

# 도시하천의 복원과 관리를 위한 하천평가기법 개발

## Development of Stream Assessment Technique for Restoration and Management of Urban Stream

송주일\* · 이준호\*\* · 윤세의\*\*\*

Song, Ju Il · Lee, Joon Ho · Yoon, Sei Eui

### Abstract

The Urban Stream Assessment Technique (USAT) was suggested to give information about present urban stream condition. Domestic and foreign stream evaluation methods were analyzed and some streams were previously investigated to decide evaluation factors that could evaluate stream condition and have concern with characteristics and flood control of urban stream. The USAT consisted of three steps. High step has three characteristics concerned with functions of stream such as flood risk, stream, and ecology. In middle step, three characteristics were subdivided by ten features to describe changes and degradations of urban stream. Low step consisted of fifty three factors that explain the present condition of ten features. A survey of river experts was conducted to reflect weight among characteristics and features. The weights were calculated by analytic hierarchy process(AHP). The USAT was carried out to check over application of that in Suwon, Anyang, and Joongrang stream. The results of stream evaluation were expressed by factor index, feature index, characteristic index, total index, and evaluation grade. The results of the USAT were useful to realize changed and degraded areas. It is expected that the USAT can be used as base investigation for restoring and managing urban streams.

Keywords : urban stream, stream assessment, stream restoration, stream management

### 요 지

본 연구에서는 현재의 하천상태를 진단할 수 있는 도시하천 평가기법을 제시하였다. 이를 위해 국내·외 하천평가에 대한 문헌 및 연구자료를 조사하고 비교·분석하였으며, 예비하천조사를 실시하고 도시하천의 특성 및 하천의 치수기능 등을 고려하여 하천의 상태를 평가할 수 있는 평가인자를 도출하였다. 도시하천 평가기법은 상위단계, 중간단계, 하위단계의 3단계로 구성하였다. 상위단계에서 하천의 기능을 고려하여 제방, 하천, 생태환경의 3개 특성으로 구분하고, 중간단계에서는 3개 특성이 변형되고 훼손된 정도를 설명할 수 있는 10개의 평가부문(제방, 수로, 흐름, 하상, 비인공화 정도, 저수로변과 홍수터, 하천주변, 동물상, 식물상, 수질)으로 나누었으며, 하위단계에서는 도출된 53개의 평가항목을 구성요소로하여 단계적 평가가 가능한 평가기법을 제시하였다. 특성간, 평가부문간 가중치를 산정하기 위하여 하천전문가를 대상으로 설문조사를 실시하고, 이를 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 이용하여 분석하였다. 하천의 규모와 복원정도를 고려하여 수원천, 안양천, 중랑천을 대상하천으로 선정하고 평가를 실시하여 도시하천 평가기법의 적용성과 평가정보의 가치 수준을 확인하였다. 평가결과는 항목지수, 부문지수, 특성지수, 총괄지수 및 평가등급으로 하천의 상태를 나타냈다. 본 연구에서 제시한 하천평가기법에 따른 하천평가결과는 하천이 변형되고 훼손된 부분과 정도를 파악함으로써 도시하천의 복원과 관리에 필요한 기초자료로 활용되어 질 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 도시하천, 하천평가, 하천복원, 하천관리

### 1. 서 론

급격한 도시화로 인하여 하천은 물공급, 홍수경감, 폐수처리, 질병발생 최소화 등 인간의 이익을 위해 관리 되었고, 무분별한 도시화 과정에서 발생한 도로와 주차시설의 부족을 값싼 하천부지를 이용해 해결하면서 하천 복개 등과 같이 하천의 원형과 하천환경은 심각하게 훼손되었다(안명균,

2006). 이·치수 위주의 하천관리의 문제점들이 노출되면서 이를 해결하고자 1990년대 말부터 하천의 환경기능을 개선하는 하천복원사업이 수도권을 중심으로 활발하게 진행되고 있다. 그 예로서는 수원천, 청계천, 양재천, 안양천, 탄천, 경안천, 오산천 등이 있다.

하천의 복원을 계획 할 때는 현재의 하천상태를 파악하는 것이 무엇보다 우선되어야 한다. 이를 위해 하천의 생태, 물

\*정회원 · 경기대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (E-mail : juilsong@kyonggi.ac.kr)

\*\*국토해양부 영산강홍수통제소 조사관리과 시설연구사 · 공학박사 (E-mail : sof814@paran.com)

\*\*\*정회원 · 교신저자 · 경기대학교 공과대학 토목 · 환경공학부 교수 (E-mail : syoon@kyonggi.ac.kr)



태계의 조건을 평가할 수 있는 안을 제시하였고, 미국 워싱턴 주에서는 화학적, 생물학적, 물리적 지표를 포함하여 하천의 건강성을 평가하기 위해 RSAT(Rapid Stream Assessment Technique)를 개발 하였고, 최근 오스트레일리아의 시드니에서는 하천의 상태를 진단하고 후속적인 재정집행의 우선순위를 결정하기 위하여 RRA(Rapid Riparian Assessment)를 개발하여 활용하고 있다.

국내의 하천평가사례로는 환경부에서 1996년 전국 하천의 오염현황을 파악할 수 있도록 전국수역별 오염지도를 제작하여 공개하였다. 시정개발연구원(1996)이 하천형상에 의한 물리적 평가요소들을 평가기준으로 제시하였고, 정경진(1996)은 하천환경 정비계획의 접근 방식을 구역별로 다양하게 적용하고, 하천의 생태적인 재생을 위하여 효율적인 정보수집, 분석, 관리방안의 제시를 목적으로 GIS를 활용한 평가 방법을 연구하였다. 조용현(1997)은 하천의 생태적 복원에 직접 활용 될 수 있는 평가항목을 선정하고 하천의 물리적 구조질의 진단 및 파악을 위한 평가방법을 제시하였고, 김동찬 등(1999)은 물리적 요소에 환경기능을 기반으로 한 친수성과 하천환경의 요소들을 반영하는 평가기준을 제시하였다. 이상호(2000)는 하천의 수질, 하천의 형상, 하천의 자연도 등으로 평가기준을 제시하였으며, 윤세의(2003)등은 한강유역에 도시, 농촌, 산지하천의 자연도 평가를 수행하여 그 특성을 비교·분석하였다. 김석규(2006)는 하천정비의 효과와 하천환경기능을 포함한 종합적인 평가를 위해 하천자연도 평가 및 전과정 평가, 어메니티 평가, 경제적 편익평가방법을 제시하였다. 기존의 하천평가 연구에서 사용한 평가항목들을 평가부문별로 도시하면 그림 1과 같다.

