

実測資料からみた都市流出特性とその問題点

建設省 土木研究所 都市河川研究室 正員○山口 高志

〃 松原 重昭

はじめに

土木研究所では東京都を含む数都市（名古屋，豊橋，京都，岐阜）の協力を得て，下水道敷設地域からの流出観測資料の解析を行って来ていたが，たまたま昨年来 R.R.L.法を多少修正した流出解析法を用いて，検討を行い予想以上の成果を納めて来た。

その後続いて単位排水区および下水道完備の河川での適用，本法を用いた都市域での洪水処理シミュレーション（遊水池と拡巾）などを行い，またほかにはらん時のデータを入手することができたので，これへの本法の適用などを行って来た。

本報告では，他流域での適用結果に触れ，次に実際に適用していて気付いた点，今後の問題点の順に触れていく。

I. これまでの経緯

始めての方のために，また説明の都合上からも簡単に修正 R.R.L.法の概要に触れておく（以下本法と略記）。

本法の骨組は図-1 のように示される。

まず損失機構としては，全流域を不浸透域と浸透域に分け，前者には初期損失として凹地貯留量 D_I （2 mm 程度）をおくのみ，後者としては，同よう凹地貯留量 D_P （4～6 mm 程度）および浸透能 f_c （8～10 mm/hr）：const を想定し，残ったものを有効雨量とする。

次に流下機構（集中）としては，下水管配管図（すべてのパイプの径，勾配，延長が記入）を用い，満管時流速を算出して等到達時間域図（集中面積図ともいう）（5 分毎）を作成する。各ブロック内については亀甲型分割によった。

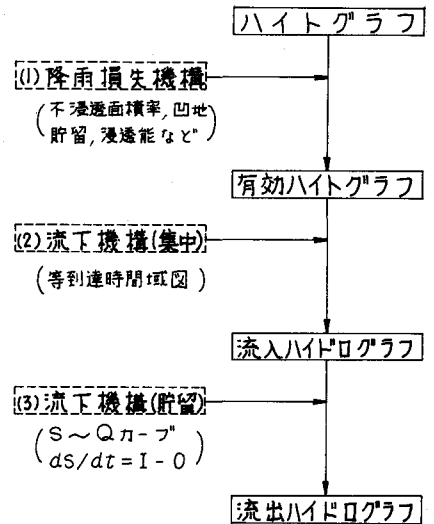


図-1

最後に，実際には下水管内にも貯留が進行する筈であるから，上記二者の合成されたもの（インフローハイドログラフ）に， $S-Q$ カーブを適用して流出ハイドログラフを求める（流下（貯留）機構）。 $S-Q$ カーブの求め方は，下流端流量 Q が例えば 5 mm/hr のとき，流域内全管 5 mm/hr の流量が流れているとし，その時の貯留量（ $4S$ ）を等流水深を用いて求め，総計して S （mm）を求めた。本法の検証は以下の結果によった。

1) 四つの流域について一雨雨量とそれに対応する総流出量の比がほとんどの場合，不浸透面積率に一致したこと，強度の大きい雨の場合これを越えること，などから上記のような損失機構を想定した。R.R.L.法の場合浸透域からは流出させない。

2) 流出ハイドログラフによる検証については，在来の方法とほとんどかわらないが，浸透域から流出が期待できないような降雨については未知数が D_I のみであるが，この場合についても充分な一

致を見た。なお三流域に対する適用結果については、文献(1) (2) (3)を参照されたい。因みに三流域共与えた常数は、 $D_I = 2 \text{ mm}$ ， $D_P = 6 \text{ mm}$ ， $f_c = 10 \text{ mm/hr}$ であった。

なお $S-Q$ カーブの算出法として R.R.L法では、無降雨時 ($I = 0$) 流出ティ減部から求めるとしているが、これでは相当強度が大きくしかもパッとやむような降雨の際の観測値がないと Q の大きなところまで $S-Q$ カーブが求められない。加えて、この方法では、等到達時間域図との分離が疑わしい欠点がある。

