

宮崎大学工学部 正員 石黒政儀

宮崎大学工学部 正員 田中春夫

1. まえがき 近耳わが国における公用水域の汚濁、汚染ガヤがましくいわれているが、その原因の一つとして、雨天時における既設の合流式下水道からの混合下水の無処理放流があげられる¹⁾。ここ数年来、雨天時下水水質変動の基礎的研究として、宮崎大学工学部管内全排水渠を利用して降雨量、流出量観測および水質測定を続けている。本文では流域内を不透透面、半浸透面、浸透面の3流域成分にわけて流出現象を解析し、さらに水質もこれら3成分からの合成である点に着目して雨天時の水質変動解析を行なわんとするものである。

乙. 都市域での流出機構 市街地での流出現象の場を規定する流域特性は多くの表面工種から構成され複雑であり、しかも流域面積が河川に比して小さいため短時間の降雨特性に敏感に反応する。河川流域では不透透面の占める割合が全流域に対して小さいため、浸透損失量をマクロに取り扱って、各種の流出解析法が有効に適用できる。しかし、都市域では不透透面の占める割合が大きいのでより詳細な検討が必要である。流出モデル：都市流域（一般河川にても可）は降雨損失の観点から、次の3流域成分に分類できる。(1)不透透面 A_{imp} ；屋根、舗装面などで排水渠に直結するもの。(2)半浸透面 A_{sp} ；不透透面ではあるが排水渠に直結せず浸透面を介して流出するもの。(3)浸透面 A_s ；庭や草地、裸地など。これら3成分の關係は全流域面積を ΣA とすれば $\Sigma A = A_{imp} + A_{sp} + A_s$ --- (1) これをモデル化したものが図-1である。これら3流域成分はそれぞれ異なった流出現象を起し、それらを合成したものが1排水区からのハイドログラフであり、これをモデル化すれば図-2になろう。

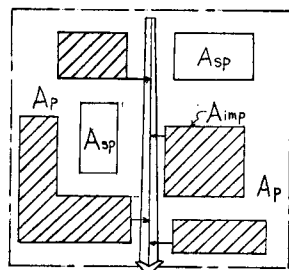


図-1 流域モデル図

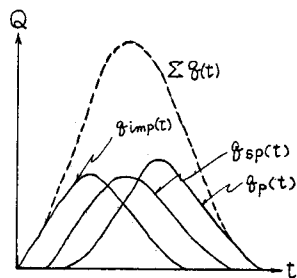


図-2 流量モデル図

$$\Sigma q(t) = q_{imp}(t) + q_{sp}(t) + q_p(t) \text{ --- (2)}$$

すなわち q_{imp} が時間的に最も早く流出し、降雨特性に最も敏感に反応する。つぎに q_{sp} が浸透面を排水渠まで流下し、遂に流出となり最後に q_p が貯留浸透能以上の降雨になって流出開始となる。このような3成分からの流出解析法は参考文献(2)で既発表のため省略する。

3. 汚濁堆積物の流出 表面工種が一樣な単位流域を任意の流出時間 t に毎に分割し、その面積を $A_1, A_2, \dots, A_n$ とす。汚濁堆積物 P_i は場所的に一樣に堆積しており、一樣な降雨強度 I を持つ雨がピーク流速時間 t_n に等しい間降るものとす。このとき単位流域末端での流出汚濁量の経時変化 P は堆積物をすべて流出させる降雨(流出量)を単位降雨強度 I_0 とすれば、降雨強度(流出量)の変化によって、次のように分類される。(1)単位降雨強度 I_0 の場合：一樣流出の直線型(図-3③I)。(2)単位降雨強度より小なる場合：各小区に残留物があるので台形変化とする(図-3③II)。(3)単位降雨強度より極めて小なる

場合：鋭角三角形となる（図-3③Ⅲ）。但し、これらは実際には流出の時間的ずれも影響して平滑な曲線形になると考えられる。以上の流出汚濁物量の変化 $P(t)$ は雨水流出量の経時変化 $q(t)$ と組み合わせられて始めて水質の経時変化 $C(t)$ となる： $C(t) = P(t) / q(t) \cdots (3)$

式(3)は図-3のような関係で示される。図-3①は単位降雨強度 I_0 とし、3種の強度が示してある。流出量 $q(t)$ が②で、流出汚濁物量 $P(t)$ は③、水質変動 $C(t)$ は④のⅠ、Ⅱ、Ⅲのような3つの代表曲線で表わされる。これらの3代表曲線はそれぞれ次のように数式表現できる。