대부분의 기존 연구들이 하천의 물리적 요소와 구조적 질의 특성을 고려하여 하천평가를 수행하였다. 그러나 하천환경의 중요성이 대두되면서 생태환경적인 요소까지 접목하여 하천을 평가하려는 연구동향을 볼 수 있다. 또한 유역을 통합적으로 관리 할 수 있는 평가에 대한 연구와 치수적인 안전성을 검토하려는 연구가 미비한 것을 그림 1을 통하여 알 수 있는데, 유역전체에 대한 평가를 실시하기 위해서는 상당한 수준의 전문성과 시간이 필요하고 평가정보가 진단적 성격의 하천평가라는 목적과는 부합되지 못하였기 때문에 기존의 연구에서는 유역전체에 대한 고려를 하지 않았던 것으로 판단된다. 그러나 지금까지의 협소한 하천관리가 궁극적인 하천의 문제점을 해결하지 못하는 한계점에 다다르게 되었고, 이에 따라 최근 환경부에서는 선개념의 하천관리를 면개념으로 확장하고 유역통합관리체계로의 전환을 시도하고 있다. 특히 도시하천은 중소규모의 하천이 많고 유역의 변화에 쉽게 영향을 받는 특성을 가지므로 유역특성을 반영할 수 있는 평가항목이 도시하천 평가기준에 필요하다. 도시하천의 치수 기능은 지역의 안전을 위한 홍수방지 기능이며, 재산과 인명보호에 직결되므로 하천주변에 인간이 생활하는 한 항상 대비되어야 한다. 도시하천은 도달시간이 짧아 도발홍수의 위험성이 항상 존재하고, 강우강도가 커지고 불투수면적의 확대에 따른 유출량 증가와 도시하천의 건천화에 따른 하도의 육상화는 홍수시 수위상승을 유발하는 원인을 제공하고 있어 치수기능의 확인은 반드시 필요하다.

하천의 환경기능은 자정작용 및 생태서식지로서 뿐만 아니

라 수변 위락, 수변 경관 감상 등의 친수 기능과 과밀화 된 도심에서 도시민에게 귀중한 공간자원을 제공해주는 공간기능을 가진다. 많은 인구가 밀집된 도시의 하천에 있어 이러한 환경기능은 필요조건이 된다. 그러나 환경기능 중 친수기능과 공간기능이 지나치게 강조되어 하천이 정비된 후 도심속의 인공하천으로 전락하는 경우도 있다. 따라서 도시하천의 평가는 하천의 인공화정도를 파악할 수 있고, 적당한 친수기능 유지를 확인할 수 있는 평가항목들이 필요하다고 판단된다.

### 3. 도시하천 평가기법의 개발

#### 3.1 도시하천 평가의 목적

하천의 복원을 추진 할 때는 대상하천구간의 문제와 보전·복원에 있어 다양한 기회를 확인하는 과정을 갖게 된다(환경부, 2002). 도시하천 평가기법의 개발은 하천복원의 필요성을 인식하는 과정과 복원계획단계에서 현재 하천상태에 대한 종합적인 기초자료를 제공하고, 복원결정 이후 어떻게 복원할 것인가에 대한 복원 방향성과 복원목표를 제시하고 복원 이후 가시적인 복원효과를 평가하는 수단으로써 지속적인 평가를 통하여 후속적인 보완과 유지관리 시 의사결정에 필요한 기초자료를 제공하는 것이 목적이다.

#### 3.2 도시하천 평가기법의 요건

도시지역을 흐르는 하천은 시간이 흐름에 따라 유역의 변화가 뚜렷하며, 자연하천과 비교하여 그 거동상황이 항상 동적이고, 중·소규모의 하천이 많고 유역의 변화에 쉽게 영향을 받는다는 특성이 있다. 또한 하천유역에서 도시화가 진전됨으로써 침투유출시간의 단축, 침투유량의 증대 등과 같은 유출현상의 변화, 홍수피해 잠재능이 증대됨으로써 치수 안전도가 상대적으로 저하되었다. 하천환경기능이 훼손되어 이를 복원하고자하는 사업이 활발하게 진행되고 있지만, 많은 사업들이 환경기능 중 친수기능과 공간기능에 치우쳐 도심속의 생태통로를 복원하고자하는 복원원칙을 걸돌고 있다. 한편, 생태적 평가를 위한 적절한 운용 틀은 평가의 목적이 규정되어야 하고, 평가기준은 주관적 평가에 의존하기보다는 정량적이어야 하고, 평가가 반복 가능해야 하며, 생물학적 원리에 기초해야 하고, 평가된 지역에 관심을 가지는 모든 사람이 이해할 수 있도록 평가방법, 결과, 분석이 설명되어야 하며, 비용(시간과 돈)이 생태적 방법의 심도와 통합성에 적절하여야 한다(Spellerberg, 1972, 조용현, 1997). 따라서 도시하천 평가기법은 기존연구들의 연구동향을 고려하여 물리적 요소와 구조적 질의 특성에 생태 환경적 요소를 접목하여 하천을 평가하되, 유역의 특성과 치수적인 안전성 확보 여부, 인공화정도, 친수성 등 도시하천의 특성까지 고려된 평가기법이어야 하고 운용 틀은 Spellerberg (1972)가 제시한 6가지 조건을 만족시킬 필요가 있다.

#### 3.3 평가부문과 평가항목

기존의 연구에서는 Boon(1992)의 5가지의 축 가운데 특히 의미가 있는 것은 하천의 생태적 복원의 직접대상이 될 수 있는 선형적이고 가시적이며 물리적인 축이라고 할 수 있는

