

1. はじめに

都市内の中小河川は、下水道の整備と流域内の宅地化等により、水源が枯渇し、河川本来の機能を失いつつあるのが現状である。一方、環境問題に対する世論の関心は漸く高く、荒廃の一途をたどる都市環境にうらみととりをもとすために、都市内中小河川に清流を復活させ、憩いの場を再現しようとする機運が高まっている。このように都市河川維持用水の概念は、従来の利水主体から拡張されてより親水的な面への中心の移行がおかれ、維持用水の導入は、社会的要求として定着する傾向にある。

この問題について著者等は、すでに河川の機能についての新しい理念として「親水」機能を提案している。^{*} 親水機能については、すでに各方面に認知されつつあるが、またその弱点として、定量的な解析がむずかしいということが指摘されている。そこで著者等は、今回、親水機能の中の景観機能に対する維持用水の必要量を定量的に検討しようと試みたものである。維持用水の必要量を河川景観の面から検討するには、河川の流量が景観の形成にいかなる役割を果たしているかを、また景観がどのような要素の、いかなる組み合わせによって成り立っているかを明らかにしなければならない。

2. 景観構造に関する分析

河川景観の標本として 都市内（主に東京都内、京都市内）の中小河川から80ヶ所の地点を選出した。

ここで 河川景観の構成要素として、次の14変量を考えた。

- | | |
|------------------|-------------|
| (1) 流速 | (8) 水質 |
| (2) 水深 | (9) 底質 |
| (3) 水面率（水面中／河川中） | (10) 水中植物 |
| (4) 流量（単位中当り） | (11) 水辺植物 |
| (5) 河川中 | (12) 沿岸植栽 |
| (6) 護岸高 | (13) 水際の状況 |
| (7) 護岸形状（種類） | (14) 沿川土地利用 |

この14変量を80ヶ所の地点において測定し、同時に景観評価のための写真撮影を実施した。

なお、変数の評価は7段階評価とし、それぞれの評価基準は表-1に示すとおりとする。

* … 546 年次学術講演会講演

表-1 各変量の評価基準

流速 %		水深 m		水面率 %		流量 %		河川幅 B m		護岸高 H m		護岸形状	
Z 1		Z 2		Z 3		Z 4		Z 5		Z 6		Z 7	
1	0 ~ 0.1	1	0 ~ 0.1	1	0 ~ 0.2	1	0 ~ 10	1	0 ~ 5	1	0 ~ 1	1	自然・土質・面張
2	0.1 ~ 0.2	2	0.1 ~ 0.2	2	0.2 ~ 0.4	2	10 ~ 20	2	5 ~ 10	2	1 ~ 2	2	自然・土質・面張
3	0.2 ~ 0.5	3	0.2 ~ 0.5	3	0.4 ~ 0.5	3	20 ~ 30	3	10 ~ 15	3	2 ~ 3	3	自然・土質・面張
4	0.5 ~ 0.7	4	0.5 ~ 0.7	4	0.5 ~ 0.6	4	30 ~ 50	4	15 ~ 20	4	3 ~ 4	4	石積
5	0.7 ~ 1.0	5	0.7 ~ 1.0	5	0.6 ~ 0.7	5	50 ~ 70	5	20 ~ 25	5	4 ~ 5	5	石張り
6	1.0 ~ 1.5	6	1.0 ~ 1.5	6	0.7 ~ 0.8	6	70 ~ 100	6	25 ~ 30	6	5 ~ 7	6	築造・横断面
7	1.5 以上	7	1.0 以上	7	0.8 ~ 1.0	7	100 以上	7	30 以上	7	7 以上	7	自然護岸
水質		底質		水中植物		水辺植物		沿岸植栽		流路の状態		沿川土地利用	
Z 8		Z 9		Z 10		Z 11		Z 12		Z 13		Z 14	
1	透明度 0~0.1	1	ヘドロ	1	なし	1	植物なし	1	植栽なし	1	人工的直線変化なし	1	工場
2	0.1~0.2	2	泥土・砂	2	水ワタ	2	所々に生えている	2	灌木類若干	2	人工的直線・弯曲工環	2	ビル・高層建物
3	0.2~0.5	3	細砂	3	アザミ(緑藻類)	3	おぼろげに生えている	3	灌木類の連続植栽	3	人工的直線変化なし	3	繁華街
4	0.5以上	4	粗砂	4	水草類・藻類	4	おぼろげに生えている	4	灌木類のみに高木	4	人工的直線・弯曲工環	4	近隣商業地域
5	・少・少・	5	砂・礫	5	流水植物多い	5	一面に生えている	5	高木並木状	5	自然的直線	5	住宅密集
6	・少・少・	6	礫	6	流水植物多い	6	少種・群生	6	自然林の樹木	6	自然的蛇行・曲線・洲	6	静かな住宅地域
7	・多・多・	7	岩	7	流水植物少ない	7	多種・群生・繁茂	7	樹木が多く意図的景観	7	自然的洲・早瀬・洲	7	自然が多く残っている

