

建士研 正員 ○山口 高志
正員 松原 重昭

1. はじめに

本研究は、都市域の洪水処理計画はいかにあるべきかという本題に対する前段階というべき。流出解析法について、現地調査資料を用いて検討を加えたものである。一般的な研究手法としては、実験と調査が並行して進むべきなのであろうが、既存資料の量も豊富であったことから後者のみを進めた。その意味での欠陥を補うために、流出解析法としては、ビジュアルなもの^とというわけで、下水道配管図を利用する方法をえらんで行った。一応の成果が得られたので、既発表のものも含めて発表し、御批判をおねがいすることにした。なおことわっておかねばならないことは、用いた資料自体流量測定点は下水道本管末端であり、また解析法についても下水管を用いたものであり、その意味では、本法の対象とする都市域とは、下水道敷設地域とせねばならないことである。

2. 市街地における流出機構について

流出にとっての都市化は、不透透面積の増大、凸凹(貯留)の減小、流下速度の増大というふうにいわれている。これはとりもなおさず“下水道を含めた排水設備または排水系統の整備の度合と理解”できよう。この点からdrained areaが何%、undrained areaが何%かということがまず第一の着眼点になる。すなわち、屋根と芝地(庭)を西極として、道路、裸地等の各工種がこの間に並ぶ。

ここで排水設備のあるものはと考えると、損失の仕組みも考え合せて、drained areaの大部分は、しかも測定可能な代替物として不透透域が考えられよう。

次に降雨損失について考えると、まず浸透域、不透透域の別が挙げられる。この両工種上で考えられる損失は、不透透域については、凹地貯留(D_i : mm)のみ、浸透域では、凹地貯留されたものも、浸透能以下の降雨の際には浸透するので、浸透損失量($\int f(x)dt$, $f(x)$: 浸透能 mm/hr)と凹地貯留(D_p : mm)の合計量ということになる。式に示すと、一雨の総損失量(F : mm)は、 Imp を不透透面積率として、

$$F = D_i \cdot Imp + (D_p + \int f(x)dt)(1 - Imp) \quad (1)$$

となる。ただし上述のように D_p は降雨継続時間中降雨強度が常に $f(x)$ より大きくないと、一定値はとらない。また、 D_i , $f(x)$ らは先行降雨の有無によって変化する量である。次に D_i (mm)が不透透域全体に一樣に分布しているとは考えにくく、直接流出域を設定するのが合理的であろう。これは浸透域についていってもいい、その地域では浸透能以上の降雨は直接流出する。(1)式について少し補足を加えると、もし降雨強度(R : mm/hr)が浸透能より小さい降雨の場合には、(1)式は、総降雨量、総流出量を R , Q_T (mm)として、

$$Q_T = R - F = (R - D_i)Imp \quad \text{または} \quad Imp \cdot R - Imp \cdot D_i \quad (2)$$

となる。因みにTholin & Keiferはシカゴ法で $\frac{1}{16}$ inch = 1.6 mmを提案しているので、これを用いて、 $Imp = 0.5$ とすると、(2)式第2項は0.8 mmになり、 R と Q_T はほぼ比例関係にあることが予想される。最後に流Fおよび貯留機構については、地表面と下水管内を考慮する必要がある。屋根

道路などは、ほとんど1~2分で下水管に入るので、あとに用いるシミュレーションが5分間隔であることを考えると無視できよう。裸地、庭等はもうかしめかかると思われるが、凹地貯留を占めていることもあり、無視する。下水管は、先に触れた都市化の3要素を十分もっているし、加えて諸元が一般に既知なので、組み入れる必要がある。この点について検討した結果、R.R.L法の手法を一部修正して用いることにした。すなわち内容は、等到達時間面積図およびS-Qカーブ(S:管内貯留量(mm), Q:下流端流量(mm/hr))で