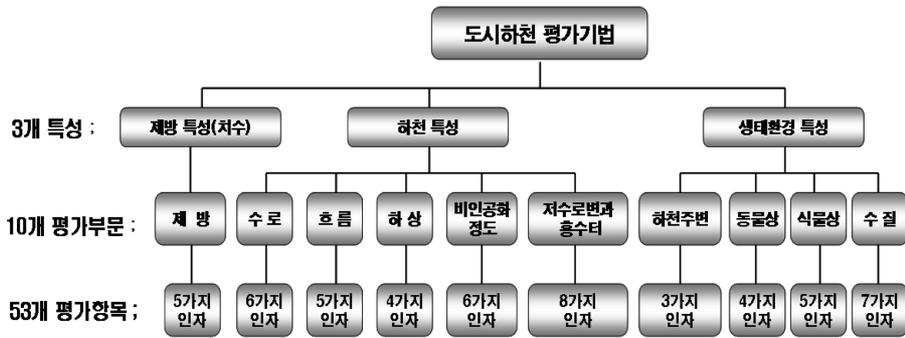


그림 2. 도시하천 평가기법의 계층구조도

표 1. 도시하천 평가기법의 평가부문과 평가항목

| 구분        | 평가부문      | 평가항목  |
|-----------|-----------|---|
| 제방 특성(저수) | 제방        | 제방고, 제방형태, 제방비탈경사, 둑마루 폭, 제방침식  |
| 하천 특성     | 수로        | 저수로 사행, 저수로 측방침식, 저수로 폭 다양성, 특이한 수로구조, 종·횡사주, 수로변경                                    |
|           | 흐름        | 유속과 수심의 다양성, 흐름의 다양성, 수면폭/하천폭 비, 저수로 수심, 홍수시 평균유속                                     |
|           | 하상        | 저질의 다양성, 하상재료 유형, 하도의 침식과 퇴적, 하상노출  |
|           | 비인공화 정도   | 횡구조물, 상부구조물, 횡단면 형상, 제방재료, 유역의 불투수 면적비, 인구밀도  |
|           | 저수로변과 홍수터 | 저수로 호안재료, 저수로 호안경사, 특이한 저수로변 구조, 홍수터 토지이용, 홍수터 식생관리, 친수점 근성, 습지/웅덩이/등물이동로, 홍수터 홍수발생빈도 |
| 생태환경 특성   | 하천주변      | 하천주변 토지이용, 하천경관, 하천주변 공원/문화사적지  |
|           | 생물        | 저서 무척추동물, 육상곤충, 어류, 기타 하천동물   |
|           | 식생        | 수생식물, 초본식물, 목본식물, 대상분포, 식생의 종방향 연속성   |
|           | 수질        | 부착미생물, BOD, 물의 색, 부유물, 물의 냄새, 햇빛차단정도, 하수유입  |

공간적 축들로서 일반적으로 단순하여 이해하기 쉬운 3가지 축 즉, 종적인 축, 횡적인 축, 수직적인 축에 초점을 맞추어 평가부문을 선정하고 있다(박봉진 등, 2003). 그러나 하천은 축을 따라 나타나는 인자들이 서로 복잡하게 얽혀 있으므로 한 인자가 어느 한 변이 축에만 국한된다고 볼 수 없다. 또한 도시하천의 주요 기능인 이수와 치수측면을 고려한다면 기존의 연구에서 크게 고려하지 않았던 개념적 축에 대한 평가도 이루어져야 한다. 본 연구에서는 변이 축과 하천의 발달, 생태환경, 인간 활동, 희귀성, 특이성 등을 고려하고 기존연구들을 참고하여 53개의 평가항목을 도출하였다. 평가 부문은 하천평가가 하천의 복원과 유지관리 시 방향성과 목표의 제시라는 목적에 부합할 수 있도록 세분화하여 선정하였다. 10개의 평가부문은 제방, 수로, 흐름, 비인공화 정도, 저수로변과 홍수터, 하천주변, 동물상, 식물상, 수질로 하였다. 하천의 생태계를 평가할 때 특히 강조되는 것은 변형정도, 다양성, 희귀성과 독특한 특징이나 종 등을 들 수 있는데(Collier and McColl, 1992; Boon, 1992; Spellerberg, 1992), 본 연구에서는 변형정도와 다양성은 평가항목의 평가의 척도로 사용하고, 희귀성과 독특한 특징이나 종은 평가항목의 선정과 평가 척도로 사용하였다.

### 3.4 평가기법의 구성

하천평가를 보다 효과적으로 하기 위한 도시하천 평가기법의 구성은 우선적으로 하천의 기능을 파악하고, 하천기능의 유지와 훼손정도를 설명할 수 있는 부문을 선정하고 부문별로 구체적이고 실제적인 평가가 이루어질 수 있는 평가인자

들로 구성하는 단계적인 접근이 유리하다. 이러한 단계적 접근은 단계별로 해당되는 하위단계마다 구성요소를 설정하여 최하위 단계에서부터 올라가면서 또는 최상위 단계에서부터 내려가면서 체계적인 평가가 가능하다. 단계적인 평가 구조는 하천의 복원과 유지관리 시 필요한 정보에 대하여 각각의 단계가 적절한 정밀도를 제공할 수 있다는 장점이 있다. 또한 평가기법의 단계별로 나타나는 평가정보의 다양한 정밀도는 평가결과를 단순히 평가인자만을 나열식으로 제시하는 것보다 높은 설득력을 갖게 한다. 그림 2는 도시하천 평가기법의 3개 특성과 10개 평가부문, 53개의 평가항목으로 구성된 도시하천 평가기법의 계층구조도이고, 표 1은 특성과 평가부문, 평가항목의 구성요소를 나열한 것이다.

그러나 여기에서의 고려해야 할 사항은 최하위 단계에 있는 평가인자가 상위 단계의 구성요소에 어느 정도의 영향력을 갖는지에 대한 것이다(최계봉 등, 1997). 따라서 평가기법의 구성에서 동위 단계의 구성요소들 사이의 가중치에 대한 고려가 필요하다.

### 3.5 평가기준

하천은 지리적 위치, 규모, 유역의 변화 등에 따라 그 특성이 매우 상이하다. 이러한 상이한 특성을 모두 고려한 평가기준을 마련하기는 대단히 어렵다. 도시하천 평가기법이 궁극적으로 평가하고자 하는 것은 인간의 간섭을 일정부분 인정하는 범위에서 치수적으로 얼마나 유리하고, 일반적인 자연하천에서 나타나는 물리적인 현상들이 어느 정도 나타나고 있고, 얼마나 인공화 되었으며, 생태환경은 어떠한지이

표 2. 제방특성의 평가항목과 평가기준

| 평가부문  | 평가항목   | 평가내용                  | 점수  | 평가기준                 | 비고     |
|-------|--------|-----------------------|-----|----------------------|--------|
| 제방 특성 | 제방고    | 계획홍수위에 대한 여유고의 확보 여부  | 5   | 여유고이상 확보             | 좌우안 구분 |
|       |        |                       | 3   | 계획홍수위보다는 높지만 여유고 미확보 |        |
|       |        |                       | 1   | 계획홍수위보다 낮음           |        |
|       | 제방형태   | 제방의 형태                | 5   | 오목 제방                | 좌우안 구분 |
|       |        |                       | 4   | 볼록 제방                |        |
|       |        |                       | 3   | 계단진 제방               |        |
|       |        |                       | 2   | 넓고 낮은 단구 제방          |        |
|       |        |                       | 1   | 아래가 파인 제방            |        |
|       | 제방비탈경사 | 제방의 경사 (하천설계기준 1/3이상) | 5   | 평평한(< 10°)           | 좌우안 구분 |
|       |        |                       | 4   | 낮은(10~20°)           |        |
|       |        |                       | 3   | 적당한(30~60°)          |        |
|       |        |                       | 2   | 가파른(60~80°)          |        |
|       |        |                       | 1   | 수직에 가까운(80~90°)      |        |
|       | 둑마루 폭  | 계획홍수량에 따른 둑마루 폭 확보 여부 | 5   | 하천설계기준 초과 확보         | 좌우안 구분 |
|       |        |                       | 3   | 하천설계기준 확보            |        |
|       |        |                       | 1   | 하천설계기준 미확보           |        |
|       | 제방침식   | 침식흔적의 면적과 제방붕괴 여부     | 5   | 안정                   | 좌우안 구분 |
|       |        |                       | 4   | 적당히 안정               |        |
|       |        |                       | 3   | 보통                   |        |
|       |        |                       | 2   | 적당히 불안정              |        |
| 1     |        |                       | 불안정 |                      |        |

