

宮崎大学工学部 正会員 石黒政儀
 宮崎大学工学部 学生員 〇松岡慶二
 宮崎大学工学部 学生員 植田 薫

1. はしがき 都市環境の整備と保全の根幹となす下水道計画において合流式、分流式のいずれを採用するにしても雨水排除の問題は重要である。本文は昭和40年度より宮大工学部にて観測が続けられてきた降雨流出量とそれらを基にして各種流出解析法の研究が続けられてきた本報である。この間に合理法とビュルグリ系実験式の検討とその修正法、単位図法、等価粗度係数值、損失能(浸透能)の検討と有効雨量推定法、不透透面の増大と流出率の変化、共軸相関法によるピーク流量予測法などの検討報告がなされたが、^{(1)~(3)} 本4報(1971年)からは雨水流出算定法のRRL法(Road Research Laboratory Method)に着目し、^{(4), (5)} 同法の検討と修正を行ってきた。本法は既存の方法に比べて排水域の流出現象を忠実に再現し、方法論的にも簡明であり、Input hydrographは単位図法的手法、Output hydrographには貯留数値的手法を用いて流出記録のない流域でもHydrographが決められる、などの特長を有しているが、⁽⁶⁾ 本5報、⁽⁷⁾ 本6報で本法の欠陥を逐次修正し報告した。^{(8)~(9)} 本文では前報までに残されていた諸疑問点を解決した、新RRL法の流出算定法を総括し、その適用例をも報告する。

2. RRL法の算定手順と欠点 RRL法では①排水区の不浸透面積率、②懸案地点までの流下時間、③懸案地点での貯留量曲線、の3物理量を推定し、設計Hydrographの水文量を与えて流出Hydrographが算出される。実際の手順としては①不透透面のみから流出する流域図、②下水管を満管流としてManning公式で算出した単位時間5min.の時間面積図の作製、③実測流量データから降雨終了後の任意流量 Q_1 と、それ以後の全流出量を貯留量 S として多くの資料から $S-Q$ を求めるか、任意流量の管径水深比が全管で一定として $S-Q$ を求める。図1の(1)から(2)の集水面積 A_n 、(3)の I_n から(4)のInflow hydrograph, P_n は $P_n = I_1 A_n + I_2 A_{n-1} + \dots + I_n A_1$ で求め、貯留修正の流出Hydro算定基本式は $P-Q = Q_1$ から、 $(P+Q_1)/2 = S_1 + (Q_1 + Q_2)/2$ 、これを差分化し $(Q_1 + Q_2)/2 = (Q_1 + Q_2)/2 + (S_1 + S_2)$ または $(Q_1 + Q_2)/2 = (Q_1 + Q_2)/2 + S_1$ を逐次計算し流出Hydrograph Q が求まる。本法の欠点①、②、③、④は、①流出は不透透面のみで浸透面を無視、②表面流出と流入時間の不明確、③管内流下時間算定の簡略化、および④時間面積図を唯一の降雨で表現、などがある。

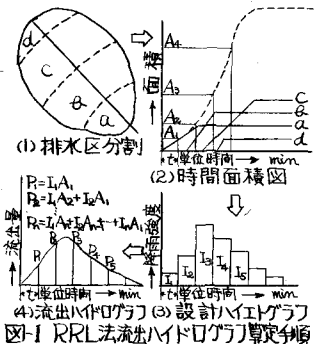
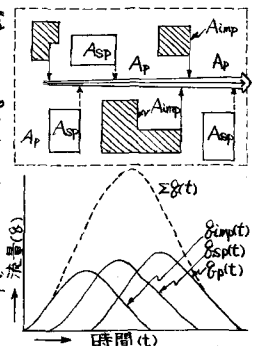
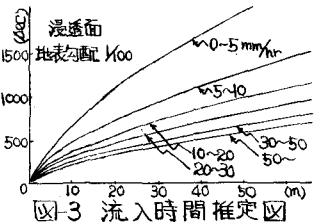


図1 RRL法流出ハイドログラフ算定手順

3. 新RRL法とその適用例 RRL法の諸欠点を修正し、かつ補正付加した宮大水文学グループの新RRL法はつぎの手順に従う。(1)すべての流域は不透透面(A_{imp})、半不透透面(A_{sp})、浸透面(A_p)に分類でき、これら3流域成分からの流出量は $g_{imp}(t)$ 、 $g_{sp}(t)$ 、 $g_p(t)$ の順に流出し、それらの総計が実際のHydrographであり、総流出量 $\Sigma g(t)$ となる(図2)。②管渠までの流入時間算定。表面流出をManningの抵抗則が成り立つとして雨水の運動方程式から導かれる $u = [nB / (\sin \theta)]^{1/2} (f_i)^{1/3}$ ①を用いる、ここで u : 流入時間 n ; 粗度係数 B ; 流域長 $\sin \theta$; 勾配 f ; 流出係数 i ; 降雨強度である。地表面各工種、粗度、また降雨強度ごとに u を算出しておく。その1例が図3である。この u 算定についてはカーバーの修正式⁽¹⁰⁾、イザードの貯留式⁽¹¹⁾など各種の算定法が考えられる。^{(12)~(14)} ③降雨強度ごと各流域成分の時間面積図の作製同一流域成分でも降雨強度の大小によって雨水の流達時間が異なり、当然時間面積図 図2 新RRL法流出モデル図