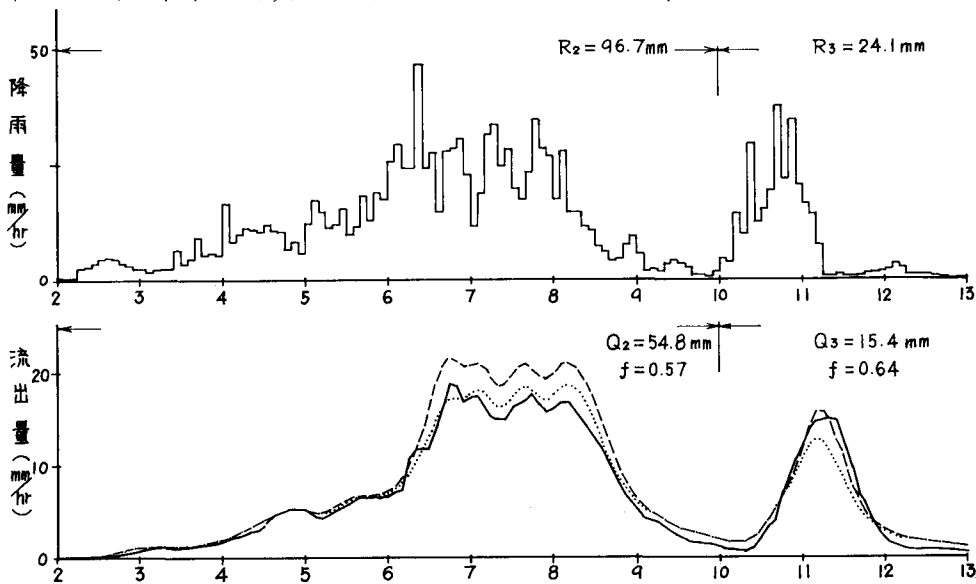
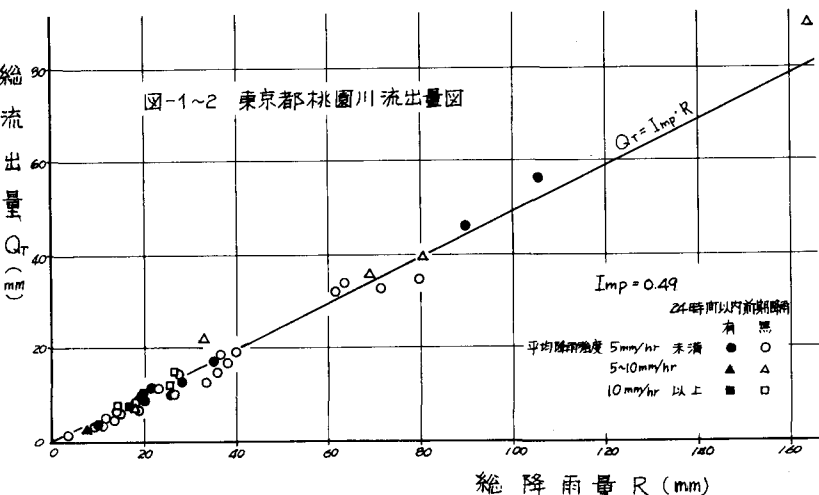
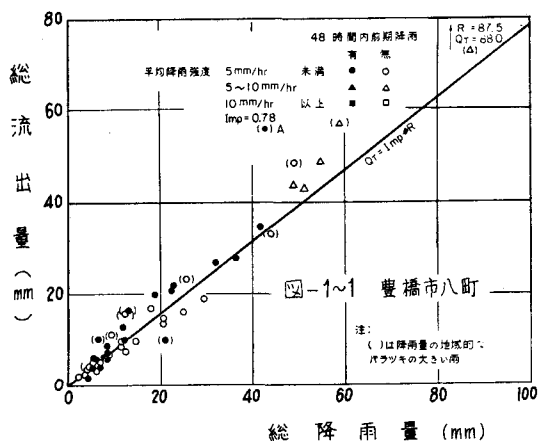
あるが、その作製法として、前者は下水道配管図および各管の満管時流速を用いて求め、後者については、有効降雨 2 mm/hr なS 2 mm/hr が、全管内を流下している定常状態での管内水量をもってSとして求めた。