표 3. 수로부문의 평가항목과 평가기준

| 평가부문  | 평가항목                            | 평가내용   | 점수      | 평가기준                   | 비고                      |
|-------|---------------------------------|--|---------|------------------------|-------------------------|
| 수로 부문 | 저수로 사행                          | 저수로의 사행정도 (사행 1과장의 직선길이에 대한 만곡선 길이의 비)                     | 5       | 1.4 이상                 | 자연하천에서하폭의 8~12배 사행과장 형성 |
|       |                                 |  | 4       | 1.3 이상~1.4 미만          |                         |
|       |                                 |  | 3       | 1.2 이상~1.3 미만          |                         |
|       |                                 |  | 2       | 1.1 이상~1.2 미만          |                         |
|       |                                 |  | 1       | 1.1 미만                 |                         |
|       | 저수로 측방침식                        | 저수로 사행형성의 제한정도   | 5       | 10% 이하                 | 좌우안 구분                  |
|       |                                 |  | 4       | 10~25%                 |                         |
|       |                                 |  | 3       | 25~50%                 |                         |
|       |                                 |  | 2       | 50~75%                 |                         |
|       |                                 |  | 1       | 75% 이상                 |                         |
|       | 저수로 폭 다양성                       | 저수로 수제선 폭 다양성 (평균폭에 대한 조사단면 폭의 표준편차 비)                     | 5       | 40% 이상                 |                         |
|       |                                 |  | 4       | 30~40%                 |                         |
|       |                                 |  | 3       | 20~30%                 |                         |
|       |                                 |  | 2       | 10~20%                 |                         |
|       |                                 |  | 1       | 10% 이하                 |                         |
|       | 특이한 수로구조                        | 수로내에 형성된 특이하고 희귀한 구조 (섬지형, 바위, 분류수, 지류유입, 하폭의 급확대 및 급축소 등) | 5       | 4종 이상                  |                         |
|       |                                 |  | 4       | 3종                     |                         |
|       |                                 |  | 3       | 2종                     |                         |
|       |                                 |  | 2       | 1종                     |                         |
|       |                                 |  | 1       | 없음                     |                         |
| 중素원鑿  | 퇴적에 의한 중·횡방향, 사주 발달정도, 중·횡사주의 수 | 5  | 2개 이상   | 자연하천에서 하폭의 4~6배에 1개 형성 |                         |
|       |                                 | 3  | 1개      |                        |                         |
|       |                                 | 1  | 없음      |                        |                         |
| 수로변경  | 과거 수로변경의 여부                     | 5  | 없음      |                        |                         |
|       |                                 | 3  | 부분적인 변경 |                        |                         |
|       |                                 | 1  | 전체적인 변경 |                        |                         |

표 4. 흐름부문의 평가항목과 평가기준

| 평가부문      | 평가항목            | 평가내용  | 점수      | 평가기준                     | 비고                          |
|-----------|-----------------|---|---------|--------------------------|-----------------------------|
| 흐름 부문     | 유속과수심 다양성       | 유속과 수심의 혼재상태를 나타냄<br>1. 느리고 깊음<br>2. 느리고 얇음<br>3. 빠르고 깊음<br>4. 빠르고 얇음<br>느림(0.3 m/s이하)<br>깊음(0.5 m이상) | 5       | 4가지                      | 중요도<br>1:빠르고 얇음<br>2:느리고 얇음 |
|           |                 |   | 4       | 3가지                      |                             |
|           |                 |   | 3       | 2가지<br>(빠르고 얇음 & 느리고 얇음) |                             |
|           |                 |   | 2       | 2가지                      |                             |
|           |                 |   | 1       | 1가지                      |                             |
|           | 흐름의 다양성         | 종 · 횡방향으로 흐름의 다양성 정도<br>(여울, 소, 일부정체, 역류 등)   | 5       | 매우 큼                     |                             |
|           |                 |   | 4       | 큼                        |                             |
|           |                 |   | 3       | 적당함                      |                             |
|           |                 |   | 2       | 경미함                      |                             |
|           |                 |   | 1       | 없음                       |                             |
|           | 수면폭 /하천폭비       | 인간활동을 위한 유지 유량감<br>으로 수면폭과 하천폭의 비   | 5       | 0.2 이상                   |                             |
|           |                 |   | 4       | 0.1~0.2                  |                             |
|           |                 |   | 3       | 0.05~0.1                 |                             |
|           |                 |   | 2       | 0.01~0.05                |                             |
|           |                 |   | 1       | 0.01 이하                  |                             |
|           | 저수로 수심          | 저수로의 수심 (cm)  | 5       | 30 cm 이상                 |                             |
|           |                 |   | 4       | 20~30 cm                 |                             |
|           |                 |   | 3       | 10~20 cm                 |                             |
|           |                 |   | 2       | 5~10 cm                  |                             |
|           |                 |   | 1       | 5 cm미만, 건천               |                             |
| 홍수 시 평균유속 | 홍수 시 평균유속 (m/s) | 5   | 0.5 이하  |                          |                             |
|           |                 | 4   | 0.5~1.0 |                          |                             |
|           |                 | 3   | 1.0~2.0 |                          |                             |
|           |                 | 2   | 2.0~3.0 |                          |                             |
|           |                 | 1   | 3.0 이상  |                          |                             |

표 5. 하상부문의 평가항목과 평가기준

| 평가부문 | 평가항목       | 평가내용                         | 점수 | 평가기준                                    | 비고 |
|------|------------|------------------------------|----|---|----|
| 하상부문 | 저질의 다양성    | 하상저질의 다양성                    | 5  | 5가지 이상                                  |    |
|      |            |                              | 4  | 4가지                                     |    |
|      |            |                              | 3  | 3가지                                     |    |
|      |            |                              | 2  | 2가지                                     |    |
|      |            |                              | 1  | 1가지                                     |    |
|      | 하상재료 유형    | 하상에 분포하고 있는<br>지배적인 하상재료의 구성 | 5  | 표석, 호박돌, 조약돌                            |    |
|      |            |                              | 4  | 조약돌, 자갈돌 혼재                             |    |
|      |            |                              | 3  | 모래, 실트 또는 점토                            |    |
|      |            |                              | 2  | 대부분 실트, 점토                              |    |
|      |            |                              | 1  | 콘크리트 하상                                 |    |
|      | 하도의 침식과 퇴적 | 홍수기 전 · 후의 하도의<br>침식과 퇴적의 정도 | 5  | 안정(± 0.5 m 미만)                          |    |
|      |            |                              | 3  | 적당한 침식, 적당한 퇴적<br>(± 0.5 m이상~± 1.0 m미만) |    |
|      |            |                              | 1  | 강한 침식, 강한 퇴적(±1.0 m 이상)                 |    |
|      | 하상노출       | 굴착지 혹은<br>인위적인 하상노출의 존재여부    | 5  | 없음                                      |    |
|      |            |                              | 3  | 굴착 혹은 하상노출                              |    |
|      |            |                              | 1  | 굴착과 하상노출                                |    |

