

愛媛大学工学部 正 員 渡辺政広

愛媛大学大学院 学生員○小林康司

日本上下水道設計㈱ 正 員 永吉光一

愛媛大学大学院 学生員 岡田将人

1. はじめに

わが国の合流式下水道流域の下水管渠網内には、今後、CSO 対策の各種施設が数多く設置されるようになると予測される。このため、下水道管渠網内における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得る解析モデルが必要となってきた。

本文では、わが国で広く用いられてきている土研モデル（集中型土研モデル）を分布型へと改良し、これとスロット・モデルとを組み合わせた雨水流出と汚濁負荷流出の非定常解析モデルを提示すると共に、その適用性について検討した結果を報告する。

2. 分布型流出解析モデルの構成¹⁾

2.1 流域モデリング

流域が多数の排水区からなるとしてモデル化する。ここに、単位排水区は、図-1 に示すように、上流マンホール、下水管渠、およびそれらの直接集水域から構成されている。

なお、単位排水区の面積、地表面における各種流出面の諸量、上流マンホールと下水管渠の諸元は、いずれも単位排水区ごとに異なるものとして取り扱う。

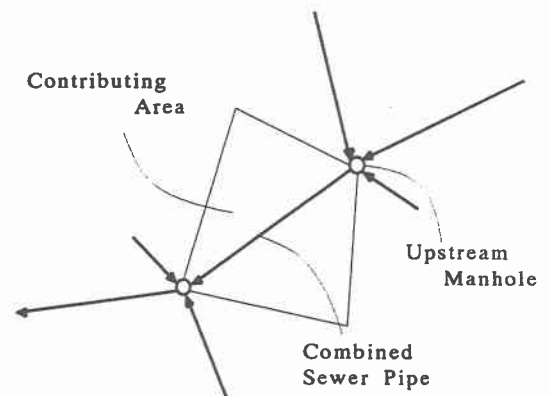


図-1 単位排水区

2.2 雨水損失（有効降雨）モデル

有効降雨の算定には、修正 RRL 法における算定法を採用し、各種流出面を、雨水損失の無い不浸透性流出面、凹地損失のある不浸透性流出面、凹地損失と浸透損失のある浸透性流出面の3種に分類する。

2.3 雨水流出モデル

(a) **地表面流出**：上述した3種の流出面上の雨水流入時間が時空間的に一定であるとし、合理法によりマンホールへの流入ハイドログラフを算定する。

(b) **管渠内流出**：ここでは、スロット・モデルを用いる。スロット・モデルとは、下水管渠頂部に微小幅のスロットがあると仮定し、見かけ上、圧力流れを開水路流れとして取り扱える実用的な雨水流出モデルである。

2.4 汚濁負荷流出モデルー分布型土研モデルー

(a) **地表面上での汚濁負荷流出**：分布型土研モデルでは、集中型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流出面に適用する。以下に COD に関する基礎式を示す。

$$L_{WC} = (1/3.6) C_{WC} P'_{WC} (r_e - r_{ec}) A_W \quad \cdots (1), \quad dP_{WC} / dt = -L_{WC} \quad ; \quad P_{WC} = 1000 \times P'_{WC} A_W \quad \cdots (2)$$

ここに、 L_{WC} ：発生負荷量 (gr/s)、 C_{WC} ：負荷流出係数 (1/mm)、 P_{WC} ：滞積（残存）負荷量 (gr)、 P'_{WC} ：単位面積あたりの滞積負荷量 (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CはCODに関する諸量であることを表す。

(b) **管渠内での汚濁負荷流出**：地表面上での汚濁負荷流出と同様に，集中型土研モデルにおいて，下水道管渠システムに一括して適用されていた汚濁負荷流出の式と連続の式を，各单位排水区の下水管渠に適用する．図-2 に示すように，対象下水管渠の上流マンホール地点には，上流からの流出汚濁負荷，直接集水域からの流出汚濁負荷および補給汚濁負荷が流入することとなる．以下に COD に関する基礎式を示す．

