

## 天空率・占空率からみたソウル市清溪川における水辺空間の特性

山下亜紀郎\*・谷口智雅\*\*

\*筑波大学生命環境系, \*\*三重大学人文学部

本研究では、2005年10月に復元事業が完成した韓国ソウル市の清溪川について、地上の橋上と河床面（水面）の両方からみた天空率・占空率を分析する。そしてそれによって、両護岸の内側の半地下状の水辺空間について、地上の空間との開放性（あるいは閉鎖性）の比較という観点からその空間的特性を定量的に明らかにする。観測方法としてはまず、レーザー距離計を用いて調査区間内の22地点において、護岸幅および両岸の護岸高を計測した。次に、調査区間内の橋上および河床に設置された歩行者横断用の飛び石上の45地点において、魚眼レンズを用いた写真撮影を行い、デジタル画像処理によって天空率と占空率を求めた。その結果、清溪川の水辺空間は、その空間的特性から上流、中流、下流の3区間に区分され、その中で特に中流区間において、高い護岸が水辺空間の閉鎖性を高めていることが定量的に明らかとなった。

キーワード：水辺空間、護岸高、天空率、清溪川、韓国ソウル市

### I はじめに

近年、都市内の河川・水路などの水辺空間については、単なる身近な自然環境としてだけでなく、都市住民の余暇活動の場としての親水機能（たとえば、金・畔柳，2005；谷口，2008）、ヒートアイランドの緩和機能（たとえば、一ノ瀬，2001；佐藤，2009）、地震や火災時の被害拡大を抑えたり、都市型水害を緩和したりする防災機能（たとえば、坪井・萩原，2004）、水辺景観整備を契機とした地域活性化を図るまちづくり機能（たとえば、山下，2001）など、その多様な機能や効果に注目が集まっている。

韓国の首都ソウルの都心部は、北の北岳山、南の南山、東の駱駝山、西の仁王山に囲まれた盆地に位置する（図1）。清溪川は、その中央を西から東へ流れる河川であり、朝鮮王朝以来600年以上の歴史を持つソウルの都市づくりにとっても重要な都市河川である。清溪川は朝鮮王朝時代以来、大雨による洪水をたびたび引き起こしているが、普段は流量の少ない河川であったために汚染が

酷く、埋め立てる計画が持ち上がることもあったが、風水都市づくりの観点から、また洪水時の流水路として重要であることから、各時代において河川環境整備が行われながら存続してきた。しかし、1930年代後半から次第に清溪川の暗渠化が進み、1950年代後半にはさらにそれが本格化し、ついに1967年から1976年にかけて清溪川は完全に暗渠化し幹線道路が整備され、その上には清溪高架道路が建設された（清溪川文化館，2006）。

21世紀に入りソウル市では、歴史・文化遺跡の消失、都市環境の悪化などへの反省から、高架道路構造物の老朽化にともない改善の必要性が生じたことを契機に、2003年7月から高架道路構造物および地上部の幹線道路の撤去を含む清溪川復元事業が実施されることになった。この復元事業は河川沿岸の商業地域の移転問題、歴史的遺構の保存問題、復元後の河川の水源問題など多くの課題に直面し、それらを克服しながら、2005年10月に完成を果たした。その結果、復元された現在の清溪川には、維持用水として漢江等から1日約10万トンの水が導水され、魚類や鳥類の生息地を作る