測定値から表-2に示すデータ行列(14変量×標本80)を作成し、因子分析を行って因子負荷および因子スコアを求めると表-3および表-4の結果が得られる。

データ行列における14変量は表-3に示すように7因子に集約され、因子構造は単純構造となっている。各因子は次のように解釈することが出来る。

オ1因子：護岸の形、水中植生、水辺植生を共通変量とする因子で、「河川外観」を示す因子とみられる。

オ2因子：水深と流量に関する共通因子で、「水量感」として解釈される。

オ3因子：護岸高、水面中と河川中に関するもので、「断面形状」因子として解釈される。

オ4因子：流路の状態、流速、水質を共通変量とする因子で「流況」を示すものと解釈される。

オ5因子：「底質」

オ6因子：「沿岸植栽」

オ7因子：「沿川土地利用」

これは変量と1対1の対応関係にあるので変量即因子ということになる。

表-2 河川景観分析データ行列

変量 標本	流速	水深	水面率	流量	河川幅	護岸高	護岸形状	水質	底質	水中植物	水辺植物	沿岸植栽	流路の状態	沿川土地利用
	Z 1	Z 2	Z 3	Z 4	Z 5	Z 6	Z 7	Z 8	Z 9	Z 10	Z 11	Z 12	Z 13	Z 14
1	2	1	4	1	2	5	1	5	3	1	2	1	4	2
2	3	2	3	2	3	6	1	5	3	1	5	5	4	5
3	2	1	4	1	3	4	1	5	3	1	2	1	1	2
4	2	3	1	1	3	6	1	5	3	1	2	1	4	2
5	3	2	2	2	3	5	1	5	3	1	3	5	4	2
6	2	6	7	5	4	3	4	4	1	1	3	1	1	2
7	2	7	7	7	3	5	3	4	1	1	1	1	1	2
8	4	6	3					5	5	1	1	5	5	5
9	6	4							5	2	2	6	5	
10											4	5	4	

表-3 河川景観模範の因子負荷

変 量	因 子 負 荷						
	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子	第7因子
護岸形状	0.8569	0.0468	0.0765	0.1663	0.1356	0.0447	0.0099
水中植物	0.7923	0.1131	0.3909	0.1378	0.1281	0.0409	0.3035
水辺植物	0.7217	0.0005	0.1023	0.3054	0.3772	0.0010	0.3925
水 深	0.0166	0.9159	0.0522	0.0973	0.0194	0.0330	0.0877
流 量	0.0674	0.7806	0.3238	0.3810	0.0266	0.0838	0.0219
水 面 率	0.3214	0.1297	0.8053	0.0560	0.1746	0.0988	0.0112
護 岸 高	0.1519	0.0199	0.6981	0.0469	0.3453	0.3984	0.1249
河 川 幅	0.4921	0.4202	0.5159	0.3673	0.0827	0.1773	0.0662
	0.1294	0.0103	0.0286	0.7996	0.3153	0.1620	0.0319
流 速	0.0132	0.5247	0.2409	0.6635	0.0754	0.1337	0.1990
水 質	0.3653	0.0883	0.4090	0.4851	0.3754	0.1333	0.0348
底 質	0.0772	0.0655	0.0129	0.2359	0.9054	0.1015	0.0314
沿岸植栽	0.0243	0.0485	0.0778	0.1035	0.0953	0.9664	0.0104
沿岸土地利用	0.2172	0.0727	0.0790	0.1161	0.0335	0.0252	0.7265
寄与率(%)	17.6	13.9	13.2	12.2	26	8.7	8.0

