

II-48

都市域からの汚濁流出予測

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
 長崎大学大学院 学生員 寺尾光之 長崎大学大学院 学生員 花田 光

1. まえがき

都市における人間活動は、受水域に様々な形で影響を及ぼしている。その一つは、都市の不浸透域の増加や下水道の整備により洪水時の出水形態が変化してきていることが上げられる。既に著者らは、都市域での雨水排除モデルとして NUMEROUS (Nagasaki University Model for Estimating the Rates Of Urban Stormwater)¹⁻³⁾ を提案している。一方、上述された水量面での影響と共に、水質面での影響を十分に評価することは、快適な水環境を整備する上から欠かせない。

ところで、水質予測に関しても、これまでに多くの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になっている。他方、NUMEROUS は、元々2次元流れそのものを取り扱うことができる。従って本論では、NUMEROUS を拡張することにより汚濁流出予測を行い、計算値と観測値との比較を行った。

2. NUMEROUS の概要

都市域雨水排除モデルの、NUMEROUS 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数値解析することができる。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ており、次の基礎方程式を解くことによって氾濫流の計算がされた。

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

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

一方、下水道流の計算はサンブナン方程式を次のような離散式で表して実施された。

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

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

なお、両流れの相互作用は、閉管路ではマンホール、開水路では計算節点のそれぞれで評価された。

3. NUMEROUS の拡張モデル

NUMEROUSは都市雨水の流出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が、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。しかしながら、NUMEROUSは、物理モデルの性格より、非点源からの汚濁負荷流出に対しても点源からのものと同様に取り扱うことができる。汚濁流送の基礎方程式としては、1次元、2次元流れに対して次の拡散方程式が取り上げられた。

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

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

NUMEROUS の拡張モデルでは、都市域からの汚濁流出予測を行うために(1)~(6)式を連立して数値解析を行っている。なお、点源、非点源汚濁負荷は平面流の境界条件として取り扱われた。

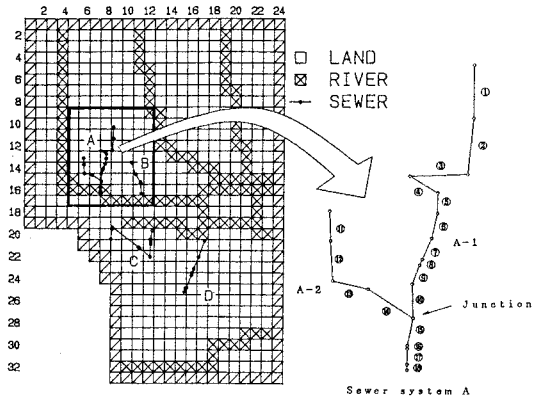
4. 汚濁流出予測と結果

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が、【図-1】のような人口9万人の小都市の排水系統を対象にして示された。ここに、汚濁指標としてBOD₅が取り上げられたが、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/日であると仮定された。他の場合の汚濁負荷は次式によって見積られた。

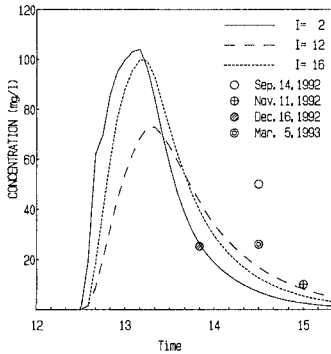
$$PL = PL_0 - \frac{b-a}{a} \cdot \Delta \quad \cdots (7)$$

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。

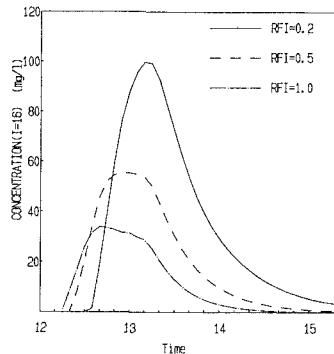
計算の結果は【図-2】に示されている。ここに、実線はA-1下水道の上流、破線はA-2の上流、点線は2つの下水管が集まった後の下流のポリユートグラフを示している。観測は1992年9月14日、11月11日、12月16日、1993年3月5日の4回実施され、そのときの放水口でのBOD₅の観測値も同図中に示されている。9月の観測を除き、観測値と計算値は比較的良く一致しているが、目下のところ連続観測がされていないためにモデルの妥当性を直ちに議論することはできない。【図-3】には降雨強度を変えた場合のポリユートグラフが示されている。【図-4】は汚濁負荷の累加曲線であるが、マンホールから流入するものと下水道下流まで洗い流された汚濁負荷を表している。



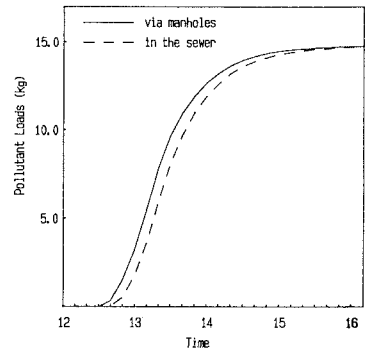
【図-1】計算対象領域と排水系統



【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

5. あとがき

前述されたように、モデルの妥当性を検討するためには連続観測が必要であるが、NUMEROUSの拡張モデルにより流域からの汚濁流出予測が合理的にされるものと考えている。今後は、より系統的な観測を実施すると共に、化学的、生物学的の水質変化をも考慮した汚濁流出予測を行っていきたい。

（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. Nakashima 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.