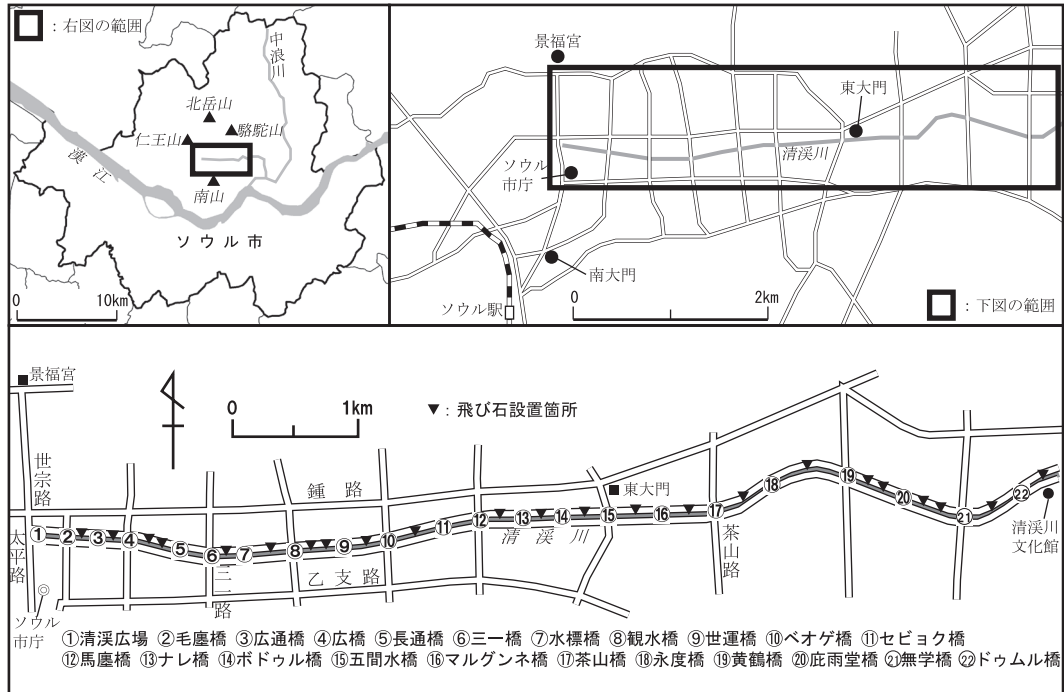


図1 ソウル市中心部の概要と観測地点の位置

(Seoul Development Institute 発行の『Thematic Maps of Seoul 2007』などより作成)

ことによって都市内の生態系が生み出されている。また、河川の復元によって都心部の交通や人の流れが断絶されないように既存の道路との交差点には、復元された広橋と水標橋を含めて、特徴あるデザイン性を持った橋が架かり、清溪川を照らす景観照明や水辺デッキ、護岸に描かれる壁画などとともに、芸術的な都市水辺空間が創造されている(図2)。大都市ソウルの中心部におけるこの大規模な歴史文化遺構と生態環境の復元事業の完成は、世界的にも注目され、多くの人が訪れる新しいソウル市のシンボルとなっている(黄ほか, 2006; 李, 2007)。

復元事業後の清溪川の水辺空間を扱った研究としてはまず、都市河川の復元による気温低減効果を実証した一ノ瀬ほか(2006)、松本ほか(2009)、三上(2009)などが挙げられる。そのなかで松本



図2 復元事業後の清溪川の景観

(2007年3月 谷口撮影)

ほか(2009)は、清溪川周辺地域への気温低減効果のメカニズムが、河道内部の空間の鉛直構造と関係していることに言及している。

また、西名ほか(2008)は、水辺空間の利用特性

についての調査を行い、区間や季節によって利用行動特性に差異がみられることなどを明らかにし、各区間の周辺環境や設備状況、気温などを要因として挙げている。

一方、本研究では、上記の先行研究とは異なる視点から清溪川の水辺空間を評価することを試みる。具体的には天空率・占空率<sup>1)</sup>という指標を用いてその空間的特性を定量的に分析する。天空率(占空率)は従来、建物による都市空間の圧迫感(あるいは開放感)を測る評価尺度や、日照や日射の影響を測る指標として利用されてきた(伊藤, 1976; 日本建築情報センター, 2004)。本研究ではこの指標を都市の水辺空間の評価に用い、開放性(あるいは閉鎖性)の観点からその空間的特性の把握を試みる。すなわちまず、地上の橋上と、半地下状の構造になっている清溪川の河床面(水面)の両方からみた天空率・占空率をともに計測する。そしてそれによって、両護岸の内側の半地下状の水辺空間について、地上の空間との開放性(閉鎖性)の比較という観点から、その空間的特性を定量的に分析する。

都市の水辺空間の評価に関しては、従来、地域住民や来訪者への意識調査に基づいて、視覚的に捉えられるイメージや、望ましい景観か否かを分析している研究が多い(たとえば、山下, 2003; 坪井ほか, 2003など)。それに対して本研究の分析は、写真として撮られた画像を用いて、天空率・占空率という客観的な尺度によって都市の水辺空間を評価しようとする試みであり、人間の主観的な評価に左右されない手法といえる。

また一般論として、ある河川の周囲が都市化すればするほど、用地確保等のために河川は直線化され、幅が狭くなると同時に、排水・洪水対策として、河床は深くなる傾向にある。一方で周囲の建物は高層化する。これは言い換えるならば、水辺の空間としての開放性が低くなる、つまり天空