3. 現地調査資料について

用いた資料は折にふれ、報告してあるので詳しくはふれないが、東京都の2排水区(共に約5 km^2)

名古屋、豊橋のそれぞれ1排水区(共に約1 km^2)の下流端流量資料

またはその雨量資料である。各流域の個性としては、流域面積の他にそれぞれ



れ、不浸透面積率が約50, 50, 50, 80%であること、住居、工業商業地域の別があること、東京都のそれは、山の手より比較的勾配のある地域(池袋および高円寺周辺)、名古屋は海に近い低地、豊橋は駅前商店街であろう。

4. 資料の整理結果

総流出率と不浸透面積率 まず一雨雨量についての整理例を、図-1-1~2に示す。これより、不浸透面積率が流出に対して重要な役割をしていること、(2)式で示される傾向がでていること、 D_i として2mm程度が推定されることなどがわかる。

修正RRL法の適用 まず損失機構としては、図-2に示すように不浸透域に対して $D_i=2\text{mm}$ (不浸透面積当り)、直接流出域率は道路、屋根等と考えて2割、浸透域に対しては、浸透能 f_c を一定値(結果によれば、11mm/hr程度の流域でも8mm/hr~12mm/hr程度)、 D_p としては、Tholin & Keiferの結果 $1/4\text{ inch}=6.3\text{mm}$ を参考に $D_p=6\text{mm}$ (単位面積当り)を使用した。また直接流出域率は0.1を使用。等到達時間域図は、谷端川の例を図-3に示す。計算法は、降雨ハイトグラフと単位図により合成したものをインプット(I)とし、 $S-Q$ カーブを用いて、貯留追跡計算を行った(計算時間間隔は5分)。計算例図-4は、降雨強度からみても浸透域からはほとんど流出が期待できない場合であり、図-5は、計算値によれば不浸透域から101.3mm、浸透域から23.4mm ($f_c=10\text{mm/hr}$) 流出する降雨の場合である。適用結果について簡単にまとめると、①、例図にもみられるように、我々の想定した流出機構は、ほぼ妥当なものと思われる。適合度のよい常数は、 $D_i=2\text{mm}$, $D_p=6\text{mm}$, $f_c=10\text{mm/hr}$ であった。②、降雨継続時間が長い場合には、 f_c を変化させた方がよいと思われるものがあった。③、2ないし3の雨量観測所の結果を

