

金沢大学工学部 正員 宇治橋康行
同上 同上 高瀬信忠

1. まえがき 流域が都市化すれば流出はどのように変化するか。このことはここ10年間にわたって水工技術者にとって大きな問題であり多くの研究が行われてきた。しかし流出現象は極めて複雑な現象であるためにそれに関連する要因と流出との関係に未だ不明な部分も多く、都市化による流出変化の定量的予測は難しいようである。また一般に都市化という言葉が用いられ、これは流域表面付近の地文条件の変化であるとして捕えられているが、いわゆる都市化率というものを地文条件との関連において数量的に表現したものもないようであり、解決されるべき問題は多い。これら問題の解決には一定思想の下に同一流域の都市化前後あるいは他の条件が似ている都市化の度合の異なる河川の解析を進めてゆく必要がある。解析に用いるモデルは、1) 地文条件と流出との関係が明白であること、2) 流域の部分的な都市化に対応し得る分布定数型であること、3) 将来流域が都市化した場合、流域や排水路網での貯留が大きな比率を占めることから貯留型でかつ物理的意味のはっきりしたモデルであることが望ましい。ここではこれらの条件を満たしていると考えられる分布貯留型モデルを用い自然丘陵地河川が下水道の整備された都市河川へと変化した場合、流出特性やモデル定数が如何に変化するかを検討したものである。なおここでは分布貯留型都市流出モデルについて述べ山地河川での同モデルについては文献に譲りたい。

2. 分布貯留型都市流出モデル 周知のように一般に都市域の雨水流出現象は種々の工種からなる流出面での雨水の損失・貯留・流下現象と流出面からの流出水を受ける排水路網での雨水の貯留・流下現象からなると考えられる。したがって流域のモデル化および雨水の流出現象については以下のように考えてモデルを作る。

- 1) 解析の最小単位は流出面であり、流出面は浸透域と不浸透域に大別される。
- 2) 浸透域における降雨損失は凹地貯留と浸透損失を考慮、凹地貯留を満たし浸透能を越える降雨があれば浸透域で表面流が発生し、これは不浸透域への入力となるものとする。不浸透域においては凹地貯留のみを考慮し、これを満たした後の降雨により表面流が発生し不浸透域に直結する排水路への入力となる。
- 3) 中間流出・地下水流出および地下水帯と下水管路との間の雨水の出入等は考えない。
- 4) 流出面・排水路網での流れはkinematic waveの近似が可能であるとする。
- 5) 雨水流動の追跡計算は連続式とkinematic waveの近似より導かれる貯留方程式を用いて行なう。計算は基礎式を差分化して数値計算する。

タンクモデル的に表現したのが図-1であり、各タンクの基礎式は次の通りである。

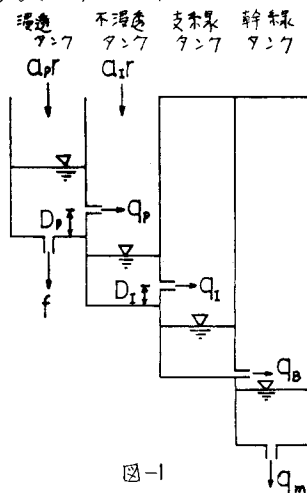


図-1

$$\begin{aligned}
 \text{浸透タンク} &: \quad g_p = \alpha_p S_p^{p_p}, & dS_p/dt &= q_{pr} - f - g_p \\
 \text{不浸透タンク} &: \quad g_i = \alpha_i S_i^{p_i}, & dS_i/dt &= q_{ir} + g_p - g_i \\
 \text{支線タンク} &: \quad g_b = \alpha_b S_b^{p_b}, & dS_b/dt &= g_i + g_b^* - g_b \\
 \text{幹線タンク} &: \quad g_m = \alpha_m S_m^{p_m}, & dS_m/dt &= g_b + g_m^* - g_m
 \end{aligned}$$

ここに、 g は流出量、 S は貯留量、 α, p は定数で添字 $p = I, B, m$ はそれぞれ浸透タンク、不浸透タンク、支線タンク、幹線タンクを表わし、 $*$ は上流からの流入、 a は各タンクの面積、 r は降雨、 f は浸透能、 D_p, D_i はそれぞれ浸透タンクと不浸透タンクにおける凹地貯留量を表わすものである。