率・占空率が低くなるということである。したがって、天空率・占空率という指標は、親水性も含めた景観的側面からこのような都市河川の水辺空間の開放性(閉鎖性)を客観的な尺度で評価できるだけでなく、その水辺空間も含めた周辺地域の都市化の程度を定量的に表すことができるものと期待される。

## II 研究方法

本研究では、清溪川復元事業が行われた区間のうち、清溪広場からドゥムル橋までの5.04kmの区間(図1)を対象に、以下に示す2つの手法による計測・分析をおこなった。

まず、レーザー距離計(Leica Geosystems DISTOTM A 8)を用いて調査区間内の22地点(復元事業の上流側の始点としての清溪広場と、ドゥムル橋までの21橋)において、護岸幅(両岸の護岸間の幅)および両岸の護岸高(地上面と河川沿いの遊歩道との高低差)を計測した。その際、手作業による誤差を考慮し、同地点で3度計測しその平均値を採用した。そして、計測結果をグラフ化し、上流から下流にかけての変化を分析した。

次に、天空率・占空率を計測することによって、水辺空間の特性を明らかにした。具体的には、清溪広場とドゥムル橋までの橋上21地点および河床に設置された歩行者横断用の飛び石上23地点の計45地点において、魚眼レンズによって天頂方向・河川上流水平方向・河川下流水平方向の写真撮影を行った。使用したカメラは、CANON EOSD20であり、デジタル一眼レフカメラ専用オートフォーカス円周魚眼レンズ(SIGMA 4.5mmF2.8EX DC CIRCULAR FISHEYE HSM)を装着して撮影した。なお、撮影する高さ(目線)によって写し出される範囲が異なると、天空率・占空率の値も変わってくるので、常に同じ

目線から撮影するよう注意した。また、天空率・占空率は地形の起伏に影響される場合もあるが、本研究の対象地域においては起伏差がほとんどないため、この点については無視しようと判断した。図3および図4は現地で撮影した写真の一例である。そして、撮影されたデジタル画像に対してパソコン上で画像判読し、天空率と占空率を求

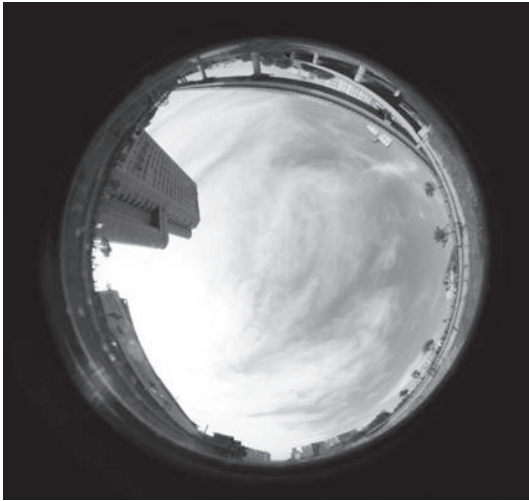


図3 ドゥムル橋下流の飛び石上からの天空写真  
(2008年11月 谷口撮影)



図4 毛塵橋の水平下流方向写真  
(2008年11月 谷口撮影)

めた。

以上の現地調査は、2008年11月2～3日に実施した。

### Ⅲ 計測結果

#### 1. 護岸幅と護岸高

護岸幅および護岸高の計測結果をグラフ化したものが、図5および図6である。

まず護岸幅については、最上流の清溪広場から下流の五間水橋までは、ほぼ約20mで一定している。五間水橋は、すぐ近くに東大門があり、朝鮮王朝時代の城郭地区の東端、つまり、ソウル市における旧城郭地区(都心部)とその外縁部との境界部にあたる。したがって、清溪広場から五間水橋までが城郭内の都心部を流れる区間である。都心部において、清溪川(旧高架道路)沿いの地域は、図4にみられるような高層ビルをはじめとする商業・業務機能が集積し、護岸幅を広げることが困難であったと考えられる。清溪川復元事業の事業計画では、平均流路幅は20～83mと定められており(李, 2005), 当区間においては計画上必要最低限の幅を確保したものと判断できる。

マルゲンネ橋から永度橋までの区間になると、護岸幅が若干広がり25～30m程度となる。そして、黄鶴橋より下流側では、護岸幅は大きく広がり40m以上となる。下流ほど幅が広いのは河川として当然ではあるが、清溪川文化館での聞き取り調査によると、高架道路建設以前の朝鮮王朝時代の清溪川と比べると、現在の方が幅は狭いとのことである。

