

都市域からの汚濁流出解析 ～NUMEROUSの応用

長崎大学大学院 学生員 ○喜井克浩

長崎大学工学部 正 員 野口正人

長崎大学工学部 学生員 寺尾光之

長崎大学工学部 学生員 花田 光

1. まえがき

都市化の進展と共にさまざまな水量、水質問題が引き起こされている。そこで洪水から都市域を守るために、河川とその流域を統合した形での河川管理が必要であり、そのことが心地よい都市生活の環境整備にもつながってくる。水量に関する問題に対して、著者らは都市域雨水排除モデルのNUMEROUS¹⁾を既に提案しており、水質に関する問題に対しては点源、非点源からの汚濁流出の予測、制御などの問題を解決しなければならない。

水質予測に関して、これまで多くの排水モデルが提案されてきたが、これらのほとんどのものは2次元流の計算の代わりに1次元流的取り扱いがなされ、樹枝状あるいはループ状の下水道モデルの結果で代用されてきた。一方、NUMEROUSは、元々2次元流れをよく取り扱うことができる。従って本論では、汚濁流出予測に利用できるモデルの作成を行い、計算結果と観測値との比較を行った。

2. NUMEROUS の概要

都市域雨水排除予測に関して、NUMEROUS(Nagasaki University Model for Estimating the Rates Of Urban Stormwater)は著者らによって提案されてきた。このモデルは、河道流、下水道流、地表面流から成る複雑な都市域での洪水流をシミュレートすることができる。特に、氾濫流のシミュレーションは2次元流れの計算によって行われた。NUMEROUSでは、氾濫流を次の基礎方程式を解くことによって計算された。

$$\frac{\partial h_L}{\partial t} + \frac{\partial M_v}{\partial x_v} = r - i \quad \dots(1)$$

$$\frac{\partial M_\mu}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_\nu} (M_\mu M_\nu / h_L) = -gh \frac{\partial H}{\partial x_\mu} - \frac{\tau_{\mu b}}{\rho} \quad (\mu, \nu = 1, 2) \quad \dots(2)$$

一方、下水道流に対するサンブナン方程式は次のような離散式で取り扱われた。

$$\Sigma Q_i = A_{m,j} \frac{\Delta H_j}{\Delta t} - Q_{m,j} \quad \dots(3)$$

$$H_j - H_{j+1} = \frac{1}{g} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} l + \left(\alpha \frac{V^2}{2g} \right)_{j+1} - \left(\alpha \frac{V^2}{2g} \right)_j + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{n^2 V |V|}{R^{4/3}} \right)_j + \left(\frac{n^2 V |V|}{R^{4/3}} \right)_{j+1} \right\} \cdot l \quad \dots(4)$$

両流れの相互作用は、閉管路ではマンホール、開水路では計算のための節点で評価された。

3. NUMEROUS の拡張モデル

NUMEROUSは都市雨水の予測に対して開発されてきた。ここに氾濫流(地表面流)とは、氾濫、浸水が厳しい状態を意味している。しかし、地表面が都市域のような不浸透性であれば、雨が降ると表面流は、ある程度までは観測される。従って、この様な場合 NUMEROUS はこれらの地域での汚濁流出予測にも適用し得ることが考えられる。

よく知られているように、受水域の水を良好に保つためには点源、非点源汚濁負荷の環境への影響を評価しなければならない。通常、点源からの汚濁負荷流出は、非点源からのものとは対照的に比較的容易に見積ることができるのに対して、非点源汚濁負荷はその形成機構の複雑さから評価が難しい。それにもかかわらず、NUMEROUSはその特徴からわずかな修正を加えることにより、非点源からの汚濁負荷流出を点源からのものと同様に見積ることができる。

上述したことより次の拡散方程式が、汚濁流送の状況を見積るために解かれた。

$$\frac{\partial}{\partial t} (C h_L) + \frac{\partial}{\partial x_\nu} (C M_\nu) = \frac{\partial}{\partial x_\nu} \left(h_L \psi_{(\nu)} \frac{\partial C}{\partial x_\nu} \right) + S_c \quad (\nu = 1, 2) \quad \dots(5)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (C A) + \frac{\partial}{\partial x} (C Q) = \frac{\partial}{\partial x} \left(A \psi_{(x)} \frac{\partial C}{\partial x} \right) + S \quad \dots(6)$$

