

1. はしがき 近年水文学の進歩、発展により流出解析には多くの方法が実用化されているが、下水道計画での雨水流出量計算と管渠断面決定には合理式(ラショナル法)が最も広く用いられている。本文では合理式での設計降雨にハイレトグラフ(連続時間降雨曲線)を用い、降雨強度と継続時間さらに流域の不浸透面積率と流出係数を変化させてピーク流量を求める方法を提示する。

2. 雨量配分率によるハイレトグラフの新算定法 設計降雨としてのHyetograph算定には石黒の特性係数法が有効適切に利用されているが¹⁾²⁾ 本文では一連降雨(ひと雨)の平均配分率からHyetographを算定する方法を提示する。この方法は日雨量単位の長時間降雨の場合も同じ手順で誘導できるので、ここでは下水道計画を対象とした1時間雨量単位の短時間Hyetographについて例証する。

手順1 雨量配分率の推算(P%) 連続10分間雨量観測値から任意継続時間 t (min)の最大雨量 R_t を順次求め、1時間雨量 R_{60} に対する各 R_t の百分率 P_t (%)を計算する $P_t(\%) = R_t/R_{60} \cdots (1)$ このような配分率関係を多くの降雨から求めれば図-1を得る。

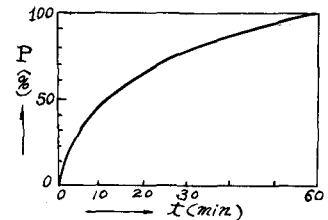


図-1 時間雨量の配分

手順2 降雨強度比の計算(σ 値) 各 P_t を1時間強度に換算 $\sigma_t = (R_t/R_{60})(60/t) = P_t(60/t) \cdots (2)$ この σ_t は図-2となり、この曲線式を求める。式形は各種で比較検討すべきであるが、最も簡単なTalbot typeの式で充分である。 $\sigma = \frac{a}{t+b} \cdots (3)$

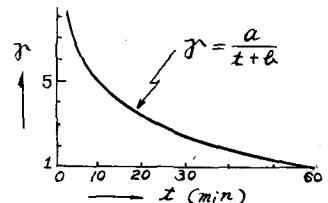


図-2 強度比曲線

手順3 配分率連続曲線の推算(D曲線) 式(3)の係数 a, b が求まれば、石黒のHyetograph計算法に従って¹⁾²⁾降雨ピーク前と D_b 、ピーク後と D_a 、 t_b と t_a をピーク前と後の時間とした次式 $D_b = a b / \{(t_b/r) + b\}^2 \cdots (4)$ $D_a = a b / \{(t_a(1-r)) - b\}^2 \cdots (5)$ を求める。ただし r は全降雨継続時間 t に対するピーク位置を示す値であり、各降雨ごとに実測降雨量から求めねばならない地方常数

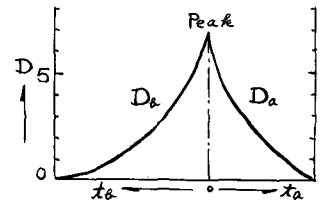


図-3 配分率曲線

手順4 ハイレトグラフ式の算定(i 曲線) 式(4)(5)の配分率曲線式 D_b, D_a に R_{60} を乗じHyetographを得る $i_{a,b} = D_{a,b} R_{60} \cdots (6)$ また任意時間 t 中の降雨強度は次の式(7)式(8)から求める。¹⁾

$$i_{a,b,t_1} = \int_{t_{a1}}^{t_{a2}} i_a dt = a b r^2 \left[\frac{1}{t_{a1} + b r} - \frac{1}{t_{a2} + b r} \right] \cdots (7)$$

$$i_{a,b,t_1} = \int_{t_{a1}}^{t_{a2}} i_a dt = a b (1-r)^2 \left[\frac{1}{t_{a1} + b(1-r)} - \frac{1}{t_{a2} + b(1-r)} \right] \cdots (8)$$

ただし $t_{a2} > t_{a1}$ 、 $t_{a2} > t_{a1}$ はピーク前後の任意時間 t (min)である。

以上の手順で算定したT市のHyetographが図-4の $i_{a,b}$ である。

3. ピーク流量の新算定法 (1)時間変動流出係数 従来の合理式では流達時間(降雨継続時間) t に関係なく流出係数を一定としているが、降雨損失は降雨開始後の強度と継続時間に密接な関係があ

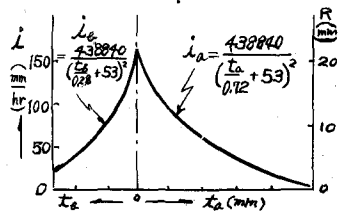


図-4 T市確率5年 Hyetograph

る事実に着目し、降雨継続時間と共に変動する流出係数を採用する。図-5は降雨損失、有効雨量のプロセスをモデル化したもので、 i_b がHyetograph、 f は損失、浸透能曲線と斜線部が損失量、 t_{10} と t_{20} での流出率は当然異なり、Hyetoのピーク位置によっても違う。降雨損失にはHortonの浸透能式も適用できるが、ここでは不浸透面損失をも加味したW.W.HornerのC曲線を用いる。(23)図-6参照。