Ⅰ型：水質が漸減する型で単位降雨強度の場合： $C(t) = \alpha \cdot e^{-\alpha t} \cdots (4)$

Ⅱ型：対称正規分布のように水質が漸次増加し、ある最大値に達したのち漸減する場合： $C(t) = \alpha t e^{-\alpha t} \cdots (5)$

Ⅲ型：全継続時間を通りて水質が余り変動しない場合： $C(t) = \alpha \cdots (6)$

式(4)(5)(6)では継続時間、 α は定数であり、実測値より求められる。

4. 都市域での水質変動 都市域はここで述べたように、3つの流域特性に分けられ、汚濁物には有機、無機の2種があり、各流域にはこれら汚濁物が有限または半無限、無限に堆積している。3流域成分より流出してくる汚濁物による水質をそれぞれ C_{imp}, C_{sp}, C_p とすると下水道末端の水質 $C(t)$ はそれらを合成したもので与えられる。すなわち、

$$C(t) = \frac{q_{imp}(t) \cdot C_{imp}(t) + q_{sp}(t) \cdot C_{sp}(t) + q_p(t) \cdot C_p(t) + q_d(t) \cdot C_d(t) + D}{q_{imp}(t) + q_{sp}(t) + q_p(t) + q_d(t)} \cdots (7)$$

ここで C_d : 晴天時下水水質, q_d : 晴天時下水水量,
 D : 管内堆積物流出量。式中の各要素が判明すれば、 $C(t)$ の時間的変動を知ることができる。

5. 本流域への適用結果 2.4の解析法を本流域の降雨流出と水質に適用した1例を図-4に示す。ここでは、汚濁指標はBOD₅を用い、晴天時の流量、およびBOD₅は一定として計算段階で除いた。図-4①は実測雨量と流出量で実線以外は各流域成分からの分離流出量である。②は各流域成分からの流出水質で実線は合成末端部の水質である³⁾。

6. おわりに 本文では雨水流出と水質変動との関連について論議、考察を加えたが、水質変動については定性的な範囲にとどまった。目下 雨天時の実測を続けており、式(4)(5)(6)の定数値や、 A_{imp}, A_{sp}, A_p からの水質の降雨強度の違いによる変化、先行降雨との関係などについて、さらに研究を続けたい。

- 参考文献： 1) 稻葉紀久雄：雨天時下水の水質の実態と河川汚濁防止対策、用水と廃水、Vol.10, No.11, 1968
2) 石黒、田中、久徳：下水道雨水流出に関する実測的研究、土木学会西部支部研究発表会 1972, Z.20
3) 石黒、島越、西：雨天時下水の水質変動に関する研究、土木学会西部支部研究発表会 1972, Z.20

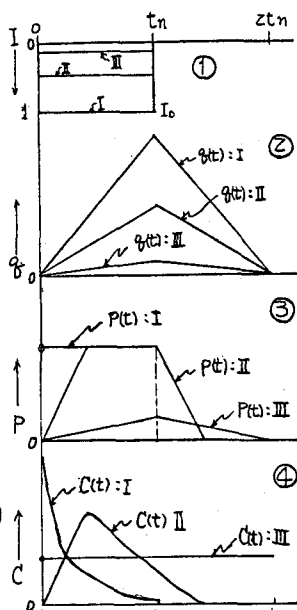


図-3 Iと q, P, C の関係

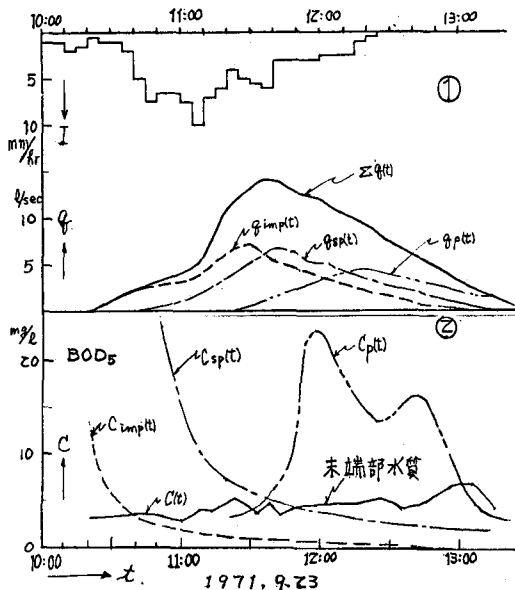


図-4 実測と解析の適用例