次に簡単に本法の特徴、本法を通して見た都市流出特性について触れる。

1) まず本法の特徴として、非常に常数が少く、観測値のない流域への応用が考えられる。もちろん f_c 等について、もういくつかの流域で確められる必要があろう。

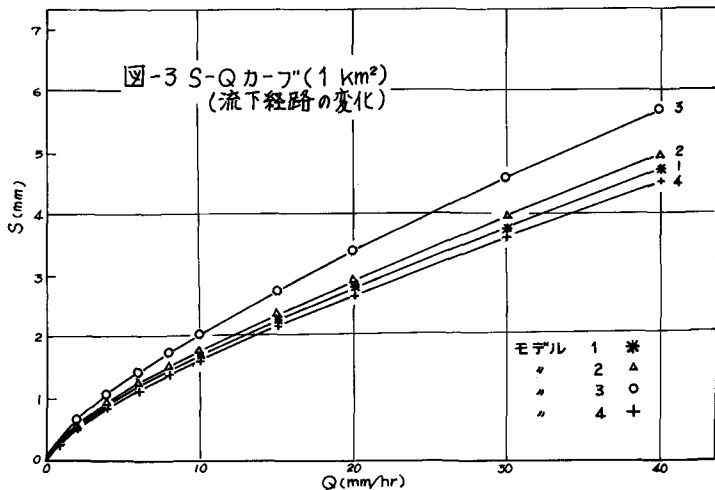
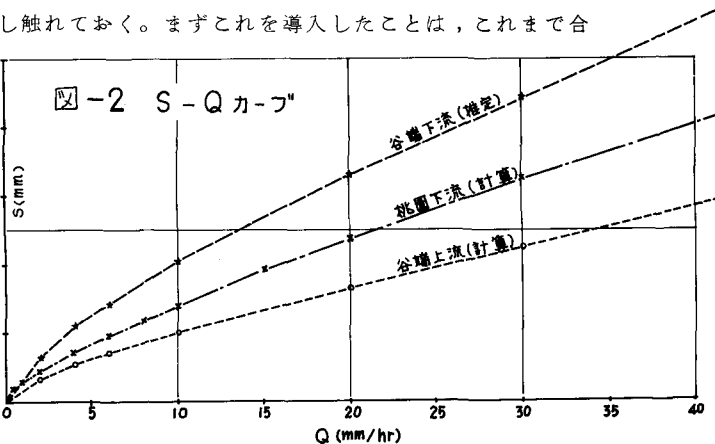
2) 方法の骨組みは立神式的であるが、下水管を利用するために、目で水を追っている感じが有り、都市化の意味もある程度推量できる。例えば結果的に流入時間0ということになっているが、完全に市街化の完了したところは、排水設備が十分にきとどいているのだと思わせる。impervious area のかわりに drained area をあてている人が多いがほぼ同義なのであろう。不浸透域の増大は凹地の減少となり、また下水道自体は勾配はそれほど大きくないが粗度の減少は、いえよう。

3) $S-Q$ カーブについて、少し触れておく。まずこれを導入したことは、これまで合

理式のみで議論が進められて来た都市排水計画を見なおす意味で、意義のあることと思われる(これについての議論は割愛する)。

次に $S-Q$ カーブの算出法であるが、これは繁雑にすぎようである。この算出法の簡便化は一つの課題であろう。この特性については、これまでの $S-Q$ カーブを図-2 および 3 に示す。後図は規則的に配管された状態での 1 km^2 の排水区での $S-Q$ カーブである(流下経路を変更)。流域面積、勾配等によって変化することがわかる。流域面積が大きいほど S が大きくなるのは、本管が新たにふえ、この影響が無視できないことになる。

ほかに下水管内貯留のみを考慮し、地表面貯留を無視してよいの



かといった問題もあるがこれについては後で触れる。

4) 少し細かいことになるが、モデルを浸透、不浸透の二域に分け、初期いずれも凹地をみだしてから流出させるようにすると観測値と立ち上りを異にする。その意味で両域それぞれに数割、凹地貯留のない領域を設ける方がよい。

ほかに、技術的な問題であるが、晴天時汚水量と雨水流出量の分離は、比較的容易であった。これは晴天時水位曲線の記録が連日あるので、その特性が把握されており、加えて数時間の降雨の場合降雨終了後3時間位で水位は、晴天時水位に落ち

