

近年 都市周辺堤内地の開発はめざましく、流域の地文・水文条件が改変されてゆくため雨水の流出性状が変化し、内水対策の再検討を要する場合が少なくない。本報告はこうした流域の地文・水文条件の改変に伴う雨水流出量の合理的な算定に資するため、1 典型例である淀川水系山科川下流内水地帯を対象として、観測調査した資料をもとに、主として流域の流出特性を支配する等価粗度について若干検討考察を行なったものである。

1. 調査地域の概要

山科川は流域面積56.1 km^2 、流路延長14 km の小河川であるが、出水のつどはんらんを繰返し、とくに下流部約3 km^2 の低平地は淀川本川の背水の影響もあって内水災害常習地帯となっている。一方この流域内各所で宅地、工場用地造成、あるいは道路網の整備が行なわれ、堤内地の地文・水文条件はかなり変化するものと予想される。Fig-1 にこの流域に配置した自記水位計および自記雨量計の位置と数字を示す。

2. 等価粗度

雨水の流出現象は多くの要素に支配されきわめて複雑で、これを物理的に解明することは容易ではない。こうした雨水流を等価流域の概念を導入して水理学的に追跡する特性曲線を利用した出水解析法は、物理的にも明確な意義をもつとともに実用的にも有用であることは周知のとおりであるが、この中に含まれる斜面の等価粗度 N ($N = K \cdot \frac{1}{\sin \theta}$, $\frac{dH}{dx} = \frac{1}{N} \cdot \frac{dH}{dx}$, $N = \frac{K}{\sin \theta}$, $K = \frac{N \cdot \sin \theta}{1}$) は一般流路の粗度係数とはその意味が若干となり、斜

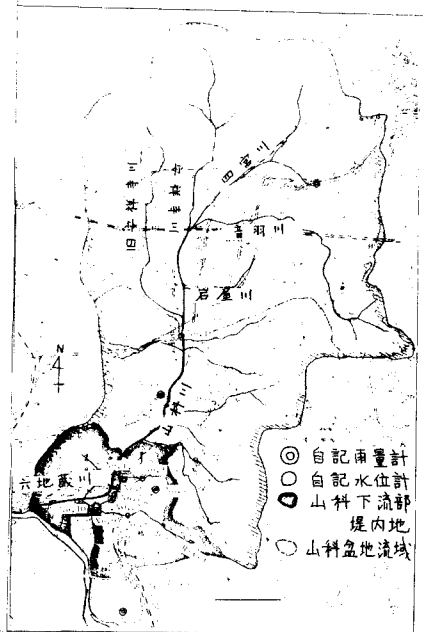


Fig-1 山科川流域平面図

面の粗度のみならず、そのモデルをかえないうえ、流域固有の水文・地文学的要素と、等価流域に置換したことにより生じたそれらを含む流域の特性を包括した係数とみなすことができる。概念的には、等価粗度係数には、地形を代表する勾配 $\sin \theta$ 、地質、地被、地湿、降雨を代表する有効雨量 γ_e のみに表われない要素を含み、とくに小支川、側溝などの密度によってかなりの支配を受けるから、丘陵地に開発された住宅地、低平水田地域などでは人工的要素を多分に含むものと考えられる。そこで調査流域の代表的な地表域である階段状に宅地造成の行なわれた丘陵地、低平水田地域ならびに山科盆地流域の等価粗度係数を観測資料をもとに特性曲線法を用いて、とくに観測流量のピークとその発現時刻が一致するよう試算により求めた。なお、雨水流に関するこれまでの研究では表面流出と中間流出の変換過程を詳細に論及した注目すべき研究もあるが、今回はまだ充分な観測資料も得られていないので、一応概算の値を求めることとし、表面流出が卓越するものと仮定して、等流特性曲線法によった。上述の方法により算定した各調査地域の等価粗度係数の値を Table-1 に示す。

Table-1. 流域概況と等価粗度

調査地域	流域の概況	等価粗度 $N(m^2/sec)$
御蔵山住宅造成地域	階段状に住宅造成を行なった丘陵地帯	0.05
堂の川流域	流域の一部(15%)に宅地造成が行なわれた丘陵地帯	0.1 ~ 0.2
山科盆地流域		0.2 ~ 0.4
岩屋川流域	階段状田畑主体流域	0.2 ~ 0.4
音羽川流域	上流山地、中下流に市街地を含む階段状田畑主体流域	0.3 ~ 0.5
四宮川流域	上流山地、中下流に市街地を含む階段状田畑主体流域	0.3 ~ 0.5
安祥寺川流域	林相のかなりよい山地流域	0.4 ~ 0.8
旧安祥寺川流域	上流丘陵地30%、中流市街地20%、F流低平水田30%の流域	0.6 ~ 1.1
水田地域	排水改良が行われていない水田地帯	1 ~ 3

