値は，ピーク時まではよく一致しているが，その後早く減衰している．

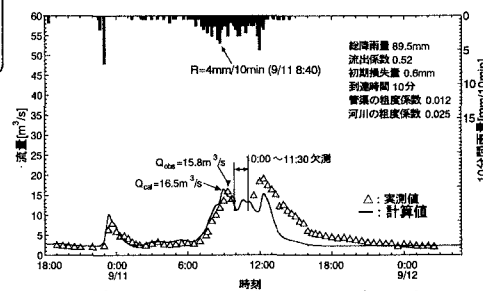


図-4 a橋におけるハイトハイドログラフと計算結果の比較 (2001/9/10~12)

9/11 9:00での流量は，実測値で15.8m³，計算値で16.5m³であり，その相対誤差は約4%であった．計算値は，ピーク時までは実測値とよく一致しているが，その後早く減衰している．

**3-2 管路流解析:** 管路流解析は、1次元不定流解析の基礎式であるサンブナン式と連続式を用いており、計算手法は水位計算点と流量計算点を交互に配置して差分化し、陰的に解いている。管路流解析の基礎式を表-1に示す。管渠と河川のマニングの粗度係数は観測結果から決定した。

**4 解析結果:** 図-2は2000年台風3号、図-3は2001年台風11号、図-4は2001年台風15号におけるa橋での流量の実測値と解析結果の比較である。2000年台風3号においては、総流出量の実測値と計算値の相対誤差は約10%であった。2001年台風11号においては、8/22 8:00の実測値でのピーク流量と計算値との相対誤差は7%であった。2001年台風15号においては、9/11 9:00の実測値と計算値との相対誤差は4%であった。実測値と計算値はピーク時まではよく一致しているが、計算値は、その後早く減衰している。2000年、2001年ともに流出係数はそれぞれ観測結果から算出したが、0.52という等しい値になった。このため、用いたパラメータと解析モデルに妥当性があると言える。

**5 感度分析:** 流出係数を変化させ、流出係数とピーク到達時間の関係の特徴の異なる3流域で比較した。図-5はA市におけるA川水路-管路網であり、幹線水路である開水路に複数の管渠が合流している。図-7はB市における水路網である。水路網はすべて開水路から成っており、分流、合流が数多くある複雑な形態である。図-9はC市における下水道管路網である。水路網は全て管渠からなっており、B市水路網と同じく分流、合流をなす複雑な形態である。図-6はA市におけるA川水路-管路網、図-8はB市における水路網、図-10はC市における下水道管路網での流出係数とピーク到達時間の関係である。ピーク到達時間とは、降雨のピーク出現時刻から下流端での流量のピーク出現時刻までの時間である。A川のように、ひとつの幹線水路に複数の支川が合流している場合の水路網では、流出係数が増加するほどピーク到達時間は短くなり、流出係数が0.1から0.7まで増加するとピーク到達時間は23分短くなった。B市水路網とC市下水道管路網のような、一度分流し再び合流する複雑な水路網を持つ場合は、2流域共に流出係数が0.40から0.45になったときピーク到達時間は約10%長くなった。これは、合理式やタンクモデルといったこれまでの概念モデルでは捉えることができなかった現象である。

**6 まとめ:** 本研究では、観測から得られた実測値と解析結果とを比較し、さらに、特徴の異なる3流域において流出係数の感度分析を行った。それにより得られた知見を以下に示す。(1)計算値と実測値の比較により、本モデルの妥当性が検証された。(2)A川での観測結果から算出した流出率は、2000年台風3号、2001年台風11号、15号の3降雨すべて0.52となり、流域の土地利用形態から求められる値と良く一致している。(3)B市水路網とC市下水道管路網の2流域では、流出係数が0.40から0.45に増加したとき、ピーク到達時間は長くなった。これは2流域の水路網が分流した後再び合流するような複雑な水路網を持っているためだと考えられる。

謝辞: 本研究の流出計算においてDHI(Danish Hydraulic Institute)が開発した水理計算ソフトMIKE MOUSEを用いている。このソフトウェアを無償で提供していただいたDHIに対して、ここに深甚なる謝意を示す。

参考文献: (1)守屋俊海, 板谷越朋樹, 志村光一, 山田正: 都市河川における洪水時の流出特性に関する研究, 第28回関東支部技術研究発表会講演概要集 pp.144-145, 2001, 3

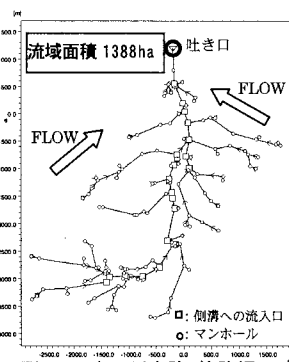


図-5 A市A川水路-管路網

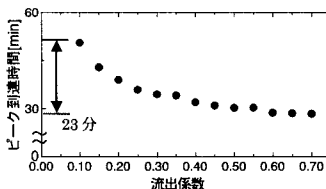


図-6 A川における流出係数とピーク到達時間の関係

流出係数が増加するほどピーク到達時間は短くなり、その最大値と最小値の差は23分である。

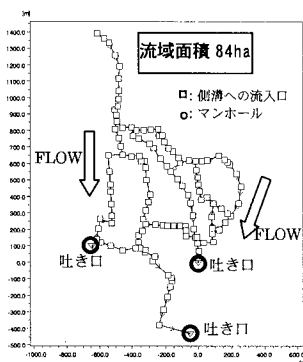


図-7 B市水路網

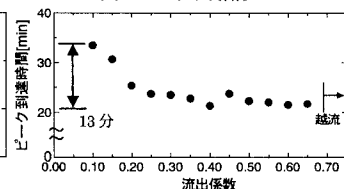


図-8 B市水路網における流出係数とピーク到達時間の関係

流出係数0.45のときピーク到達時間は長くなっている。ピーク到達時間の最大値と最小値の差は13分である

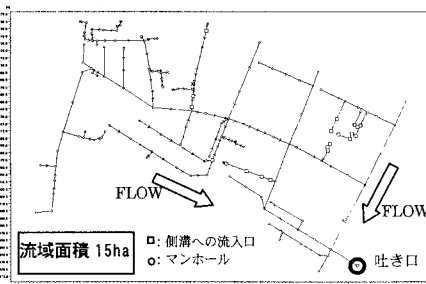


図-9 C市下水道管路網

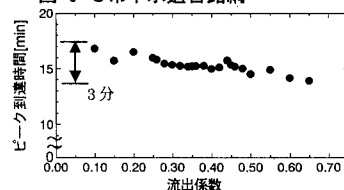


図-10 C市下水道管路網における流出係数とピーク到達時間の関係

流出係数0.2と0.45のときの2度ピーク到達時間は長くなっている。ピーク到達時間の最大値と最小値の差は3分であった。