汚濁流出量を見積るため、平面流と下水道流に対して、(5)、(6)式が実際の条件で解かれた。汚濁源は、

(5) 式においては、2次元平面に分布した汚濁物質、(6) 式では、マンホールからの流入汚濁量として見積られた。

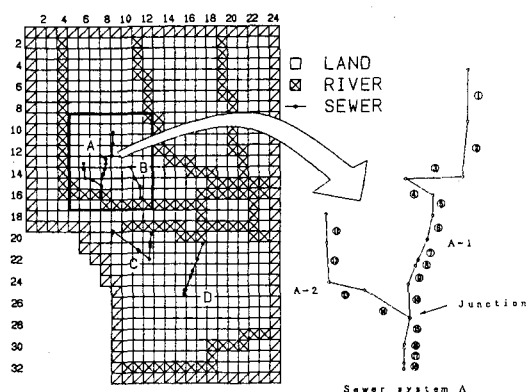
4. 汚濁流出予測と結果

NUMEROUSの拡張モデルを使うことにより、都市域からの汚濁物質の流出が実際に計算されることを【図-1】に示されたような人口9万人の小都市の排水系統で証明しようと試みた。ここに、汚濁指標としてBOD₅が取り上げられており、一軒に4人が住んでいる標準家庭に対して、汚濁負荷の値は45g/人/日であると仮定した。他の場合の汚濁負荷は次式によって見積られた。

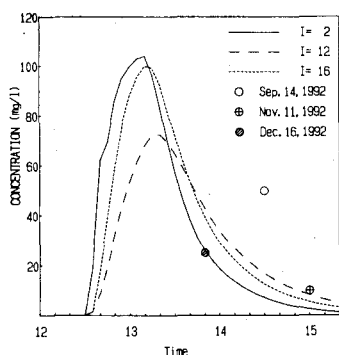
$$PL = PL_0 - \frac{b-a}{a} \cdot \Delta \quad \dots (7)$$

今回、数値シミュレーションをするにあたり排水量は190l/人/日とし、朝昼晩の3回にそれぞれ1時間にわたり排出されると仮定した。排水量は平面流への入力データとして取り扱った。

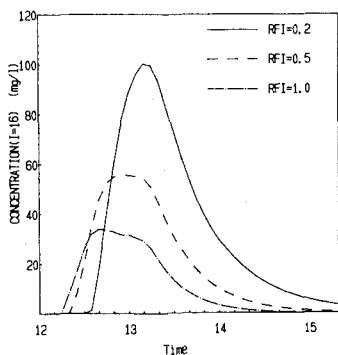
計算の結果は【図-2】に示されている。ここに、実線はA-1下水道の上流、破線はA-2の上流、点線は2つの下水管が集まった後の下流のポリユートグラフを示している。観測は9月14日、11月11日、12月16日の3回実施され、そのときの放水口でのBOD₅の観測値も同図中に示されている。9月の観測を除き、観測値と計算値は比較的良く一致していることが分かる。【図-3】には降雨強度を変えた場合のポリユートグラフが示されている。【図-4】は汚濁負荷の累加曲線であるが、マンホールから流入するものと下水道下流まで洗い流された汚濁負荷を表している。



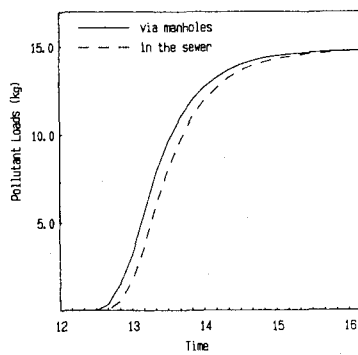
【図-1】計算対象領域と排水系統



【図-2】観測値と計算結果の汚濁物質濃度



【図-3】降雨強度が異なる場合のポリユートグラフ



【図-4】汚濁負荷量の累加曲線

現在、計算はいくつかの仮定の下で行われているが、汚濁負荷の空間分布が見積られればNUMEROUSの拡張モデルにより汚濁負荷流出量が合理的に予測されることが期待できる。目下のところ、化学的、生物学的変化は考えていないが、今後は、これからの影響をも考慮した汚濁流出予測を行って行きたいと考えている。

(参考文献)

- 1) S.Takanishi, M.Noguchi and T.Nakamura (1991): Simulation of Urban Stormwater By NUMEROUS, Proc.24th IAHR CONGRESS MADRID, Vol.a, PP.99-108.
- 2) M.Noguchi, S.Takanishi, T.Nakamura and Y.Ikezaki (1991): The interaction of flows between on Lands and in sewers, Environmental Hydraulics, Vol.2, Balkema, pp.1397-1402.
- 3) M.Noguchi, T.Nakamura, S.Takanishi and T.Nakashima (1992): Estimation of Sewer Flows Under Inundated Conditions, Int.symp. on Urban Stormwater Management, Sydney, pp.372-377.