護岸高は概ね左岸側の方が大きく、22地点の平均は、右岸側4.58mに対して左岸側は5.60mである。特に長通橋から黄鶴橋までの区間で左右岸の護岸高の差が大きい。

上流から下流にかけての変化をみると、長通橋までの上流側で3～4m程度である。左岸側は、

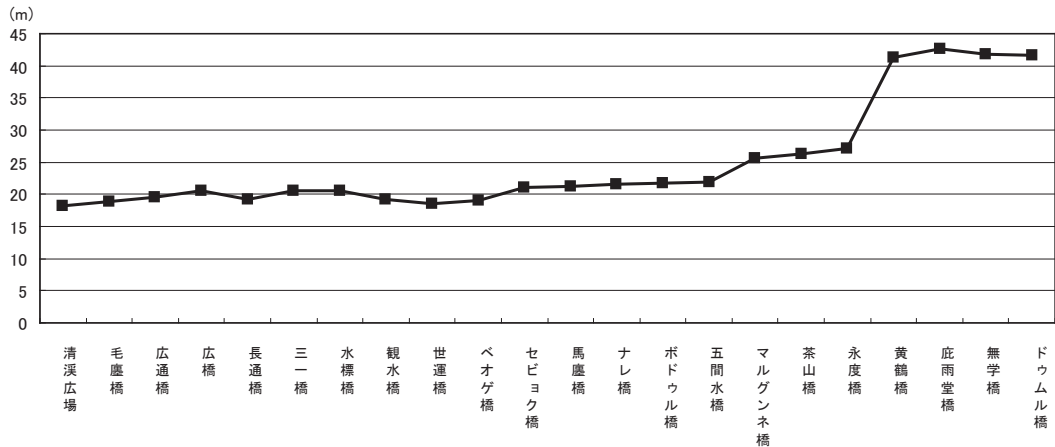


図5 清溪川における護岸幅の計測結果

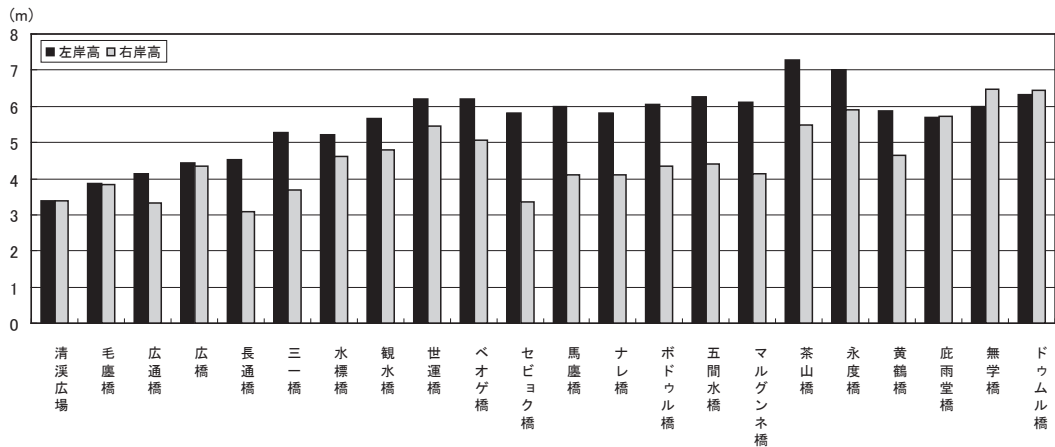


図6 清溪川における護岸高の計測結果

最上流の清溪広場から世運橋までは下流につれ護岸高が大きくなり、それより下流側は約6mで一定している。ただし、茶山橋、永度橋は7.28m、7.00mと不連続に大きくなっている。一方、右岸側は長通橋の3.07mが最も小さく、世運橋(5.46m)まで次第に大きくなる。そしてセビヨク橋(3.35m)で再び小さくなり、マルグンネ橋までは4m前後で推移している。茶山橋より下流ではまた大きくなり、最下流の無学橋、ドウムル橋では護岸高が6mを超える。護岸高の大きさは、

河川沿いの遊歩道からの側壁の高さを意味するが、より大きい左岸側の値が、ほぼ河川の水面と地上面との高低差と考えて良い。それに対して右岸側の遊歩道は、地上面との高低差が相対的に低い一方で、ところにより河川の水面との間にもある程度の高低差があり、アップダウンのある歩道になっているということである。