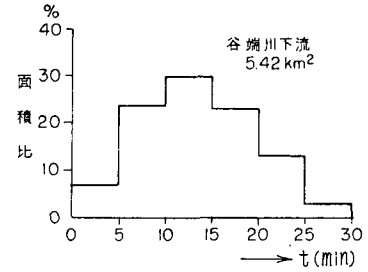


図-3 等到達時間面積図

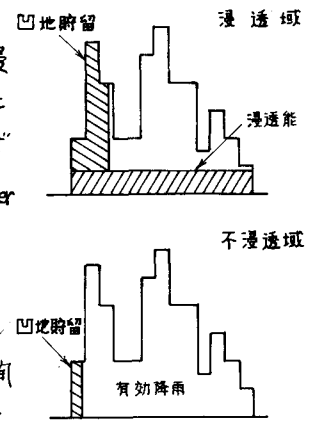


図-2 降雨損失機構図

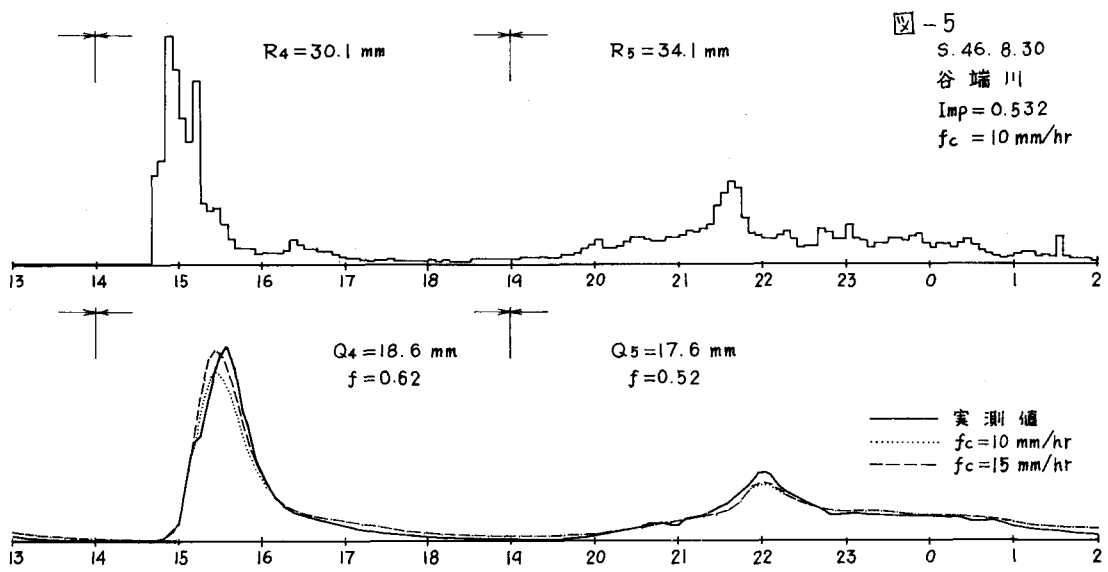


図-5
S. 46. 8. 30
谷 端 川
Imp=0.532
 $f_c=10\text{ mm/hr}$

用いたが、相互に異なる場合は、やはり一
致度は悪い。④。雨量計、水位計の時刻の
ずれが推測されるものが数例あった。⑤。
短時間強雨の際のピーク付近の一致が悪か
った。原因としては、モデルの適合性、時
刻のずれ、降雨の地域分布などが考えられ
る。⑥。不透流域の直接流出域の設定は、
一般に良い一致を見た。

5. 2, 3の考察

修正R.R.L法について、その長短を列挙
すると、

1) 比較的水理現象をフォローし、岸数
が少いということは大きな利点といえる。強雨時の浸透域の特性に
問題を残してはいるが、与えるべき常数は D_1 , D_2 , f_c の3つであり、
見当のつけやすい量であることが利点である。

2) 等到達時間域図およびS-Qカーブの作製は、相当量のロー
ドが要求され、電算の利用は必須である。ましてこれを設計に用い
るとなると、小流域のよほどの定型化が必要になろう。

3) ハイドログラフの推定が可能なので、ポンプ場の設計や合流
式下水道の改善計画立案にも利用できる。

ここで、例えば下水道計画に合理式を用いる場合について、修正
R.R.L法を用いて、この問題点の指通を行ってみよう。

1) 合理式の場合、計画流量は、到達時間を与えれば、確率-降雨強度時間曲線を用いて一義的に
与えられるが(ピーク流出係数 C_p :一定とする)、修正R.R.L法は貯留項があるため、この効果によ
りピークを与える継続時間は異なり一般的に到達時間よりも長い継続時間でピークを示す(図-6)。
図-6は、種々の継続時間の矩形降雨に対応するピーク流量を示したものである(谷端川)。加えて
本図は C_p が継続時間、降雨強度によって種々変化することを示している。

2) 図-6には、谷端川を矩形と想定した場合(他の条件は同じ)の計算結果も併記してある。こ
れによれば、流域形状によってピーク値、ピークを与える継続時間共に変化することがわかり、ひ
いては、現在の到達時間の定義は、少しあいまいであるといえる。また逆に実測値より、種々の方法
により到達時間を求める際には注意が必要ということであろう。

3) 確率降雨強度継続時間曲線は、合理式のいわば単位図的仮定から生まれたものであるが、前記
貯留項の導入により、先行降雨の効果についても検討する必要がある。

終りにあたり、本調査に援助を惜しまなかった東京都、名古屋市、豊橋市その他関係各所に、ま
た都市河川研究室山口、山宇、杉山各技官に感謝の意を表した。なお本論に関する詳細は、土木技
術資料vol.13, NO.10, vol.14 NO.10, 土木研究所資料 NO.704 を参照された。

