

II-56 都市下水道の流域特性とフラクタル次元

鹿島建設 正員 田中 俊行
 神戸大学工学部 正員 神田 徹
 神戸大学工学部 正員 神吉 和夫
 大阪府庁 正員 楠 哲矢

1. まえがき

前報¹⁾では、都市下水道の雨水排除機能に関する現状把握の基礎として、神戸市東灘排水区の雨水幹線網を対象にその形態特性を明らかにした。本研究では、主幹線のフラクタル次元と流域特性量（流域形状、地表勾配等）がどのような関係にあるのかを考察する。

2. 対象流域

解析の対象とするのは、図-1に示す神戸市雨水幹線東灘排水区の分流式雨水幹線とその排水区域とし、21の排水区域を選出した。なお、合流式区域における雨水幹線には合流式区域の降雨は一切流入せず、雨水幹線は海へ流出する。排水面積 A と主幹線長 L_m は、神戸市下水道局の基礎資料を地形図(1/10,000)に落とし、デジタイザーによって算定した。斜面長 b と斜面長と主幹線長の比 b/L_m は、図-2に示すように各排水区域を都市下水道モデルに置き換えたときの主幹線長 L_m に対する斜面長 $b(=A/2L_m)$ の比である。平均地表勾配 S_s は、メッシュに直した標高データより算定した。主幹線の平均勾配 S_c は神戸市下水道局の基礎資料から求めた平均勾配、管径はボックス型の場合も円管に換算した。表-1に、図-3に示す流出形式により排水区域を3通りに分類したときの流域特性を示す。流出形式①では、排水面積への寄与がない合流式区域の主幹線部分を含むために L_m は長く、 b/L_m は小さい。また、流出形式①→②→③の順に、平均地表勾配 S_s 、主幹線の平均勾配 S_c および b/L_m は大きくなり、逆に、主幹線長 L_m と平均管径 D はその順に小さくなっている。

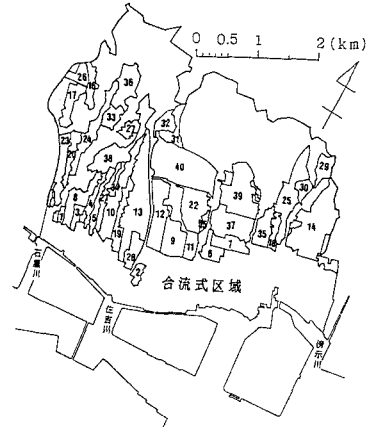


図-1 対象流域

流出形式①では、排水面積への寄与がない合流式区域の主幹線部分を含むために L_m は長く、 b/L_m は小さい。また、流出形式①→②→③の順に、平均地表勾配 S_s 、主幹線の平均勾配 S_c および b/L_m は大きくなり、逆に、主幹線長 L_m と平均管径 D はその順に小さくなっている。

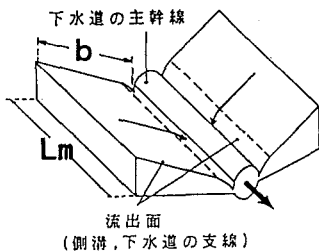


図-2 都市下水道モデル

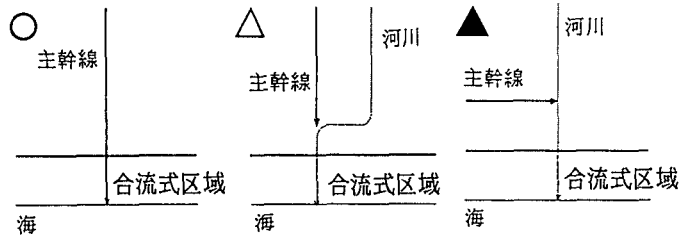


図-3 流出形式

3. フラクタル次元と流域特性の関係

Box Counting法²⁾を用いると、正方形の一辺の長さ主幹線を含む正方形の数を両対数紙上にプロットすれば、次式より、主幹線のフラクタル次元を算定することができる。

$$N(r) \propto r^{-F_D}$$

ここに、 F_D ：フラクタル次元、 r ：正方形の一辺の長さ、 $N(r)$ ：一辺 r の正方形の数。

表-1 流域特性（流出形式別の平均値）

	$A(km^2)$	$L_m(km)$	b/L_m	$S_s(\%)$	$S_c(\%)$	$D(mm)$
①	0.218	1.466	0.098	2.97	1.23	1376
②	0.147	0.832	0.143	7.05	2.96	1112
③	0.183	0.567	0.379	13.31	4.27	948
全	0.185	0.955	0.216	7.97	2.85	1143