以上のことを要約すると、清溪広場から長通橋までは、護岸幅はほぼ一定で護岸高も3～4m程度である。三一橋から五間水橋までは護岸幅は変

わらないが、護岸高は5m以上と大きくなっている。一方で、マルゲンネ橋から下流側では護岸高は5m以上あるが護岸幅が広がっている。

## 2. 天空率と占空率

橋上および河床に設置された飛び石上の天空率・占空率をそれぞれ図7および図8に示す。

全区間における橋上と飛び石上それぞれの天空率・河川上流方向の占空率・下流方向の占空率の平均は、橋上54.8%・30.2%・29.8%，飛び石上

47.4%・26.0%・26.4%である。また、橋上の各最大値と最小値の地点は、天空率が幹線道路上の馬麿橋(71.3%，図9)と廣通橋(35.3%，図10)，河川上流方向の占空率が庇雨堂橋(40.0%)と毛麿橋(16.7%)，下流方向の占空率が茶山橋(39.3%)と毛麿橋(16.8%，図4)である。同様に飛び石上の各最大値と最小値の地点は、天空率がドゥムル橋下流地点(59.4%，図3)と毛麿橋－廣通橋間の地点(33.2%)，河川上流方向の占空率がドゥムル橋下流地点(38.2%)と廣通橋－廣橋間の地点

