

愛媛大学工学部 正 員 豊田永次
清水建設K.K. 正 員 萩原運弘

本報告では、流出期間を通じて表面流が発生しやすく、かつ均一に近い流出面と流路網との結合した流域である宅地造成地域を対象として、Kinematic Wave法を用いる立場から、流域モデルの構成と等価粗度の関係、またモデルとその適合性の問題を観測調査資料（京都府山科川流域、柳蔵山宅地造成地）をもとに考察した結果を述べる。

1. 流域モデルの構成

いまFig. 1のような宅地造成地域の流域モデルとして、Fig. 2の(a), (b), (c)のようなモデルを想定する。(a)は各区画の宅地面が直接側溝に接続し、支線水路から幹線へと流出する実際流域に近いシステム(モデルⅢ)、(b)は支線水路に等価斜面が接続するシステム(モデルⅡ)、(c)は幹線水路に等価斜面が接続するシステム(モデルⅠ)。これら各モデルの斜面に関する諸要素は図に併記の通りである。

2. 流出hydrograph

まず入力となる有効雨量は、別に雨水損失機構と補給能モデルによって解析した結果（標準補給能曲線、補給能回復曲線）を用いて算定し、各流域モデルの斜面および流路における雨水流はKinematic Wave法により追跡した。等価粗度をパラメータとして、各流域モデルに対する流出hydrographを算定した結果の一部をFig. 3に示す。なお、本調査流域は階段状に拓かれた極宅造成地で、流路はかなりこう配があり、幹線流路におけるLagは1分以内、支線では1.5分程度であった。

3. 等価粗度係数の評価と流域モデルの適合性

各流域モデルに対して、実測hydro. に最も適合する等価粗度係数を評価したい。本論では短期間流出に目標をおき、ピーク流量 Q_p とその生起時刻 T_p に重点をおき、実測値と計算値との差が最小になるような等価粗度を見出すよう試みる。Fig. 3などを観察すれば大体的見当はつくが、ここでは Q_p に関しては、等価粗度の変化と Q_p の適合度を示すFig. 4, 5, 6を利用し、 T_p に関してはFig. 7の関係をj利用して評価することとした。