3. 実河川への適用 対象河川は名古屋市内の山崎川と香流川である。山崎川は流域面積 1.48 km^2 でほとんど全流域が家屋の密集地帯であり下水道が100%整備された都市河川であり流域の不浸透面積率は45%である。一方香流川は流域面積 26.99 km^2 で流域の70%以上が山林田畑の自然丘陵地河川である。これら二河川を解析に用いたのは都市化の度合を除いて地質条件等が比較的似ているためである。2.で述べた分布貯留型モデルを用いて山崎川の洪水流出解析を行なった結果の一例を図-2に示す。実測値と計算値は良く一致しており本モデルが都市河川に十分適用出来ることを示している。また香流川が完全に都市化した山崎川と同程度に都市化された場合、洪水流出がどのように変化するかを予想した一例が図-3であるが、用いたパラメータは山崎川に対する解析から得られたものと同一の値を用いた。この結果をみるとピーク流量は2倍以上になり流出率も大きく増加し、また波形も尖鋭化していることがわかる。次に香流川の流出量の将来予測の際に他のパラメータは山崎川に用いたものと同じ値を用い、不浸透面積率だけを变化させた場合に流出率およびピーク流量がどのように変化するかを調べた結果が図-4、図-5である。両図より明らかのように他の条件を全く変えずに不浸透面積率だけを变化させた場合、流出率・ピーク流量とも

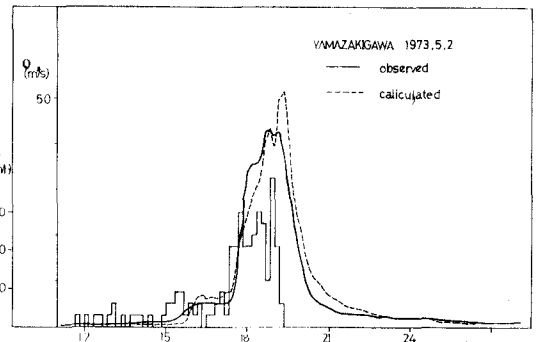


図-2

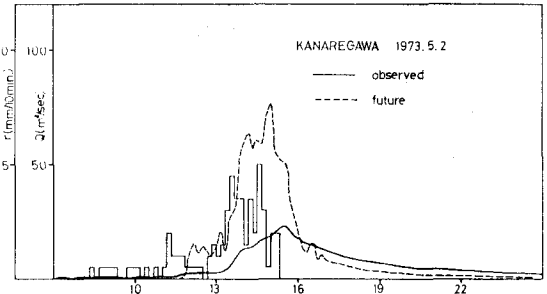


図-3

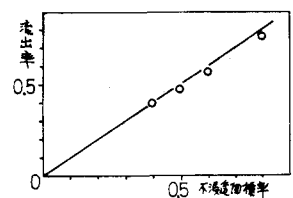


図-4

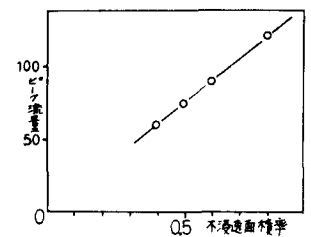


図-5

比例的に増大しており不浸透面積率が流域の都市化による流出の変化に非常に大きな役割を果たしていることがわかる。このことは都市の開発に当たってできるだけ透水性の工種を多く残しておくことが望ましいことを示しており、最近提案されている浸透性舗装などは都市化による流出量の増大の抑制に有効な方法であると考えられる。次に開発後と開発前の流域全体の貯留量と流出量の関係の変化を示したものが図-6であるが、図より明らかのように都市化により流域の貯留能力は大きく減少し図-3にみられるような流出波形の変化となって表われている。このことから流域貯留量を増加させることも流出量の増加を防ぐ有効な一手法であると考えられる。

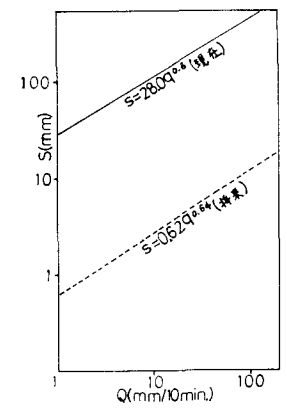


図-6

4. おわりに 分布貯留型モデルを用いて自然状態の河川が下水道の整備された都市河川へと変化した場合流出量がどのように変化するか、また不浸透面積率がどのような役割を果たしているかをみたわけであるが、今後は都市化による他の重要な地文条件の変化として、浸透能の変化、下水道の整備率、流域の部分開発等の影響が流出ハイドログラフにどのような影響を与えるか、そして流域全体の $S \sim Q$ 関係がどのように変化するかを検討し、都市化による流出変化のより正確な定量的予測法の確立、都市化率の数量的定義への議論を発展させていきたいと考えている。

参考文献：畑・吉良「分布貯留型モデルによる流域表現と流出変化の予測」農業土木学会論文集第68号、宇治橋・高瀬「都市河川に関する323の考察」昭52中部地域講演