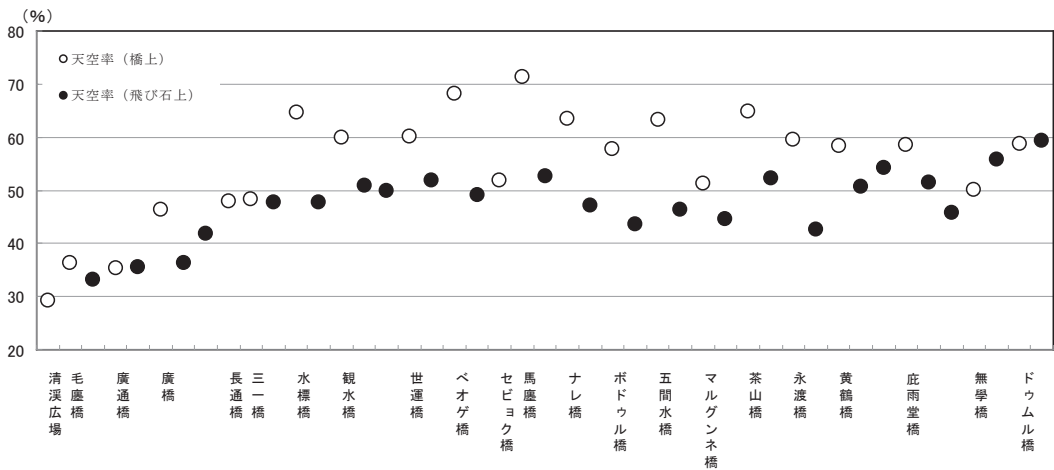


図7 清溪川における天空率の計測結果

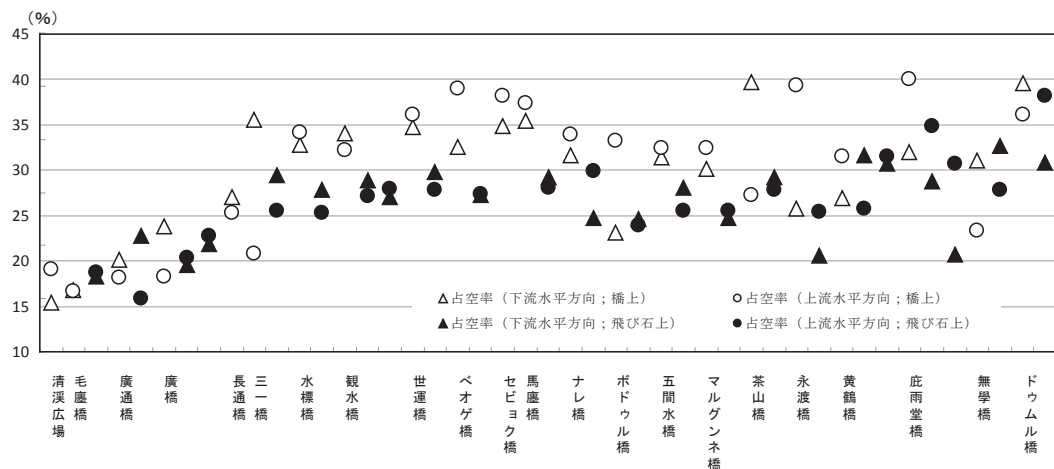


図8 清溪川における占空率の計測結果

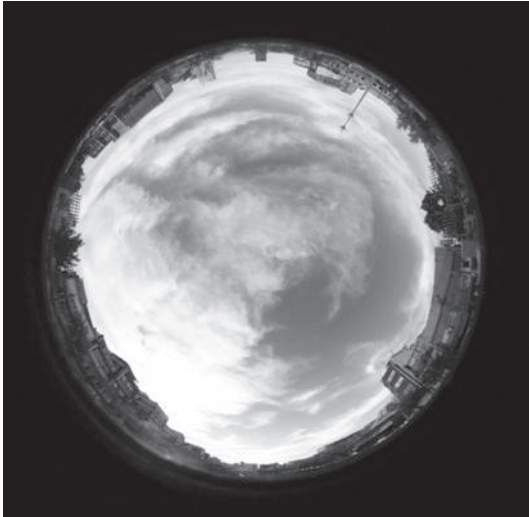


図9 橋上における天空率の高い馬麩橋からの天空写真

(2008年11月 谷口撮影)



図10 橋上における天空率の低い廣通橋からの天空写真

(2008年11月 谷口撮影)

(15.9%), 下流方向の占空率が無學橋－ドゥムル橋間の地点(32.7%)と毛麩橋－廣通橋間の地点(18.3%)である。

図7と図8に示した天空率・占空率に関する6

つの指標から、清溪川の水辺空間を次の3区間に区分することができる。すなわち、天空率の2指標がともに50.0%以下で、占空率の4指標がいずれも30.0%以下と、相対的にすべての数値が低い清溪広場から長通橋までの上流区間、橋上と飛び石上とで天空率で10.0%程度、占空率で5.0%程度の有意な差異がほぼ一貫してみられる三一橋からマルゲンネ橋までの中流区間、特に占空率に関して数値のばらつきが大きく、明瞭な特徴を見出せないマルゲンネ橋からドゥムル橋までの下流区間の3区間である。

全区間および3区間それぞれの橋上および飛び石上の天空率・河川上流方向の占空率・下流方向の占空率の平均値を表1に示した。上流区間では橋上の天空率39.0%, 上流方向の占空率19.5%, 下流方向の占空率20.6%, そして飛び石上の天空率36.8%, 上流方向の占空率19.5%, 下流方向の占空率20.7%である。したがって橋上と飛び石上の平均値の差は、天空率2.2%, 上流方向の占空率0.0%, 下流方向の占空率0.1%である。同様に中流区間での平均値の差は、天空率11.3%, 上流方向の占空率6.7%, 下流方向の占空率4.7%, 下流区間では天空率7.5%, 上流方向の占空率3.1%, 下流方向の占空率4.7%となっている。このことから上流区間では、橋上と飛び石上とで天空率・占空率に差

表1 各区間の天空率・占空率の平均値(%)

	天空率	上流占空率	下流占空率
全区間	54.8	30.2	29.8
	47.4	26.0	26.4
上流区間	39.0	19.5	20.6
	36.8	19.5	20.7
中流区間	60.0	33.6	32.4
	48.7	26.9	27.7
下流区間	58.3	32.9	32.5
	50.8	29.8	27.8

上段：橋上，下段：飛び石上

はほとんどなく、中流区間ではその差が大きいことが確認できる。下流区間はその中間であるが、前述のように数値としてのばらつきが大きい。

#### IV 清溪川の水辺空間の特性

護岸幅・護岸高の計測結果と、上中下流の各区間における橋上および飛び石上の天空率・占空率の分析結果から清溪川の水辺空間の特性について考察する。

護岸幅・護岸高と天空率・占空率との関係については、一般的には護岸幅が広く、護岸高が小さいほど空間がより開放的になり天空率・占空率が高くなる傾向にあると考えられる。しかし、清溪川の上流区間においては、護岸高は相対的に大きくないものの、天空率と占空率は、橋上、飛び石上ともに数値が低く、両者に顕著な差異も認められない。これは、上流区間はソウル市の都心部にあたり、高層の商業・業務ビルなどが河川沿いに建ち並んでいるため、護岸幅や護岸高といった水辺空間構造の影響よりも周辺土地利用の影響を大きく受けているものと考えられる(図11)。

