

愛媛大学工学部 正 員 渡辺 政広

愛媛大学大学院 学生員 永吉 光一

愛媛大学大学院 学生員○岡田 将人

中電技術コンサルタント(株) 正 員 右近 雄大

1. はじめに

各地の合流式下水道管渠網内には、今後、各種の越流水（CSO）対策施設が数多く設置されるようになるものと予測される。こうした施設の効果を的確に予測し、評価するためには、雨天時の雨水流出と汚濁負荷流出を精度高くシミュレートしえる分布型の非定常流出解析モデルが必要となってくる。

本文では、分布型へと改良した土研モデル（ここでは、「分布型土研モデル」¹⁾と呼ぶ）と SWMM²⁾を組み合わせた非定常流出解析モデルの適用性について検討した結果を報告する。

2. 非定常流出解析モデルの構成

流域が、多数の単位排水区より構成されていると考える。ここに、単位排水区は、図-1に示すように、上流マンホール、下水道管渠、および直接集水域から成り、直接集水域の地表面は修正 RRL 法において定義されている3種の流出面より構成されているとする。

2.1 有効降雨モデル

修正 RRL 法におけると同様に、3種の流出面の有効降雨（損失降雨）を評価する。

2.2 雨水流出モデル

(a) 地表面上での流出：合理法により、上述した3種の流出面における雨水流出を追跡し、各单位排水区の上流マンホールへの流入ハイドロ・グラフを算定する。

(b) 下水道管渠網内での流出：下水道管渠網における雨水流出モデルとして、ここでは、各国で広く用いられてきている SWMM (Storm Water Management Model) - EXTRAN²⁾を用いる。

2.3 汚濁負荷流出モデル - 分布型土研モデル -

(a) 地表面上における汚濁負荷流出：分布型土研モデルでは、従来の土研モデルにおいて流域の地表面全体を対象に一括して適用されていた汚濁負荷の流出の式と連続の式を採用し、これら基礎式を各单位排水区の各流出面に適用する。たとえば、SS に対する基礎式は、以下のように表される。

$$L_{ws} = (1/3.6) C_{ws} P'_{ws} (r_e - r_{ec}) A_w \quad (1)$$

$$dP_{ws} / dt = D_{ws} - L_{ws} \quad (2)$$

$$; D_{ws} = D'_{ws} A_w, \quad P_{ws} = 1000 \times P'_{ws} A_w$$

ここに、 L_{ws} ：発生負荷量 (gr/s)， C_{ws} ：負荷流出係数 (1/mm)， P_{ws} ：滞積（残存）負荷量 (gr)， P'_{ws} ：単位面積当たりの滞積負荷量 (kg/ha)， D_{ws} ：補給負荷量 (gr/s)， D'_{ws} ：単位面積当たりの補給負荷量 (kg/ha)， A_w ：降雨による負荷発生に関与する流出面の面積 (ha)， r_e ：有効降雨強度 (mm/hr)， r_{ec} ：限界有効降雨強度 (mm/hr)， t ：時間 (s)。また、第1下添字 W は流出面上（雨天時）に関する諸量であること、第2下添字 S は SS に関する諸量であることを示す。

(b) 下水道管渠網内における汚濁負荷流出：本モデルでは、従来の土研モデルにおいて流域の下水道

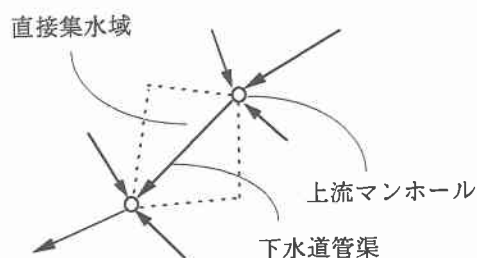


図-1 単位排水区

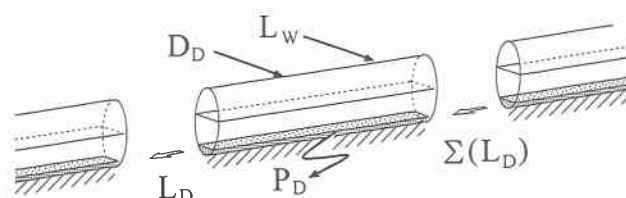


図-2 下水道管渠における汚濁負荷の流入出

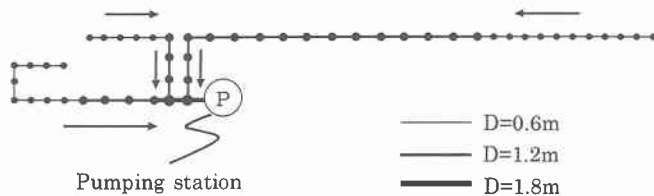


図-3 模擬ポンプ排水区

管渠システム全体を対象に一括して適用されていた汚濁負荷の流出の式と連続の式を採用し、これら基礎式を各単位排水区の下水道管渠（図-1）に適用する（図-2）。たとえば、SS に対する基礎式は、次式のように表される。