표 6. 비인공화 정도 부문의 평가항목과 평가기준

| 평가부문         | 평가항목              | 평가내용  | 점수                 | 평가기준                    | 비고        |
|--------------|-------------------|---|--------------------|-------------------------|-----------|
| 비인공화<br>정도부분 | 횡구조물              | 어류 등의 이동을 방해하는<br>인공구조물의 존재 및 방해정도<br>(낙차공, 보등)   | 5                  | 횡단구조물 없음                |           |
|              |                   |   | 4                  | 우회보가 있는 경우 또는 경사형 들보    |           |
|              |                   |   | 3                  | 어류이동이 가능한 어도가 설치된 보     |           |
|              |                   |   | 2                  | 높이 0.3~0.4 m, 어류이동 방해함  |           |
|              |                   |   | 1                  | 높이 0.4 m이상으로 어류이동 방해함   |           |
|              | 상부<br>구조물         | 하천상부 구조물의 국지적<br>횡단면 변경정도<br>(교량, 교각)             | 5                  | 하천상부구조물 없음              |           |
|              |                   |   | 3                  | 상부구조물이 있으나 흐름폭이 좁아지지 않음 |           |
|              |                   |   | 1                  | 상부구조물에 의해 흐름폭이 좁아짐      |           |
|              | 횡단면<br>형상         | 하천전체 횡단면<br>형상의 변경정도                              | 5                  | 자연단면                    |           |
|              |                   |   | 4                  | 자연단면에 가까운               |           |
|              |                   |   | 3                  | 복단면 변화없는, 오래된           |           |
|              |                   |   | 2                  | 사다리꼴 규칙측면               |           |
|              |                   |   | 1                  | 직사각형 규칙측면               |           |
|              | 제방재료              | 제방호안 재료의 종류 및<br>인공화 정도                           | 5                  | 인공제방 없음                 | 좌우안<br>구분 |
|              |                   |   | 4                  | 인공 흙제방(자연식생)            |           |
|              |                   |   | 3                  | 사석쌓기, 자연형 호안, 블럭(인공식생)  |           |
|              |                   |   | 2                  | 사석쌓기, 자연형 호안, 블럭(투수성)   |           |
|              |                   |   | 1                  | 호안블럭, 콘크리트(블투수성)        |           |
|              | 유역의<br>블투수<br>면적비 | 지붕, 도로, 포장지역등을<br>합하여 유역전체면적에<br>대한 블투수지역의 면적 비   | 5                  | 5% 미만                   |           |
|              |                   |   | 4                  | 5% 이상 ~ 10% 미만          |           |
|              |                   |   | 3                  | 10% 이상 ~ 15% 미만         |           |
|              |                   |   | 2                  | 15% 이상 ~ 25% 미만         |           |
|              |                   |   | 1                  | 25% 이상                  |           |
|              | 인구밀도              | 하천이 지나는 행정구역<br>단위 인구밀도<br>(인구수/km <sup>2</sup> ) | 5                  | 125명 미만                 |           |
|              |                   |   | 4                  | 125명 이상 ~ 300명 미만       |           |
| 3            |                   |   | 300명 이상 ~ 620명 미만  |                         |           |
| 2            |                   |   | 620명 이상 ~ 1000명 미만 |                         |           |
| 1            |                   |   | 1000명 이상           |                         |           |

다. 또한 평가의 전문성과 소요시간, 비용적인 측면을 고려하여 적절한 기준을 제시하고자 하였다. 평가기준은 Spellerberg(1972)의 제시를 토대로 가능한 주관성을 배제하고 정량적이고, 반복 가능하도록 하였으며, 생물학적 원리에 기초하였다. 그러나 이러한 기준에 의한 평가결과는 개개의 평가항목이 일반적으로 자연성이 높다고 판단되는 특성과 비교하여 그 정도는 보여주지만, 하천의 특성과 연계한 결과를 보여주지 못하는 한계를 가지고 있다. 표 2~11은 평가부문 별로 평가항목의 평가기준을 제시한 것이다.

### 3.6 평가척도

본 연구에서는 평가에 정량적인 지수를 사용하였으며, Likert척도를 이용하여 평가하도록 하였다. USAT는 3개의 특성, 10개의 평가부문으로 구성되었다. 이들 사이에서의 가중치를 산정하기 위하여 하천전문가, 실무자, 공무원 등을 대상으로 전문가 조사를 실시하고 계층적 분석법(AHP; Analytic Hierarchy Process)을 통하여 자료를 분석하였다. AHP에서 이용하고 있는 고유치방식(Eigenvalue Method)은 쌍방비교의 행렬에서 상대적인 비중을 추정하기 위한 방법으로 설문자가 쌍방비교에서 얼마나 일관성을 가지고 응답

했는지를 CR(consistency ratio)값으로 나타내는데 경험상 CR의 허용범위는 10%이하이다(최계봉 등, 1997). 본 연구에서 실시한 70개의 설문답변 중 CR값이 10%이상인 결과를 제외하고 나머지 60개의 설문응답을 분석한 결과 CR값이 0.03~0.7%로 매우 높은 일관성을 보인 것으로 나타났다.

AHP를 통하여 3개 특성간 가중치 산출결과 제방특성의 가중치가 0.46으로 나타나 도시하천에서는 치수적 안전성에 가장 큰 비중을 두어야 하는 것으로 나타났다. 하천특성과 생태환경특성은 각각 0.33과 0.21로 가중치가 산정되었다. 제방특성의 경우 1개의 평가부문, 하천특성은 5개의 평가부문, 생태환경특성은 4개의 평가부문으로 구성되어 있고, 이들 사이에서의 가중치 산출한 결과 하천특성 평가부문에서는 저수로변과 홍수터, 흐름이 0.27과 0.25였고, 생태환경특성에서는 수질이 0.43으로 가장 크게 조사되었다. 표 13~15는 AHP를 통하여 산출된 가중치의 결과이다.

평가결과의 처리는 먼저 부문별로 항목지수의 평균을 계산하고, 이를 부문지수로 하였고, 3개 특성별로 부문지수들에 산출된 평가부문간 가중치를 곱하여 더한 값을 특성지수로 하였으며, 총괄지수는 특성지수들에 특성간 가중치를 곱하여 더한 값으로 결정하였다.