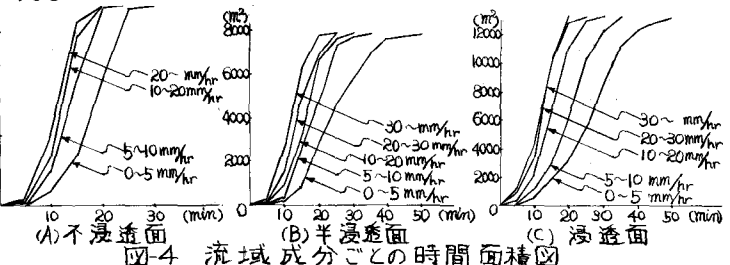
さらにHydrographも異なる。流入時間 T_1 は②の手法によるが、管渠内流下時間 T_2 は降雨強度 i に対応して合理式で Q を推算し、その Q に対する流速 V をManningの流速公式で求め、管長を除いて T_2 を求める。かくして流達時間 $T = T_1 + T_2$ および①の3流域成分面積から各々ごとの時間面積 F が図4のように得られる。(4)有効降雨の推定 ④不浸透面：初期損失(凹地貯留など)約4~6mm以後は100%流出とする。



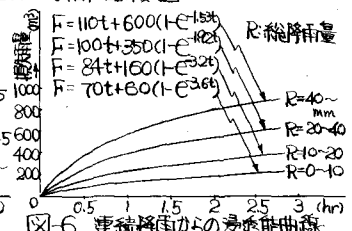
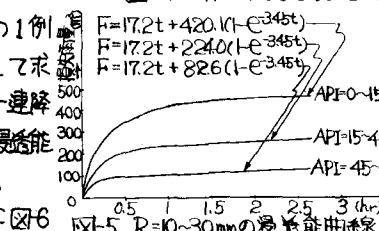
⑤浸透面：初期損失以後は

Horton型の浸透能曲線式 F にそって損失し、その残量を有効雨量とする。しかし F は降雨の先行条件によって異なるので、APIに関係づけ降雨量ごとの F 曲線を求める。曲線式は

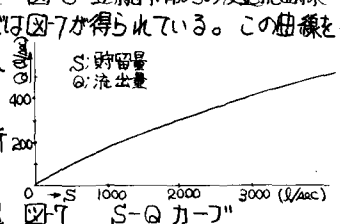
$F = \alpha t + \beta(1 - e^{-\alpha t})$ 本流域での1例を図5に示す。半浸透面も同様に求める。⑥連続降雨からの損失 連続降雨中の損失は、上述のHorton型浸透能曲線 F で各降雨量ごとに求め得る。



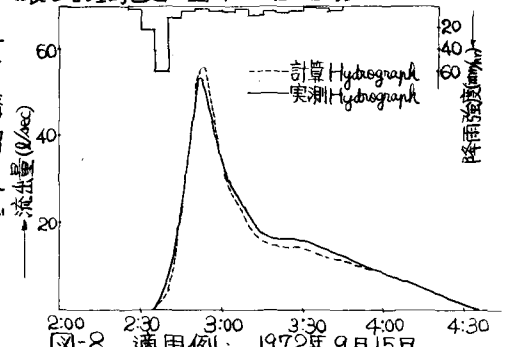
本試験流域では各種降雨量 R ごとに図6の關係が得られている。(5) $S-Q$ 曲線 実測流出Hydrographから本域では図7が得られている。この曲線を利用してInflow hydrographを修正して、最終Hydrographが得られるが、前述2で求めることもできる。



(6)適用例 1972年9月15日の降雨と流出の実測値に対して、上記の新RRL法を適用した結果が図8であり、実測値と良く適合している。



4 あとがき 本文では下水道の雨水流量算定法として最も合理的と思われる新RRL法の提唱と、その算定手順および適用例をも提示した。本法での今後残される問題点としては(水文学上の基本問題ではあるが)浸透面における降雨損失機構(有効雨量の普遍的算定法と代表的値)および管渠内滞留量の $S-Q$ 曲線の実測値によらない算定法であろう。これらの点については多くの地域での実測値と理論解が必要で、今後も研究を進めていきたい。なお流出ハイドログラフの計算に当っては宮崎大学工学部電子計算機 FACOM 270-20 を使用した。



参考文献

- 1) 石黒, 岡田, 広瀬; 下水道計画における降雨と流出の実測的調査(初報), 土木学会都市計画委員会論文集(1971.2)
- 2) 石黒, 上原, 佐藤; 同上(第2報) 1968.2
- 3) 石黒, 内藤, 本山; 同上(第3報) 1969.2
- 4) L. H. Watkens; The Design of Urban Sewer Systems. Road Research Technical Paper No.55. Department of Scientific and Industrial Research. London. Her majesty's stationery Office 1962.
- 5) M. L. Teratrup & J. B. Stall; Urban Runoff by Road Research Laboratory method, proc. of the ASCE, HY6. Nov. 1969.
- 6) 石黒, 阿部, 井上, 田中; 同上(第4報) 1971.2
- 7) 石黒, 久徳, 田中; 同上(第5報) 1972.2
- 8) 石黒, 利, 田吉; 同上(第6報) 1973.2
- 9) 石黒, 植田, 松岡; 同上(第7報) 1974.2
- 10) 山口, 松原, 山寺; 都市における降雨流出調査, 環境技術資料14-11, 1971.11
- 11) 山口, 松原, 杉山; 都市域における洪水処理に関する研究, 土木学会 1973.10