3. 検討と考察

1) Table-1に示すように等価粗度係数の値(m^2/sec)は、地表域別にそのorderが異なる。すなわち、階段状に開発された宅地造成地域では 10^2 、階段状農地がなる丘陵地、山地、これらが組み合った地域では 10^1 、水田地域では 10^0 のorderと考えてよいようである。これまでに末石がかなり裸地の多い大戸川に適用した例では0.3、また滴葉樹林が過半を占める林相豊かな由良川上流域で1.0程度、上田が筑後川上流の大山川流域に適用した例では1.5(この場合、斜面勾配のとり方が大きく、しているため若干Nの値が大きく評価されたようだとも報告されている)の値が報告されているが、ほぼ大戸川流域に対応する山科盆地流域では0.2~0.4、後者の流域に近い安祥寺川流域では0.4~0.8で若干小さくはなっているが、比較的近似した値となっていることは興味深い事実である。このことは、水理学的にはなお議論すべき点があるにもかかわらず、実用的には地表域別に等価粗度係数を推定しうることを示唆するので、とくに流域の開発に伴ない変化する雨水流出量の追跡に有用な手がかりと与えるものと考えられる。

2) つぎに等価粗度係数の理論的評価について、末石が下水道の管きょ排水に適用した考えを用いて、若干の検討を行なう。いまFig-2(c)に示す等価流域がFig-2(a)の単位区画からなる突然の流路網に近い流域を考え、等しい降雨開始後の時刻に於いて、両地域の流路に最大流入量が出現するものとする条件で、側溝に注ぐまでの単位区画の粗度 N_0 より排水支線に注ぐ1order大きい区画の等価粗度係数 N_0 を求め、さらに大きな等価流域の等価粗度係数 N へと順次求めてゆく。Fig-2(a)(b)(c)の記号を用い、 N_0 と N との関係を示すと、

$$N_0 = \left\{ \frac{\sin \theta}{\sin \phi} \right\}^3 \cdot \left\{ \frac{N_0}{(2m)} \right\}^3 + \frac{K_0(Y_0/L)^{(2-3p)} (\sin \theta)^3}{(2m)^{-p} N} \quad \text{--- (1) } \quad \left| \text{また } N_0 \text{ と } N \text{ の関係も同様に、} \right. \\ N = \left\{ \frac{\sin \theta}{\sin \phi} \right\}^3 \cdot \left\{ \frac{N}{(2m)} \right\}^3 + \frac{K(Y/L)^{(2-3p)} (\sin \theta)^3}{(L/N)^{-p} N} \quad \text{--- (2) }$$

で表示される。ここに K_0 、 p 、および K 、 p はそれぞれ側溝、支線排水路の特性を示す定数、 Y_0 は有効降雨強度である。いま流域の比較的単純な階段状に造成された住宅造成地からなる御蔵山流域について、 $A=0.146km^2$ 、 $L=250m$ 、 $B=584m$ 、 $n=3$ 、 $m=18$ 、 $\sin \phi=0.04-0.002$ 、 $\sin \theta=0.033$ 、 $\sin \theta=0.054$ 、 $N_0=0.01 \sim 0.05$ 、 $K_0=K=0.2$ 、 $p=p=0.7$ 、 $(5p-3)/5=(5p-3)/5=0$ なる諸量と(1)(2)式に代入して等価粗度係数 N を求めると、 $0.012 \sim 0.051(m^2/sec)$ なる値となす。

ゆえに一致した値を示し、こうした単純な区画で合成された流域の等価粗度係数は理論的にも推定できよう。一方、水田地域について上述の方法で検討を行ない、order的には等しい値をえたが、等流特性曲線法の適用についてもまだ若干問題が残る。今後さらに豊富な観測資料をもとに理論的評価方法について論及し、

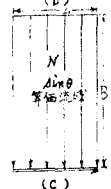
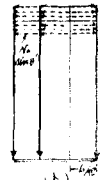
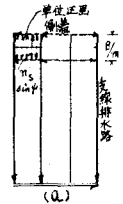


Fig-2. 単位区画と等価流域の関係