표 7. 저수로변과 홍수터 부문의 평가항목과 평가기준

| 평가부문                   | 평가항목   | 평가내용   | 점수                      | 평가기준                 | 비고        |
|------------------------|--|--|-------------------------|----------------------|-----------|
| 저수로<br>변과<br>홍수터<br>부문 | 저수로<br>호안재료  | 저수로 호안재료의 종류 및 인공화 정도  | 5                       | 호안공이 없는 자연상태         | 좌우안<br>구분 |
|                        |  |  | 4                       | 자연소재와 인공식생 호안        |           |
|                        |  |  | 3                       | 사석, 석축과 인공식생 호안      |           |
|                        |  |  | 2                       | 사석 또는 석축호안(투수성)      |           |
|                        |  |  | 1                       | 호안블럭, 콘크리트(불투수성)     |           |
|                        | 저수로<br>호안경사  | 저수로 호안의 경사   | 5                       | 평평한(<10°)            | 좌우안<br>구분 |
|                        |  |  | 4                       | 낮은(10~20°)           |           |
|                        |  |  | 3                       | 적당한(30~60°)          |           |
|                        |  |  | 2                       | 가파른(60~80°)          |           |
|                        |  |  | 1                       | 수직에 가까운(80~90°)      |           |
|                        | 특이한<br>저수로변<br>구조                                      | 저수로변에 수류에 의해 자연적으로 형성된 특이한 구조(수류의 수목선화, 충돌상태의 나무, 수목 지하부 세굴, 죽은 잔가지의 수로변 집적, 강변거석, 노반암 출현) | 5                       | 4종 이상                |           |
|                        |  |  | 4                       | 3종                   |           |
|                        |  |  | 3                       | 2종                   |           |
|                        |  |  | 2                       | 1종                   |           |
|                        |  |  | 1                       | 없음                   |           |
|                        | 홍수터<br>토지이용  | 홍수터의 토지이용 상태 및 이용면적 정도   | 5                       | 자연상태                 | 좌우안<br>구분 |
|                        |  |  | 4                       | 자연홍수터로 초지나 관목림       |           |
|                        |  |  | 3                       | 자연하도 많고 콘크리트등은 1/3이하 |           |
|                        |  |  | 2                       | 1/3이상이 공원, 운동장, 주차장  |           |
|                        |  |  | 1                       | 2/3이상이 공원, 운동장, 주차장  |           |
|                        | 홍수터<br>식생관리  | 홍수터 식생관리 년 횟수  | 5                       | 4회 이상                |           |
|                        |  |  | 4                       | 3회                   |           |
|                        |  |  | 3                       | 2회                   |           |
|                        |  |  | 2                       | 1회                   |           |
| 1                      |  |  | 안함                      |                      |           |
| 친수<br>접근성              | 하천으로의 접근로 및 자연을 크게 훼손하지 않은 범위의 여가시설 (접근로, 산책로, 자전거로 등) | 5  | 4가지 이상                  |                      |           |
|                        |  | 4  | 3가지                     |                      |           |
|                        |  | 3  | 2가지                     |                      |           |
|                        |  | 2  | 1가지                     |                      |           |
|                        |  | 1  | 없음                      |                      |           |
| 습지,<br>웅덩이,<br>동물이동로   | 홍수터에 습지나 웅덩이의 존재여부와 동물들의 식수를 위한 이동로의 설치 여부             | 5  | 2가지 이상                  |                      |           |
|                        |  | 3  | 1가지                     |                      |           |
|                        |  | 1  | 없음                      |                      |           |
| 홍수터<br>홍수발생<br>빈도      | 홍수터를 범람하는 홍수발생빈도                                       | 5  | 1.5년에서 2년의 홍수빈도         |                      |           |
|                        |  | 4  | 3년에서 4년의 홍수빈도           |                      |           |
|                        |  | 3  | 4년에서 6년의 홍수빈도           |                      |           |
|                        |  | 2  | 7년에서 10년의 홍수빈도          |                      |           |
|                        |  | 1  | 홍수발생 없거나 1년 또는 미만으로 발생함 |                      |           |

항목지수 = 평가기준에 의해 조사구간 별로 1~5점 부여

부문지수 =  $\Sigma(\text{항목지수}) \div n$

(여기서, n = 부문별 평가항목 수)

특성지수 =  $\Sigma(\text{부문지수} \times W_f)$

(여기서,  $W_f$  = 평가부문의 가중치)

총괄지수 =  $\Sigma(\text{특성지수} \times W_c)$

(여기서,  $W_c$  = 평가특성들의 가중치)

평가결과의 등급 분류범주는 조용현(1997)이 제시한 지수

의 최소치 1.0과 최대치 5.0범위에서 등 간격으로 나누었다.

표 16은 평가등급에 따른 지수의 범위를 나타내고 있다.

#### 4. 도시하천 평가기법의 적용

도시하천 평가기법의 적용성 검토를 위하여 하천의 규모와 정비 상태 등을 고려하여 수원천, 안양천, 중랑천을 대상 하천으로 선정하고 2007년 6월부터 9월중에 평가를 실시하였다. 수원천의 평가구간은 광고저수지 하류에 위치한 잠수

표 8. 하천주변 부문의 평가항목과 평가기준

| 평가부문       | 평가항목               | 평가내용   | 점수 | 평가기준   | 비고        |
|------------|--------------------|--|----|--|-----------|
| 하천주변<br>부문 | 하천주변<br>토지이용       | 지배적인 토지이용으로<br>인공화 정도<br>(하천제방에서 제내지<br>측으로 약 500 m구간) | 5  | 초지나 관목림 등의 자연상태  | 좌우안<br>구분 |
|            |                    |  | 4  | 경작지(논, 밭 등), 500 m내 산 있음   |           |
|            |                    |  | 3  | 대부분 경작지 혹은 산 있음, 일부구간 시가지, 주거지 혼재  |           |
|            |                    |  | 2  | 일부분 경작지, 1/2정도 시가지, 주거지  |           |
|            |                    |  | 1  | 1/2이상 시가지, 주거지   |           |
|            | 하천경관               | 인간이 선호하는<br>하천경관을<br>종합적으로 표시                          | 5  | 하천에 인공구조물이 없으며, 수질 및 유량, 식생이<br>양호하고, 자연스러운 경관을 연출하는 지역                                |           |
|            |                    |  | 3  | 인공구조물이 설치되어 있어 인공적인 느낌이 나는 구간<br>으로 주변경관과 조화, 유량 및 수질 상태, 식생, 관리가 비<br>교적 양호한 지역       |           |
|            |                    |  | 1  | 이수 및 치수만을 목적으로 인공구조물이 설치되어,<br>주변경관과의 조화를 이루지 못하며, 관리가 소홀하여<br>훼손이 심하고 수질 및 유량이 불량한 지역 |           |
|            | 하천주변 공원<br>/ 문화사적지 | 하천주변 공원의<br>존재여부                                       | 5  | 2종 이상  |           |
|            |                    |  | 3  | 1종   |           |
|            |                    |  | 1  | 없음   |           |