(mm/hr)
つくからである。もちろん一日近く雨が续くと、地下水漏水量が増加し、晴天時水位は影響をうける。これは後述山崎川46.8.30日洪水の場合にもみられるようである(図-10)

Ⅱ 名古屋千年南部排水区(0.8 km²)および山崎川(13.6 km²)への適用結果

A) ハイドログラフによるチェックは、本来種々のタイプの流域に適用してみる必要があるわけであるが、名古屋、豊橋両市共下水管の勾配が不明のため、住宅地で地表勾配も比較的大きい谷端(14‰)、

桃園(17‰)の両排水区でのみ行ったわけである。

ここでは、試みに地表勾配が1.5‰程度しかなく、土地利用としても工場等の多い名古屋千年南部排水区(0.61 km²)について、下水道管の設計基準より逆算して管勾配を推算し、等到達時間域図、S-Qカーブを求めてチェックを行ってみた。結果は、想像以上の一致度を見せた。1例を図-4に示す。なお与えた常数は、不浸透面積率(Imp)57%, $D_I = 2 \text{ mm}$, $D_P = 6 \text{ mm}$, $fc = 8 \text{ mm/hr}$ である。

B) 名古屋市山崎川は、建設省の流出試験地調査の一環として、観測が行われている河川で、流域内に下水道がほぼ完備しており、46,47年に相当量の洪水観測に成功している。特に46.9.26日には、降雨確率15年程度の降雨を記録し、流域内に床上浸水もあった。

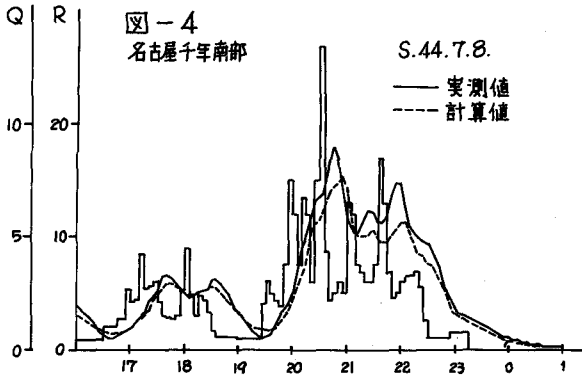


図-5 山崎川モデル

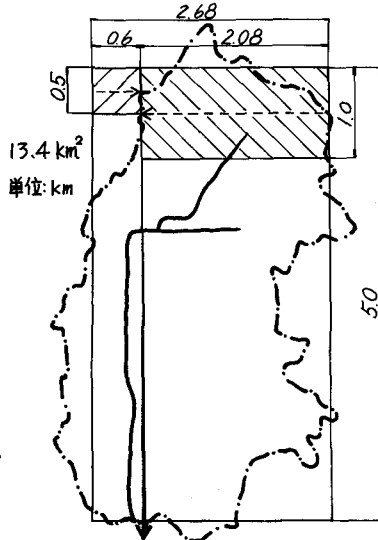


表-1 山崎川流域の諸元

項目 流域	面積 km ²	不浸透 面積率	不浸域 直接流率	不浸域 凹地貯留	浸透域 直接流率	浸透域 凹地貯留	浸透能 mm/hr	到達時間帯別面積		
								5	10	15分
右岸	0.3	0.58	0.4	2 mm	0.2	6 mm	10	0.18	0.12	— km ²
左岸	2.08	0.42	"	"	"	"	"	0.50	1.10	0.48

流域面積 13.4 km² 河道の粗度 0.022~0.025 (マニング) 本川幅 上流端 3.4 m
本川長 5.0 km 本川勾配 0.002~0.006 下流端 17.6 m