表-4 因子スコアおよび景観評価値

X _i 標本	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子	第7因子	景観評価値 S
1	-0.8906	-1.6097	-0.5906	0.2220	-0.2145	-0.7634	-1.3659	1
2	-0.6391	-1.1213	-1.6451	0.7964	-1.1180	0.8389	0.1821	1
3	-0.5540	-1.0483	-0.4219	-0.8601	-0.2268	-0.8095	-1.3358	1
4	-0.8722	-0.8873	-1.7894	-0.0113	0.1571	-0.5438	-1.4209	1
5	-0.7226	-0.9636	-1.5796	0.5057	-0.5488	0.9896	-1.3152	1
6	0.8604	1.2154	0.9774	-1.4618	-1.7500	-0.6337	-1.8830	1
7	-0.1678	1.8842	0.6743	-1.5571	-1.3999	-0.8232	-1.5794	1
8	-0.8065	1.2578	-0.6850	0.2201	0.0111	0.8876	0.1026	3
9	-0.6523	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

3. 景観評価モデル

以上の因子分析により、河川景観構成が7因子に集約代表できることが明らかとなった。

さらに各個体の7因子に対するスコア(表-4に示す)が得られた。これと、外部要因であるそれぞれの景観評価値と対応させることより、河川景観を評価する一般式(景観評価モデル)を導くことができる。すなわち、景観評価値 S は上記各因子の一次結合によって示されるものとして次式を定義した。

$$S_j = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1j} + \alpha_2 X_{2j} + \alpha_3 X_{3j} + \alpha_4 X_{4j} + \alpha_5 X_{5j} + \alpha_6 X_{6j} + \alpha_7 X_{7j} \text{ ----- (1)}$$

ここに、 S_j : j 地点における景観評価値

X_{ij} : j 地点における i 因子のスコア

$\alpha_0 \sim \alpha_7$: 定数

上式の定数 $\alpha_0, \dots, \alpha_7$ を確定するには、 S の評価値(調査地点80ヶ所)を与えなければならない。景観の評価は7段階評価とし、現地調査の際撮影したカラー写真をもとに、数人の技術者の合議(ブレインストーミング形式)によった。

このようにして得られた S_j の値(表-4 右欄参照)と因子スコアを組み合わせ、最小自乗法により式-(1)における定数 $\alpha_0 \sim \alpha_7$ の値を求めると式-(2)が得られる。

$$S = 3.75 + 0.543 X_1 + 0.531 X_2 + 0.433 X_3 + 0.914 X_4 + 0.771 X_5 + 0.934 X_6 + 0.387 X_7 \text{ ----- (2)}$$

(重相関係数 = 0.923)

$\alpha_1 \sim \alpha_7$ はそれぞれ因子 $X_1 \sim X_7$ の河川景観への寄与を示すものであるから、 X_i 因子の S への寄与度 f_i は

$$f_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^7 \alpha_i} \text{ ----- (3)}$$

で示される。

因子	α_i	f_i	
X_1	0.543	0.120	(河川外観)
X_2	0.531	0.118	(水音観)
X_3	0.433	0.096	(水面率, 断面形状)
X_4	0.914	0.203	(流況)
X_5	0.771	0.171	(底質)
X_6	0.934	0.207	(沿岸植栽)
X_7	0.387	0.085	(河川土地利用)
$\Sigma \alpha_i = 4.563$		1.000	