표 9. 동물상 부문의 평가항목과 평가기준

| 평가부문      | 평가항목        | 평가내용  | 점수 | 평가기준            |                |
|-----------|-------------|---|----|-----------------|----------------|
|           |             |   |    | 종 다양도지수         | 출현빈도 혹은 종수     |
| 동물상<br>부문 | 저서<br>무척추동물 | 저서무척추동물의 종다양도지수<br>및 환경지표종과 종수                                  | 5  | 2.0 이상          | 10종 이상         |
|           |             |   | 4  | 1.5 이상 ~ 2.0 미만 | 7~9종           |
|           |             |   | 3  | 1.0 이상 ~ 1.5 미만 | 4~6종           |
|           |             |   | 2  | 0.5 이상 ~ 1.0 미만 | 1~3종           |
|           |             |   | 1  | 0.5 미만          | 없음             |
|           | 어류          | 어류의 종다양도지수 및<br>출현종수  | 5  | 2.0 이상          | 20종 이상         |
|           |             |   | 4  | 1.5 이상 ~ 2.0 미만 | 15 ~ 19종       |
|           |             |   | 3  | 1.0 이상 ~ 1.5 미만 | 10 ~ 14종       |
|           |             |   | 2  | 0.5 이상 ~ 1.0 미만 | 5 ~ 9종         |
|           |             |   | 1  | 0.5 미만          | 0 ~ 4종         |
|           | 기타<br>하천동물  | 기타하천동물의 종다양도지수 및<br>양서류, 파충류, 조류, 출현 정도<br>(새집, 동물흔적, 굴, 발자국 등) | 5  | 2.0 이상          | 자주 눈에 띈        |
|           |             |   | 4  | 1.5 이상 ~ 2.0 미만 | -              |
|           |             |   | 3  | 1.0 이상 ~ 1.5 미만 | 드물게 눈에 띈       |
|           |             |   | 2  | 0.5 이상 ~ 1.0 미만 | -              |
|           |             |   | 1  | 0.5 미만          | 거의 없음          |
|           | 육상곤충        | 육상곤충의 종다양도지수 및<br>출현빈도와 종수                                      | 5  | 2.0 이상          | 여러종이 자주 눈에 띈   |
|           |             |   | 4  | 1.5 이상 ~ 2.0 미만 | 여러종이 드물게 눈에 띈  |
|           |             |   | 3  | 1.0 이상 ~ 1.5 미만 | 소수의 종이 자주 눈에 띈 |
|           |             |   | 2  | 0.5 이상 ~ 1.0 미만 | 드물게 눈에 띈       |
|           |             |   | 1  | 0.5 미만          | 거의 없음          |

교에서부터 세류대교까지 약 6.0 km이며, 안양천은 안양교  
에서 양화교까지 약 16.5 km, 중랑천의 평가구간은 녹천교  
에서 성동교까지 약 12 km구간을 대상으로 평가를 실시하  
였다.

4.1 수원천 평가결과

수원천의 총괄지수 평균은 3.2, 지수범위는 2.4~3.7로 나  
타났고 총괄지수 등급분포는 2등급 41%, 3등급 41%, 4등  
급 18%로 2등급과 3등급이 주를 이루었으며 1등급과 5등급

의 구간은 없었다. 제방 특성지수 등급분포는 2등급이 82%,  
3등급이 18%로 나타났고, 하천 특성지수의 등급분포는 2등  
급 18%, 3등급 61%, 4등급 3%, 5등급 18%를 보였다. 또  
한 생태환경 특성지수의 등급분포는 2등급 56%, 3등급  
23%, 4등급 3%, 5등급 18%로 1등급의 구간은 나타나지  
않았지만 2등급 구간의 비율이 50%이상인 것으로 미루어  
자연형 하천으로의 정비 후 하천생태계가 많이 회복되었음  
을 확인할 수 있다. 제방, 하상, 동물상, 식물상, 수질의 부  
문지수는 1, 2등급의 비율이 70%를 넘는 결과를 보였다.

표 10. 식물상 부문의 평가항목과 평가기준

| 평가부문        | 평가항목                     | 평가내용                  | 점수        | 평가기준             | 비고     |
|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------|------------------|--------|
| 식물상 부문      | 수생식물                     | 수생식물의 존재와 다양성 정도      | 5         | 다양하고 무성함         |        |
|             |                          |                       | 4         | 다양하고 무성하지 않음     |        |
|             |                          |                       | 3         | 다양하지 않고 무성함      |        |
|             |                          |                       | 2         | 다양하지 않고 무성하지 않음  |        |
|             |                          |                       | 1         | 없음               |        |
|             | 초본식물                     | 초본식물의 번무정도와 다양성 정도    | 5         | 다양하고 무성함         | 좌우안 구분 |
|             |                          |                       | 4         | 다양하고 무성하지 않음     |        |
|             |                          |                       | 3         | 다양하지 않고 무성함      |        |
|             |                          |                       | 2         | 다양하지 않고 무성하지 않음  |        |
|             |                          |                       | 1         | 없음               |        |
|             | 목본식물                     | 하변림의 차폐율              | 5         | 완전한, 90% 이상      | 좌우안 구분 |
|             |                          |                       | 4         | 경미하게 다공성, 70~90% |        |
|             |                          |                       | 3         | 다공성, 30~70%      |        |
|             |                          |                       | 2         | 과도하게 없는, 10~30%  |        |
|             |                          |                       | 1         | 없는, 10% 미만       |        |
|             | 대상분포                     | 대상분포의 교란정도와 외래종의 서식정도 | 5         | 매우 낮은 교란         |        |
|             |                          |                       | 4         | 낮은 교란            |        |
|             |                          |                       | 3         | 적당히 교란           |        |
|             |                          |                       | 2         | 높은 교란            |        |
|             |                          |                       | 1         | 매우 높은 교란         |        |
| 식생의 종방향 연속성 | 홍수터 및 수변식생의 종방향 배열의 연속정도 | 5                     | 연속적인      | 좌우안 구분           |        |
|             |                          | 4                     | 부분적으로 연속됨 |                  |        |
|             |                          | 3                     | 규칙적인 간격배치 |                  |        |
|             |                          | 2                     | 불규칙적 분리   |                  |        |
|             |                          | 1                     | 없음        |                  |        |

반대로 하천 주변의 부문지수는 4, 5등급의 비율이 70%가 넘었고, 비인공화 정도, 저수로변과 홍수터 부문지수는 4, 5등급의 비율이 60%를 넘는 것으로 나타났다. 1등급의 비율이 가장 높게 나타난 부문은 하상부문으로 약 49%이었고, 5등급의 비율이 가장 높게 나타난 부문은 하천주변으로 5등급의 비율이 약 80%이었다. 그림 3은 수원천의 조사구간에 따른 10개 평가부문지수와 총괄지수를 나타내고 있다. 지동시장에서 매교삼거리까지(조사구간 18~24) 약 1.0 km구간은 북개구간으로 총괄지수가 4등급으로 대부분의 항목지수가 낮게 평가되었다. 수원천 조사구간의 대부분은 굴입식 하도이고, 제방사면은 사석을 축조하고 콘크리트로 고정한 형태로 침식이나 붕괴의 가능성은 매우 낮게 평가되었다. 수로는 저수로 폭은 다양하지만 사행이 미소하고, 중·횡사주가 크게 발달하지 않은 것으로 나타났다. 흐름은 여울과 소가 잘 발달되고 유속과 수심이 다양하였고, 수면폭/하천폭 비가 좋은 것으로 평가되었다. 하상은 저질이 다양하고, 하상재료의 유형 또한 호박돌, 자갈 등이 지배적이었다. 그러나 약 250 m간격으로 교량이 존재하여 비인공화 정도 부문지수가 진동하는 결과를 보였고, 홍수터에서 콘크리트로 된 산책로가 상대적으로 높은 비를 차지하는 것으로 나타났다. 수원천은 수원시를 관통하는 하천으로 주변이 대부분이 시가지 및 주거지로 이루어져 있어 하천주변 부문지수는 낮게 평가되었다. 수질은 양호하였으며, 식생은 수생, 초본식물이 다양하고 무성하였으나 대상수림의 차폐율은 낮은 것으로 평가되었다.