表-2に、算定したフラクタル次元を流出形式別に示す。主幹線のフラクタル次元 F_D は、 $F_D=1.00\sim 1.25$ となり、自然河川のフラクタル次元 $=1.1\sim 1.3$ ²⁾と比べて小さい値をとっている。特に、流出形式①,②では、 F_D は1.1以下のものが多く、1.0に近い値をとり、幹線が自然河川より直線的であることを示している。流出形式③は①,②と比較して F_D は大きい値をとっている。

図-4(1)~(6)にフラクタル次元と流域特性の関係を示す。

表-2 フラクタル次元

	主幹線の F_D	平均値
①	1.05 ~ 1.12	1.09
②	1.00 ~ 1.10	1.06
③	1.11 ~ 1.25	1.19
全	1.00 ~ 1.25	1.11

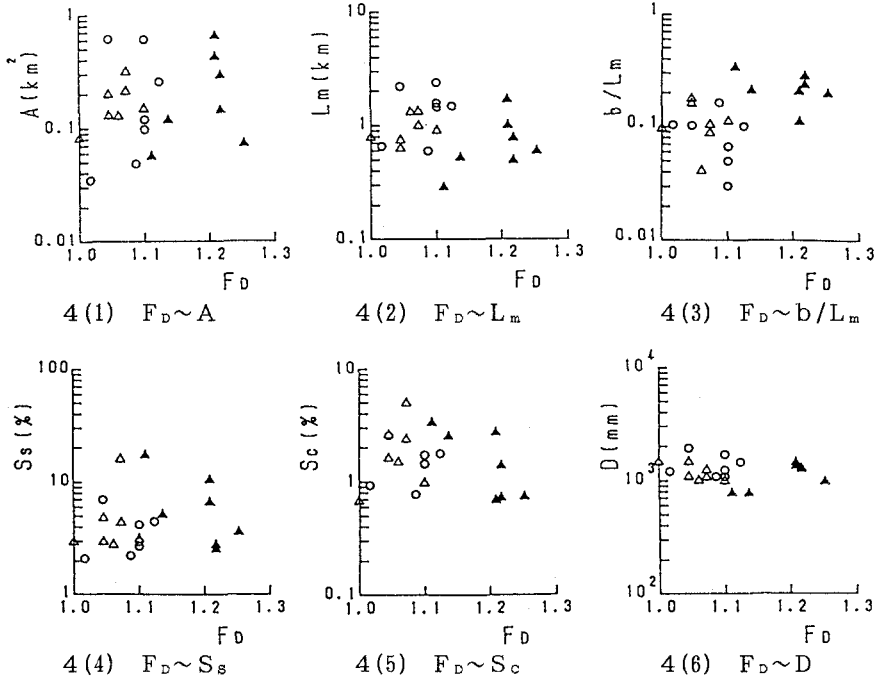


図-4 フラクタル次元と流域特性との関係

流出形式を無視し、図-4をみると、フラクタル次元と個々の流域特性との間には明確な関係が無いと思われる。流出形式別にみると、流出形式①,②ではわからないが、流出形式③の場合は、斜面長と主幹線長の比 b/L_m 、平均地表勾配 S_s 、主幹線の平均勾配 S_c が小さくなると F_D が大きくなる傾向がみられる。流出形式③は、地表勾配が急傾斜である排水区域では流域形状は丸く、フラクタル次元の値は小さい。これは、地表勾配が急傾斜であると、雨水を下水道幹線以外の側溝で排水するので、下水道の主幹線は短く直線的に配置していると思われる。また、地表勾配が緩傾斜である排水区域では流域形状はほぼ変わらないが、フラクタル次元は1.2以上の大きい値をとっている。それは、排水区域内に占める主幹線が長く曲線的に配置されていることによると考えられる。

4. おわりに

ここでは、神戸市東灘排水区の雨水幹線を対象に、フラクタル次元と流域特性の関係を検討したが、有意な関係を見出せなかった。フラクタル次元は、近年諸分野で注目されている形態指標であるが、その内容を明らかにすることが工学的応用には必要と思われる。今後、対象流域を増やしさらに検討を進めたい。

最後に、本研究を遂行する際に貴重な資料を提供頂きました神戸市下水道局に謝意を表します。

参考文献

- 1) 神田・神吉・田中:都市下水道の形態特性について、水工学論文集, 第35巻, 1991.
- 2) 高安秀樹:フラクタル, 朝倉書店, 1986.