当研究室でもかねがね河川への適用，下水計画年以上の降雨時への本法の適用を考えていたことから，検討を加えてみた。

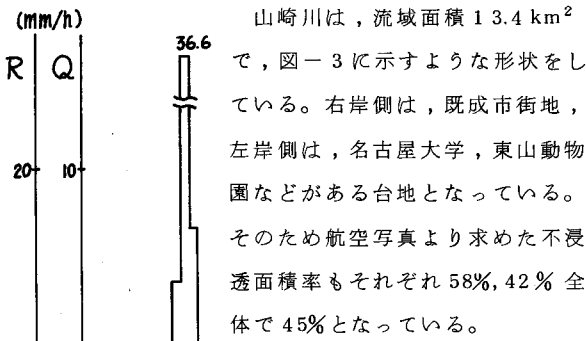


図-6
山崎川流出量図

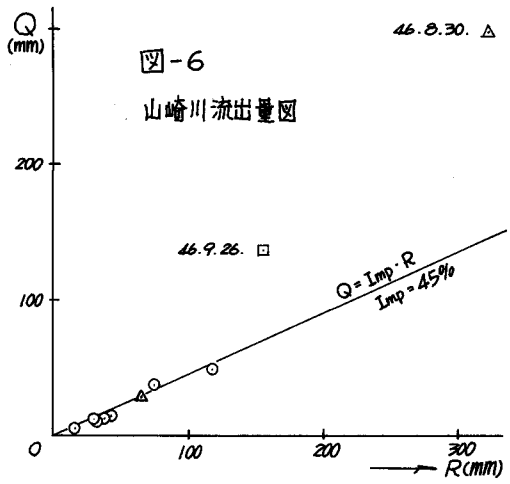


図-7
S. 47. 8. 9.
C-1
C-8
実測値

まず一雨雨量と流出量の関係は，図-6（流出量図）のようになっている。2つの洪水が，異常に上昇しているが，9.26が15年洪水の規模であること，8.30は，前述のように降雨継続時間が図-10のように長時間であるため，下水管内へ地下水の相当量の流入，その他の事情によるものと思われる。他にこの整理ではベースフローカットを行っていないが，因みに庄内川工事では，それぞれの有効雨量を106mm，220mmとしている。

次にハイドログラフの追跡であるが，流域については図-5のよ

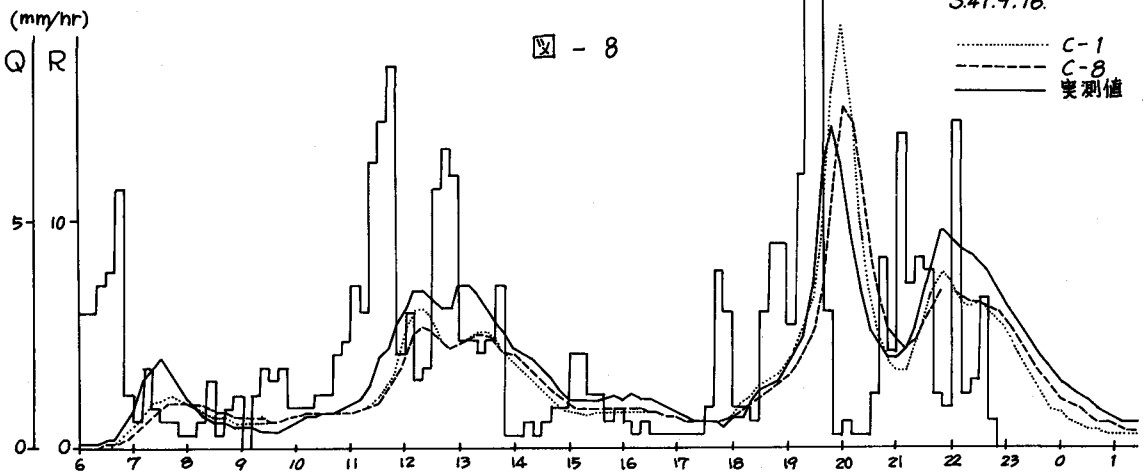


図-8
S. 47. 9. 16.
C-1
C-8
実測値

うな簡単化を行った。つまり左岸側は $0.6 \text{ km} \times 0.5 \text{ km} = 30 \text{ ha}$ の単位排水区 ($\text{Imp} = 0.58$) 右岸は 2.08 km^2 のそれが並んでいると想定した。等到達時間域図および $S-Q$ カーブについては、図-2 および 3 と流域面積、地表勾配を勘案して与えた ($S-Q$ カーブは 2 種、図-11)。5 km の河道部分の追跡は、等流式と連続式を併用した木下氏の方法を採用した。