一方、高い護岸が連続する三一橋からマルゲンネ橋の中流区間は、橋上と飛び石上とは、後者の天空率が前者より10%以上低く、他2区間に比べ相対的に水辺空間内の開放性が地上より低いことが示された。占空率の差異も3区間では最も大きい。中流区間の水辺空間内には、遊歩道やビオトープ、壁面の絵画や彫刻などのオブジェが設置されており、これらは景観構成要素として魅力的なものといえるが、空間の開放性という観点からは、高い護岸の影響で天頂方向の閉鎖性が高いだけでなく、遊歩道を散策する人々の進行方向(目線方向)に対しても視覚的な閉塞感を与えるものとなっている(図12)。実際に当区間の飛び石上に立つと、高い護岸の影響で両側のビルの壁以外に周囲の都市空間の様子を見ることができず、ソ



図11 上流区間の清溪川の景観

(2007年3月 山下撮影)



図12 中流区間の清溪川の景観

(2007年3月 山下撮影)

ウル市の都市景観を構成する要素としての清溪川の水辺空間が、周囲の都市空間とは断絶した不連続な空間となっている感が否めない。

茶山橋からドゥムル橋の郊外の下流区間では、天空率・占空率は、最大値と最小値の差が大きく、数値がばらついており、橋上、飛び石上間で明瞭な特徴や差異も見出せない。この要因としては、下流区間では、護岸高は大きいものの護岸幅が広く、周辺土地利用も高層の商業・業務ビルが集積する都心に対して、中・低層のビルや住宅も含め混在しており、建物の密集度も高くない(図13)





図13 下流区間の清溪川の景観  
(2007年3月 谷口撮影)

ことが挙げられる。また、流路が湾曲している(図1)ことから、占空率の撮影において正面に護岸や建物が写る場合があるのも一因と考えられる。つまり下流区間は、周辺の土地利用や河川の流路の観点から、多様な河川景観を有するといえる。

## V おわりに

以上、本研究では、2005年10月に復元事業が完成した韓国ソウル市の清溪川を対象に、地上の空間と半地下状の水辺空間の天空率・占空率を比較することで、都市河川の水辺空間の開放性(閉鎖性)を定量的、客観的に評価することを試みた。その結果、清溪川の水辺空間を、その空間的特性から上流、中流、下流の3区間に区分することができた。都心の上流区間は、護岸幅・護岸高からみた河川空間構造よりも周囲の土地利用の影響で、天空率・占空率ともに低い空間が形成されている。中流区間では、高い護岸の影響で橋上の地上空間に比して飛び石上の水辺空間の開放性が低いことが明らかとなった。郊外の下流区間については、天空率・占空率からみた明瞭な傾向や特徴は見出せず多様性を有することが示唆された。本研究の分析結果から、より都市化が進展している

都心部ほど天空率・占空率が低く、この指標が水辺空間とその周辺地域の都市化の程度を定量的に表しうることが実証できた。

清溪川が全体的に地上から約5m程度掘り下げられた半地下状の構造になっているのは、治水面への配慮、すなわち都市型洪水を防ぐ排水路として十分な機能を果たすことも復元事業の目的の1つとされていたからである。とはいえ、特に中流区間において、水辺空間が周囲の都市空間と高い護岸で隔てられていることによる視覚的閉鎖性は、周囲との調和性という観点から評価した場合、マイナス要因であるといえる。日本の都市河川を対象とした報告でも、親水空間は周囲の眺望があり遮断する建物等が無い広い空間を有していることが良い景観として評価されることを示している(NPO法人あらかわ学会, 2004)。また、水辺空間の親水性にとって、当該水域(水辺)に対する周囲からの視認性が重要であり、その視認性は当然、空間の開放性(閉鎖性)とも大いに関連する。この点については、イメージ分析のような主観的評価と、本研究のような客観的評価とが合わさることで、より綿密な水辺空間評価ができるものと考えられる。

ソウル市では、清溪川復元事業に続く都市再開発事業として、清溪川と交差する4つの南北軸を設定し、それぞれ特色を持たせた地域づくりが計画されており、その中で清溪川は4つの南北軸をつなぐコリドーとして位置づけられている。この再開発計画において、清溪川の水辺空間の親水性を高めるために、より水辺空間の開放性を増し、周囲の都市空間との連続性を持たせるような工夫が施されることが望まれよう。

本研究は、護岸幅・護岸高を天空率・占空率の説明要因として取り上げて分析・考察したが、今後の課題としては、河川周辺の建築物等の情報も加味しながら、都市の景観要素としての水辺空間