(2)流達時間内の流出係数算定 図-7は設計Hyetoと有効雨量の計算実例を示したもので、①は図-4のHyetoから算出した10分間ごとの降雨量 P_t 、②は図-6の不浸透面曲線 C_{imp} の値、③は各10分間の有効雨量 R_t である。いま継続時間 $t=20min$ の流出係数算出を例示すれば、20分間の Q_{max} は R_3+R_4 、降雨量は P_3+P_4 、時間は t_3+t_4 であるから、この期間の平均流出係数は次式となる

$C_{20} = (R_3+R_4)/(P_3+P_4) = (C_3P_3+C_4P_4)/(P_3+P_4) \dots (9)$
各任意継続時間(流達時間)の C_t も同式の加重平均で求める。

(3)ピーク流量の計算 各 t の i に C_{imp} 、 C_p を乗じ $Q = \frac{1}{360} C_i A$ から流量は求まる。表-1は $A=1ha$ としに比流量である。

(4)流域内流出係数と設計流量 表-1の不浸透と浸透面流出係数値平均から、次の流域内平均流出係数式が得られる。

$$C = 0.39 + (0.84 - 0.39) Imp = 0.39 + 0.45 Imp \dots (10)$$

ただし Imp は流域内不浸透面積率である。この式を用い流域内の各用途別不浸透面積率を調査して合成流出率が求められる。T市の実例を図-8に示す。

4. むすび 本文ではハイエトグラフの配分率による算定法と合理式の新算定法を提示したが、式(6)の R_0 を確率計算しておけば確率年別Hyetoが求められる。3は設計Hyetoから損失量を差し引き、各 t ごとの流出率からピーク流量を求める方法である。これは小流域でのピーク流出係数の概念を具体的に表現利用したものとも云えよう。また C_{imp} と C_p の正しい実例値を求めることが今後の研究課題として残されている。

参考文献 1)石黒：ハイエトグラフとその特性に関する研究、土木学会論文集 第115号、1968。2)岩井 石黒、応用水文統計学、第10章、森北出版、1970。3)Horton, R. E.: Trans. A.G.U., 1933。4)Horner W. W.: Eng. News, No. 64, 1910。5)ASCE Manuals, No. 31, Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers, Chapter. 4, 1969。

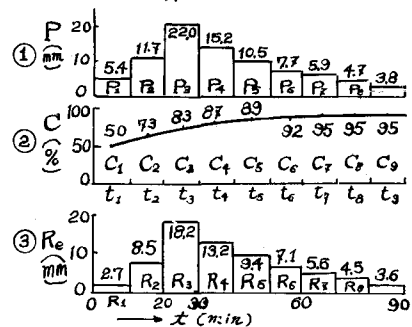
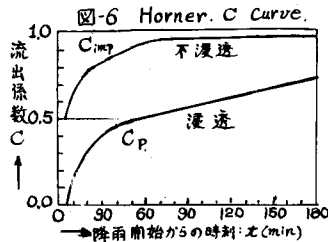
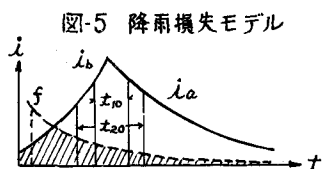


図-7 設計ハイエトと有効雨量

表-1 流量計算表

流達時間, 土曜	設計降雨(確率5年ハエト)			各継続時間		計算比流量	
	$i_b = \frac{4380}{(t_a+5)^2}, i_a = \frac{4380}{(t_a+5)^2}$			平均		$q = \frac{1}{360} C_i \left(\frac{m^3}{m \cdot h} \right)$	
	流出係数值						
降雨量	平均強度	降雨開始時刻起迄	不透水面	浸透面	不透水面	浸透面	
R(mm)	i(mm/h)	起迄	C _{imp}	C _p	C _{imp}	C _p	
10	22.0	132.0	20 30	0.830	0.380	0.305	0.139
20	37.2	111.6	20 40	0.846	0.396	0.263	0.123
30	48.9	97.8	10 40	0.818	0.371	0.222	0.101
40	59.4	89.1	10 50	0.831	0.387	0.206	0.095
50	67.1	80.5	10 60	0.841	0.397	0.188	0.089
60	73.0	73.0	10 70	0.850	0.404	0.172	0.082
70	78.4	67.2	0 70	0.826	0.385	0.154	0.072
80	83.1	62.3	0 80	0.833	0.393	0.144	0.068
90	86.9	57.9	0 90	0.838	0.399	0.135	0.064

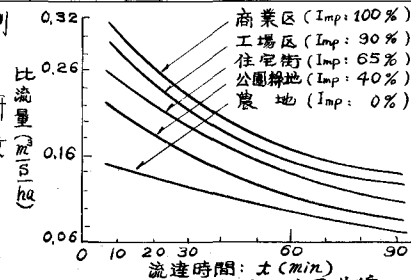


図-8 排水区用途別比流量曲線