$$L_{DS} = C_{DS} P_{DS} Q (Q - Q_c) \quad (3)$$

$$dP_{DS} / dt = D_{DS} - L_{DS} + L_{WS} + \Sigma(L_{DS}) \quad (4)$$

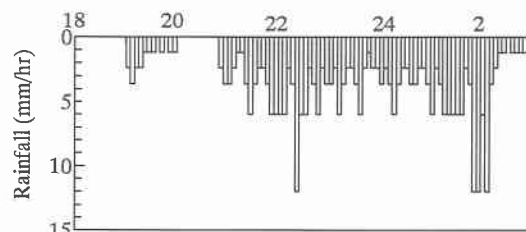
ここに、 L_{DS} ：発生負荷量（gr/s）、 C_{DS} ：負荷流出係数（s/m⁶）、 P_{DS} ：滞積負荷量（gr）、 D_{DS} ：補給負荷量（gr/s）、 $\Sigma(L_{DS})$ ：上流の下水道管渠よりの流入汚濁負荷量の合計、 Q ：SWMM による計算流量、 Q_c ：限界流量（m³/s）。また、第 1 下添字 D は下水道管渠内（晴天時）に関する諸量であることを示す。

3. モデルの適用性に関する検討

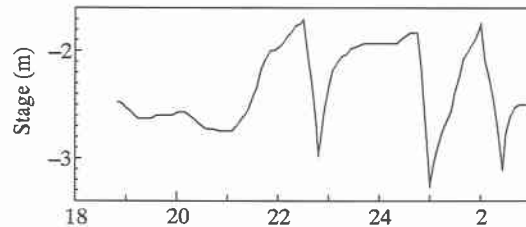
市街地の一ポンプ排水区（実排水区、雨水排除方式：合流式、流域面積：46 ha、不浸透域：85 %）とこれを模擬した排水区（図-3）を解析対象に選んだ。実排水区の下水道管渠システムは、総延長は約 10 km、直径が 250～1800 mm の下水道管渠からなり、平均勾配は 4 ‰ と全体に緩やかである。降雨時には、排水区下流端での吐出ポンプが間欠的に運転されているため、下水道管渠システム内で、堰上げ背水、低下背水、満管流れなどが発生していると考えられる。

従来の集中型土研モデル（lumped）と修正 RRL 法による汚濁負荷流出のシミュレーション結果（排水区下流端）の一例を、実測結果と対比して、図-4(c) に示す。これより、従来の流出モデルでは、背水効果による急激な汚濁負荷流出の変化をうまく再現できていないことがわかる。一方、分布型土研モデル（distributed）と SWMM を組み合わせた本非定常解析モデルによる模擬排水区を対象に行った流出シミュレーション結果（排水区下流端、図-4(d)）を見ると、定性的にはあるが、本モデルによれば、図-4(c)の

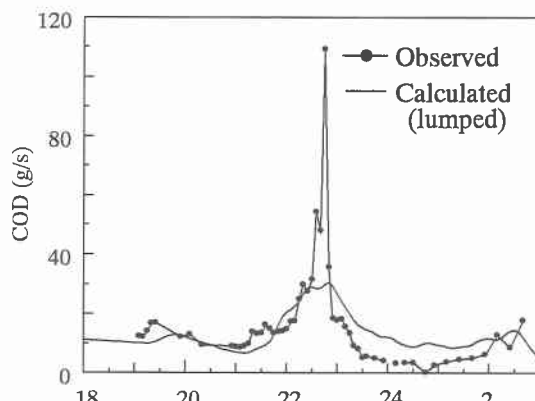
実測結果に見られるような背水効果に起因する汚濁負荷の流出特性をよく再現できるであろうことがわかる。



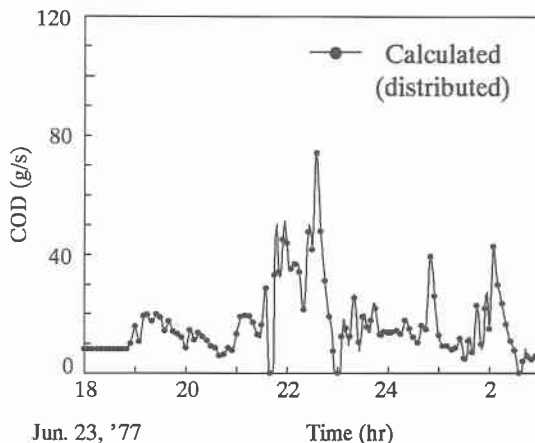
(a) ハイエトグラフ (実測値)



(b) ポンプ井水位ハイドロ (実測値)



(c) 従来の土研モデルによる計算結果



Jun. 23, '77

Time (hr)

(d) 分布型土研モデルによる計算結果

図-4 流出シミュレーション結果

参考文献

- 1) 渡辺政広・永吉光一・右近雄大：土研モデルと SWMM を組み合わせた下水道流域の汚濁負荷流出モデル，水工学論文集，第 42 巻，pp. 199～204，1998.
- 2) Roesner, L. A., J. A. Aldrich, and R. E. Dickinson：Storm Water Management Model; Ver.4-Part B; EXTRAN Addendum, U. S. EPA / 600 / 3-88 / 001b, 1988.