小降雨の場合を 2 例、大きなもの 2 例についての計算結果を図-7~10 に示す。小降雨の一致度は、甚だ良好とはいえないが、雨量観測所上流端一ヶ所、 Q のスケールの大きさ、流域の単純化も御勘案いただきたい。

大きな洪水については、 $S-Q$ カーブ C-8 的なものの採用を示唆している。本 $S-Q$ カーブは、下水管の満管後を想定したものであり、下流端の管の設計流下能力付近から単に $dS/dQ = 1.0 \text{ mm} / 1.0 \text{ mm/hr}$ で上げたものである。なお両洪水の実測流量の相互関係については、9.26 洪水の際は約 5~10 万 t (推定) のはんらんがあったことを考慮する必要がある

(全流域あたり $4 \sim 8 \text{ mm}$)。

Ⅲ 考察と今後の課題

これまでの検討結果を通して気付くことに触れると、

1) 本法の損失機構が、実用上およそ妥当なものでないかと思われる。とくに浸透能 (f_c) 1.0 mm/hr は浸透域平均ということになるが、最終浸透能が降雨強度が

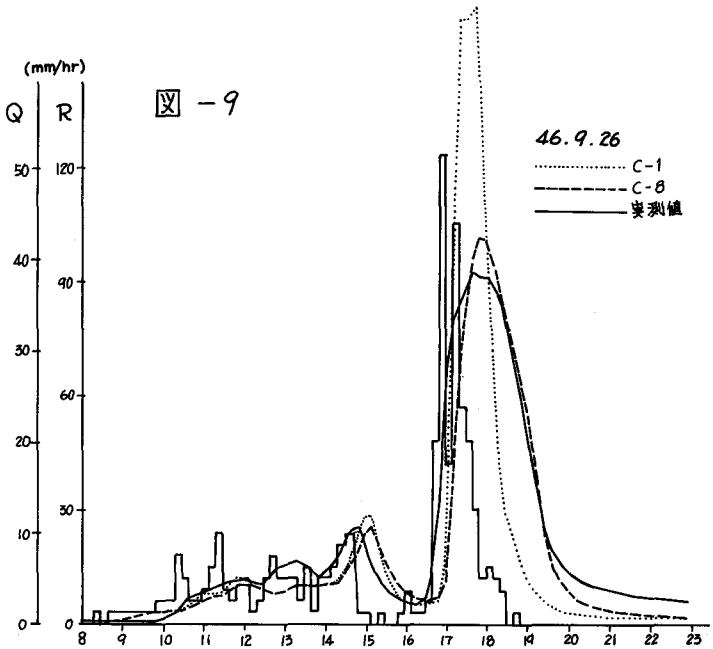
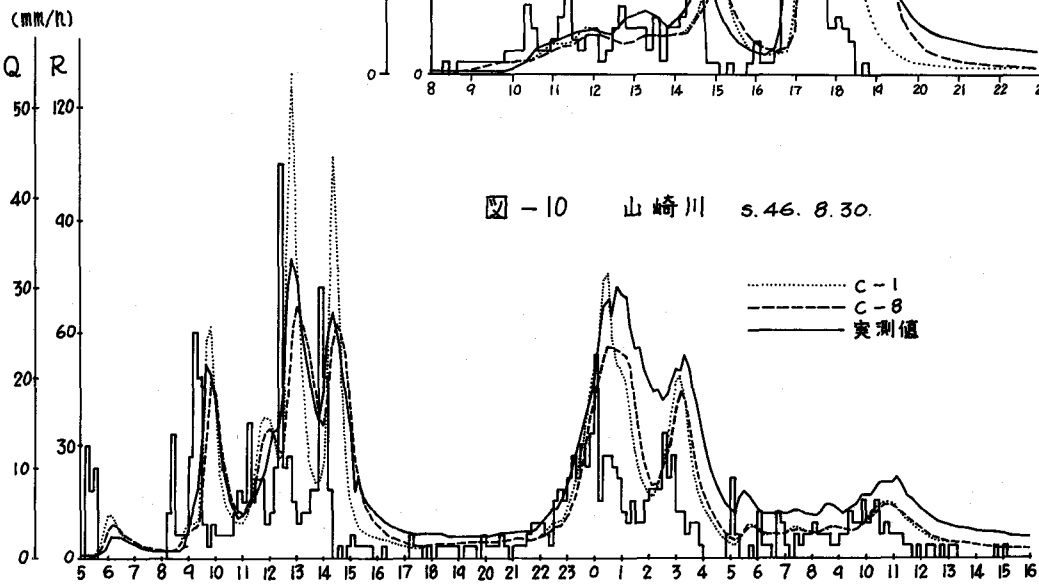
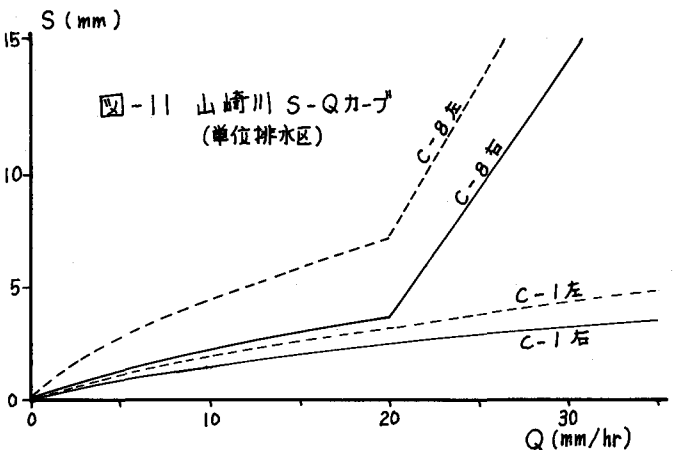