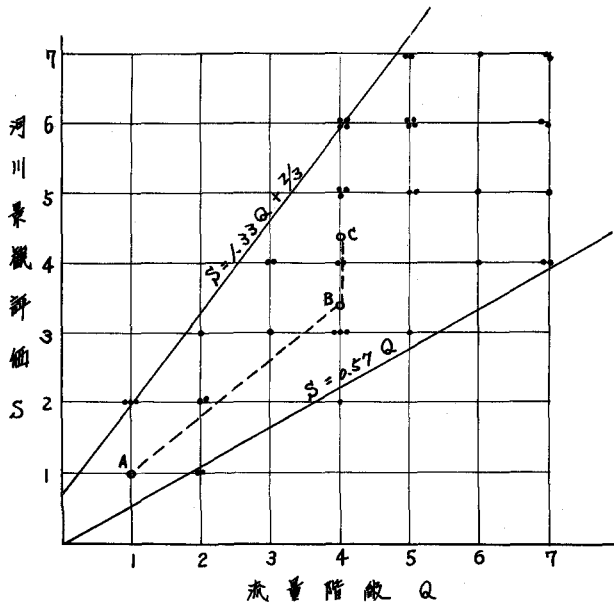
上記の結果から、維持用水に関係する因子は X_2, X_4 であり、 X_3 はそのうちの何%が関係することになるかで、その寄与を50%と評価すれば、河川景観にかかる流量の寄与は $f_2 = f_4 + f_3 = 0.369$ となり、河川の水が河川景観の形成に対して約4割という高い寄与率を示すことが明らかとなった。

なお、(2)式は、河川景観の普遍的評価のための手段であると同時に、河川景観の効果的改善のための指針を与えるものである。

4. 景観条件から定まる河川維持用水量

これまでの河川景観推進についての分析結果から、河川景観に対する河川流量の寄与度がきわめて高いことが明らかとなったが、河川景観と流量との直接的な対応関係は式-(2)からは読みとりにくい。そこで、景観と流量との関係を見やすくするために、さきの実測結果をもとに、景観を流量軸でとったものを次図に示す。

図-1 景観と流量との関係



(例) 現在水の殆んどない(A点)に維持用水を導入し $Q=4$ になったとすると、AはB点に移り、景観は $S=1 \rightarrow S=3.4$ に改善される。これを更に $S>4$ にするためには、沿岸植栽など環境整備措置が必要になる。

図-1の結果から、景観評価 S と流量 Q とはほぼ一次式で表わされる。

すなわち、

$$S = mQ + S_0 \quad \text{----- (4)}$$

の関係にあり、定数 m は流量以外の景観構成要素(河川外観、沿岸植栽、断面形状等)の差によって変化するパラメータである。従って、沿川に自然の残る郊外の河川では m の値が大きく、逆に都市内のにぎやかな箇所を流下する河川については m の値は小さくなるものと考えられる。

式-(4)、図-1の結果から、景観上から見た維持用水の需要量は、

景観を $S>4$ とし、期待する場合、

$$\begin{cases} m \text{ の値が大きい時} & Q>3 & (g=0.02\sim0.03\%/m) \\ m \text{ の値が小さい時} & Q>7 & (g=0.100\%/m) \end{cases}$$

もし、 $S>5$ を期待する場合には、

$$\begin{cases} m \text{ の値が大きい時} & Q>4 & (g=0.03\sim0.05\%/m) \\ m \text{ の値が小さい時} & Q>7 & (g=0.100\%/m) \end{cases}$$

という結果が得られる。

5. むすび

都市河川の親水機能のうち、景観機能の定量化を試みたわけであるが、才一段階の解析としてかなり主観的な評価をベースとしたものであったにもかかわらず、河川維持用水の重要性が定量化できたように思われる。

今後さらに、この定量化関係を裏付けるとともに、親水機能全般についての定量化へと進みたいと考えている。