の開放性(閉鎖性)を評価する方法論を確立することが挙げられる。また本研究は、天空率・占空率を指標として採用し、地上の都市空間との比較において水辺空間の開放性(閉鎖性)を分析・考察したものの、調査対象区間内における計測数値の相対的比較において解釈するにとどまり、絶対的な尺度(たとえば水辺空間の天空率・占空率が何%以上なら、あるいは地上の都市空間との差が何%以下なら開放空間であるという基準)は提示しえなかった。これは他地域の都市河川における同様な事例調査を蓄積していくことで可能になるものであり、この点も今後の課題としたい。

### [付記]

本研究は、総合地球環境学研究所の研究プロジェクト(2006~2010年度)「都市の地下環境に残る人間活動の影響(プロジェクトリーダー:谷口真人)」から研究助成を受けました。現地調査においては、梁海根氏(KED: Korea Environmental Disaster)にご協力いただき、黄師智氏・玄珖喆氏(建国大学理学部地理学教室・学生(現地調査当時))には調査補助をしていただきました。以上記して感謝の意を表します。

### 注

- 1) なお、本研究において天空率とは、天頂方向に撮影したデジタル画像において建物や樹木等に遮られない天空の占める割合とする。同様に占空率とは、ある地点から水平方向に撮影したデジタル画像における天空の占める割合とする。

### 文 献

- 李 明博著, 屋良朝建訳(2007):『都市伝説ソウル大改造』マネジメント社。
- 李 龍太(2005):清溪川再生プロジェクト。財団法人リバーフロント整備センター編『川からの都市再生ー世界の先進事例からー』27-42, 技報堂出版。
- 一ノ瀬俊明(2001):都市河川における河川ヒートアイランド抑制効果。河川, 57(8), 18-21。
- 一ノ瀬俊明・原田一平・片岡久美・李 龍太(2006):都市内大規模河川(ソウル市清溪川)の復元による大気環境改善。環境システム研究, 34, 317-323。
- 伊藤克三(1976):『日照関係図表の見方・使い方』オーム社。
- NPO 法人あらかわ学会(2004):『あらかわセミナー2004 Part6 ある日のあらかわ一斉調査報告書』NPO 法人あらかわ学会。
- 金 那英・畔柳昭雄(2005):韓国釜山市の温泉川における河川環境整備と住民との係わりの変遷に関する研究。環境情報科学論文集, 19, 145-150。
- 佐藤典人(2009):水辺都市の気温分布と局地循環。法政大学大学院エコ地域デザイン研究所編『法政大学大学院エコ地域デザイン研究所2008年度報告書』21-30, 法政大学大学院エコ地域デザイン研究所。
- 谷口智雅(2008):荒川下流域における魚眼レンズによる景観写真と河川空間イメージ。環境情報研究, 16, 89-95。
- 清溪川文化館(2006):『清溪川復元』ソウル歴史博物館。
- 坪井塑太郎・谷口智雅・宮岡邦任・朱 元曾(2003):中国上海市における河川環境事業の展開と居住者による評価に関する研究。ランドスケープ研究, 66, 585-590。
- 坪井塑太郎・萩原清子(2004):都市における地震災害リスク認知の特性と水辺空間活用に関する研究ー東京都区部を事例としてー。環境情報科学論文集, 18, 293-298。
- 西名大作・村川三郎・孟 廷宣(2008):韓国清溪川における河川利用行動特性に関する調査研究。日本建築学会中国支部研究報告集, 31。
- 日本建築情報センター(2004):『実務最優先 Jw\_cad4 で学ぶ天空率』エクスマレッジ。
- 黄 祺淵・邊 美里・羅 泰俊著, 周藤利一訳(2006):『清溪川復元ーソウル市民葛藤の物語』日刊建設工業新聞社。黄 祺淵・邊 美里・羅 泰俊(2005):『プロジェクト清溪川 葛藤管理戦略』NANAM Publishing House。(韓国語)
- 松本 太・一ノ瀬俊明・白木洋平・李 龍太(2009):都市内河川の大規模復元による「風の道」の効果に関する気候学的研究ー韓国ソウル市清溪川を事例としてー。日本生気象学会雑誌, 46, 69-80。
- 三上岳彦(2009):韓国・チョンゲチョン(清溪川)復元によるヒートアイランド緩和効果について。環境技術, 38, 487-490。
- 山下亜紀郎(2001):金沢市における都市住民による用水路利用と維持への参加。地理学評論, 74A, 621-642。
- 山下亜紀郎(2003):金沢市中心部における都市住民による用水路景観の評価。地理情報システム学会講演論文集, 12, 533-536。