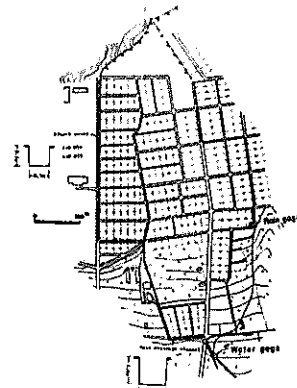


Fig. 1 調査流域

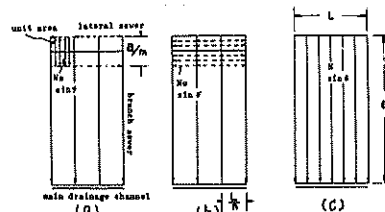


Fig. 2 流域モデル

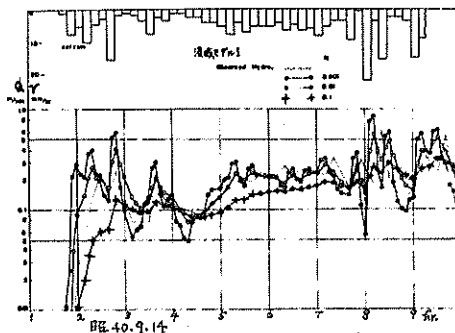


Fig. 3 流出hydrograph

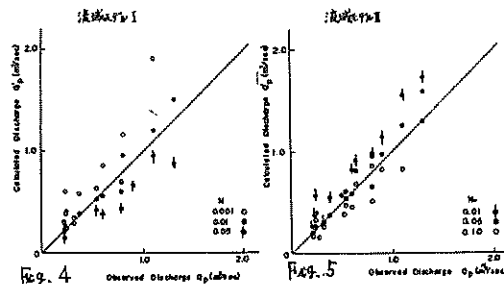


Fig. 4

Fig. 5

i) モデルⅠ、Fig. 4より、 $N=0.001$ では計算値 Q_p' が過大、 $N=0.05$ では過小となる。詳細に調べると、 $N=0.02$ 前後(0.01~0.03)が適値となる。次にピーク流量の生起時刻 T_p については、Fig. 7のように、 $N=0.001 \sim 0.1$ の範囲で T_p の差異は殆んど見られない。以上より、等価粗度の適値の評価には、實際上 Q_p に着目して判定すればよい。ii) モデルⅡ、Fig. 5に示すように、詳細に検討すると、 $N_0=0.07$ 前後(0.03~0.1)が適値となる。 T_p についてはモデルⅠと同様の特性がみられる。iii) モデルⅢ、Fig. 6のように、 $i=1/1000$ の場合、 $N_0=0.06$ 前後(0.03~0.1)、 $i=1/5000$ の場合、 $N_0=0.035$ 前後(0.01~0.05)が適値となる。 T_p については、モデルⅠ、Ⅱと同様である。次に各流域モデルの適合性についてみる。一般に流域モデルを細かく構成すると、適合度も上がる筈で、Fig. 4, 5, 6にそれぞれの最適値に対する結果をプロットしてみると、僅かにそうした傾向は見られるが、実用上からは各モデルの hydro. に殆んど差がないとみてよい(Fig. 8)。このことは単純なモデルⅠで同程度にシミュレーションできることを示す。なお流域では流路の流出に及ぼす効果は小さいこと、雨量資料は10分間雨量までのものを使用したことを付け加える。

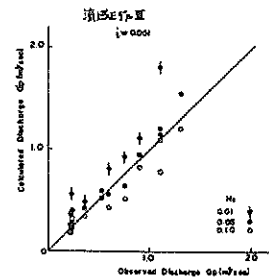


Fig. 6 (a)

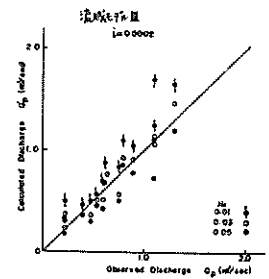


Fig. 6 (b)

4. 流域モデルと等価粗度の関係

Fig. 2のモデルにおいて、等価流域になる条件を、Kinematic wave法を用いて与えると、周知のように次式が成立する。

モデルⅠとⅡに対して

$$N = \left\{ (\sin \theta / \sin \theta')^{1/2} \cdot N_0' (L/nB)^{1/2} + K (\gamma_e B)^{(P-P)} \cdot (\sin \theta)^{1/2} / (L/n)^{1/2} \right\}^{1/2}$$

モデルⅠとⅢに対して

$$N = \left\{ (\sin \theta / \sin \psi)^{1/2} (N_0/2m)^{1/2} + K \gamma_e^{(P-P)} (L/n)^{1/2} (\sin \theta)^{1/2} / (2m)^{1/2} \cdot B^{(1+P-P)} + K (\gamma_e B)^{P-P} (\sin \theta)^{1/2} / (L/n)^{1/2} \right\}^{1/2}$$

ここに、 ψ は斜面定数で、Manningの抵抗則が成立するとき $3/5$ 、 K_0 、 P および K 、 P はそれぞれ側溝、支線水路の定数、 γ_e は有効降雨強度、 N 、 N_0 、 N_0' は等価粗度である。

上式は γ_e を含むが、一般的に $(P-P)$ あるいは $(P-P)$ の値が小さいので、 $\gamma_e^{(P-P)}$ 、 $\gamma_e^{(P-P)}$ 値の変化は小さく、実用上範囲内では等価粗度と一定値と扱ってよい。さて上式を用いて各モデルの等価粗度を推算する。いま、モデルⅠの等価粗度を $N=0.02$ (0.01~0.03)と与えると、モデルⅡでは $N_0=0.085$ (0.037~0.135)、モデルⅢでは、 $\sin \psi=0.0002$ で $N_0=0.03$ (0.012~0.05)、 $\sin \psi=0.001$ で $N_0=0.069$ (0.028~0.110)となり、さきに求めた各モデルの等価粗度の適値と極めてよい一致を示す。以上の結果から、等価粗度はモデルの構成に応じて変化すること、それらの値はモデルの構成要素をもとに理論的に推算でき、こうした解析法の実用性が一層向上することを指摘できるよう。

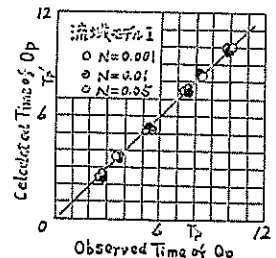


Fig. 7

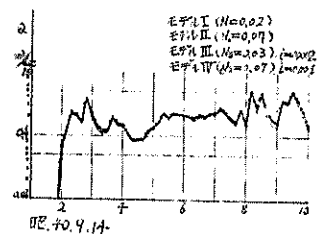


Fig. 8 等価粗度係数最適値に
とったときの流域モデルⅠ、Ⅱ、Ⅲ
の計算 hydrograph