図-10 山崎川 5.46.8.30.



大きくなると増加するという文献もあり、また土研の実験でもそのような傾向を得ていることから、計画に用いて安全側になると思われる。

2) S-Qカーブについては、S-Qカーブの算出法の簡易化の問題と、実際の流域内貯留量との関係の2つの問題がある。前者については、現在種々の検討を行っており、おって発表したい。



後者については、現在の計算法は、

ほぼ平均的な管内(動的)貯留量を考えているわけであり、これは当然誤差の要素になる。ほかに、これは主に強雨時であるが、河川からのバックがきく場合、下流端の流下能力を超えて満管になる場合、台地などで、勾配をとるために副管をつけて落差をとる場合などの影響分の検討が必要になる。またそのような降雨時には、道路や宅地内での(動的)貯留も当然無視できなくなる。山崎川の図-9~10のピークを比較し、46.8.30洪水ははんらのない場合であり、ピークがでないことから判断すると、路面等の貯留ではもう少し勾配のゆるいS-Qカーブではないかということが示唆される。

因みに下流端満管から全管満管までの貯留量変化は、2~3mmである。またその間の流出量は下水管の縦断による。ただ1)2)いずれの問題も内容を複雑化していくと、ブラックボックスの欠陥が表面化して来るので、問題として残る。

3) 結局、今後の課題は、上記のように強雨時の雨水の動きをどう把握してモデル化するかであろう。現地調査結果による方法を考えると、これまでの内水調査と同じ泥沼にはまりこむことになり、またそれだけの雨をまつのは、地道な方法とはいえない。現在、都市河川研究室では、1)2000m²程度の流域での降雨、流出量の同時測定 2)道路に沿っての路面および下水管内の水理モデルの検討を計画している。

おわりに

これまでの結果を出すにあたって、各市関係者からの援助、また今回の山崎川のdataをうるまでの中部地建庄内川工事、愛知県河川課、名古屋市治水課の方々の払われた努力を思うと、頭は下りっぱなしである。ここに記して感謝の意を表したい。最後に、本報作成にあたって、当研究室山口、山守、杉山の各技官の助力を得たことを付記する。

参考文献 (1)山口、松原、山守：都市流出調査報告書一降雨損失機構の検討一土技資Vol.13 No.10
(2)山口、松原、山守：都市における降雨流出調査第2報一修正R.R.L.法による流出推定一土技資Vol.14 No.11 または山口、松原：都市域の洪水処理に関する研究(その1)第27回年講II-141, 1972
(3)東京都下水道局：東京都における雨水流出量調査報告書1972.3, (4)木下武雄：都市化による流出の変化一土技資Vol.9 No.9 (5)川畑幸夫：気象水文学P.150