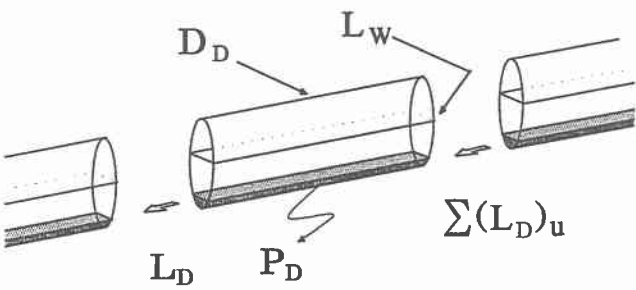


図-2 下水道管渠における汚濁負荷の流出入

$$L_{DC} = C_{DC} P_{DC}^2 (Q - Q_c) \dots\dots\dots (3)$$

$$dP_{DC} / dt = D_{DC} - L_{DC} + L_{WC} + \sum (L_{DC}) \dots\dots (4)$$

ここに、 L_{DC} ：発生負荷量 (gr/s)， C_{DC} ：負荷流出係数 (1/gr/m³)， P_{DC} ：滞積負荷量 (gr)， D_{DC} ：補給負荷量 (gr/s)， $\sum (L_{DC})$ ：上流の下水管渠よりの流入汚濁負荷量の合計， Q ：スロット・モデルによる計算流量 (m³/s)， Q_c ：限界流量 (m³/s)．また，第1下添字Dは下水管渠内（晴天時）に関する諸量であること，第2下添字CはCOD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

上述した分布型流出解析モデルを，低平な市街地（商業地域）の一合流式ポンプ排水区（面積：45.5 ha，不浸透域：85 %）に適用した．

流出シミュレーション結果の一例を，実測結果と対比して，図-3 および 4 に示す．これらより，雨水流出シミュレーションについては，実用しえる結果の得られていることが分かる．一方，汚濁負荷流出については，全般的には，適合度のやや低い結果が得られているが，ポンプの間欠運転に伴う加速されたあるいは抑制された流出については，それらをよく再現する結果の得られてきていることが分かる．

参考文献： 1) 渡辺政広・永吉光一・岡田将人：合流式下水道における雨天時汚濁負荷流出の分布型非定常解析モデル，環境工学研究論文集・第35巻，pp. 74～77，1998年．

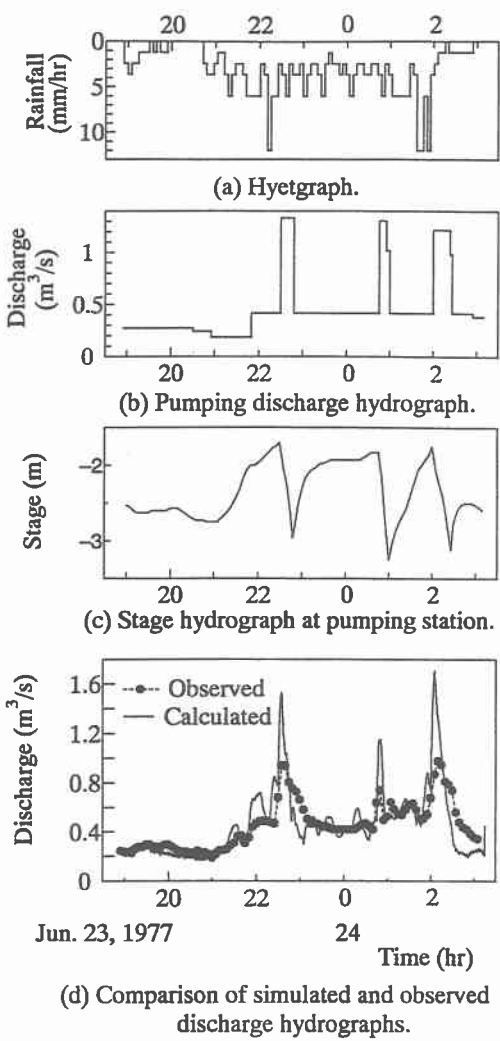


図-3 実測記録および
計算値と実測値の比較

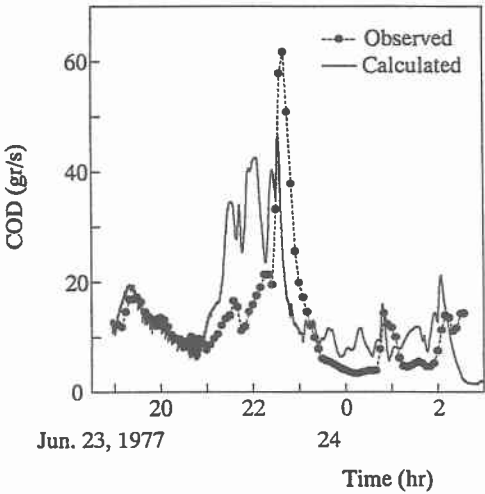


図-4 流出シミュレーション結果