그림 4는 평가부문의 평균지수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 제방, 하상, 동물상 등의 부문지수가 높고, 수로와 비인공화 정도, 하천주변의 부문지수가 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있다.

#### 4.2 안양천 평가결과

안양천의 평균 총괄지수는 3.3, 지수범위는 3.0~3.7로 나타났다 총괄지수 등급분포는 2등급 24%, 3등급 76%로 대부분의 평가구간이 3등급을 나타냈으며, 1등급과 4, 5등급의 구간은 없었다. 제방 특성지수 분포는 2등급이 94%, 3등급이 6%로 나타났다, 하천 특성지수의 등급분포는 3등급 92%, 4등급 9%를 보였다. 또한 생태환경 특성지수의 등급분포는 2등급 10%, 3등급 84%, 4등급 6%로 1등급과 5등급의 구간은 나타나지 않았다. 제방, 하상, 수질의 3개 부문지수는 1, 2등급의 비율이 80%를 넘는 결과를 보였다. 반대로 저수로변과 홍수터, 하천주변, 동물상의 부문지수는 4, 5등급의 비율이 90%가 넘는 것으로 나타났다. 1등급의 비율이 가장 높게 나타난 부문은 수원천과 같은 하상부문으로 1등급의 비율이 약 22%이었고, 5등급의 비율이 가장 높게 나타난 부문 또한 수원천의 결과와 같은 하천주변으로 5등급의 비율이 약 73%이었다. 그림 5는 안양천의 조사구간에 따른 평가부문지수와 총괄지수를 나타내고 있다. 안양천의 수로는 중·횡사주가 잘 발달되어 있고 안양교에서 충훈2교 사이(조사구간 5~12)구간은 박석교와 충훈교를 지나면서 형

표 11. 수질부문의 평가항목과 평가기준

| 평가부문  | 평가항목         | 평가내용                 | 점수       | 평가기준                     | 비고 |
|-------|--------------|----------------------|----------|--------------------------|----|
| 수질 부문 | 부착미생물        | 미생물의 번식정도            | 5        | 바위나 조약돌의 표면이 깨끗함         |    |
|       |              |                      | 4        | 수중 바위나 자갈이 약간 미끄러움       |    |
|       |              |                      | 3        | 바위이나 조약돌의 표면에 미생물 군체     |    |
|       |              |                      | 2        | 일부 하상에 걸레모양의 미생물 존재      |    |
|       |              |                      | 1        | 대부분의 하상에 걸레모양의 미생물 존재    |    |
|       | BOD          | 생물학적 산소요구량           | 5        | 1 등급                     |    |
|       |              |                      | 4        | 2 등급                     |    |
|       |              |                      | 3        | 3 등급                     |    |
|       |              |                      | 2        | 4 등급                     |    |
|       |              |                      | 1        | 5 등급 이하                  |    |
|       | 물의 색         | 물의 혼탁정도 (색 및 혼탁원인)   | 5        | 맑음, 수중물질 또는 암석에 얽은 막이 없음 |    |
|       |              |                      | 4        | 흐리지만 바닥이 보임              |    |
|       |              |                      | 3        | 흐리지만 자연발생적인 요인           |    |
|       |              |                      | 2        | 오염물에 의해 흐림               |    |
|       |              |                      | 1        | 매우탁하거나, 진흙탕, 과도한 오염물     |    |
|       | 부유물          | 물표면에 떠다니는 물질의 종류 및 수 | 5        | 없거나 자연물질                 |    |
|       |              |                      | 4        | 거품                       |    |
|       |              |                      | 3        | 거품을 제외 1가지               |    |
|       |              |                      | 2        | 2가지                      |    |
|       |              |                      | 1        | 3가지 이상                   |    |
|       | 물의 냄새        | 물의 냄새의 존재와 정도        | 5        | 없음                       |    |
|       |              |                      | 3        | 보통                       |    |
|       |              |                      | 1        | 악취                       |    |
|       | 햇빛 차단정도      | 수표면의 그늘진 정도          | 5        | 25% 미만                   |    |
|       |              |                      | 4        | 25~50%                   |    |
|       |              |                      | 3        | 50~75%                   |    |
|       |              |                      | 2        | 75% 이상                   |    |
|       |              |                      | 1        | 복개구간                     |    |
| 하수유입  | 구간 내 하수유입 여부 | 5                    | 없음       |                          |    |
|       |              | 3                    | 우천시 하수유입 |                          |    |
|       |              | 1                    | 상습적 하수유입 |                          |    |

표 12. 전문가 설문조사 응답자 수

| 구분    | 공무원 | 연구원 | 교수  | 실무자 | 공사 | 계   |
|-------|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| 응답자 수 | 3명  | 9명  | 30명 | 22명 | 6명 | 70명 |

표 13. 3개 특성간 가중치 산정결과

| 특성  | 제방 특성 | 하천 특성 | 생태환경 특성 | 합계   |
|-----|-------|-------|---------|------|
| 가중치 | 0.46  | 0.33  | 0.21    | 1.00 |

성되는 만족수로의 굴곡도가 높게 나타났다. 그러나 하류부에서는 저수로의 사행이 미소하였고 흐름 또한 다양하지 못

표 15. 생태환경특성의 평가부문간 가중치 산정 결과

| 평가부문 | 하천주변 | 동물상  | 식물상  | 수질   | 합계   |
|------|------|------|------|------|------|
| 가중치  | 0.28 | 0.12 | 0.17 | 0.43 | 1.00 |

한 것으로 평가되었다. 하상은 상류부에서는 저질이 다양하고 유형은 호박돌, 자갈 등이 지배적이었다. 조사구간의 상류부는 주변이 산지이거나 경작지로 활용되고 있으나 중·하류부는 서울시내를 관통하여 불투수 면적 비와 인구밀도가 높아 비인공화 정도가 낮은 것으로 평가되었다. 홍수터 곳곳이 생태보호구역으로 지정되어 있어 초본식물과 목본식

표 14. 하천특성의 평가부문간 가중치 산정 결과

| 평가부문 | 수로   | 흐름   | 하상   | 비인공화 정도 | 저수로변과 홍수터 | 합계   |
|------|------|------|------|---------|-----------|------|
| 가중치  | 0.19 | 0.25 | 0.15 | 0.14    | 0.27      | 1.00 |

표 16. 도시하천평가 등급 분류기준

| 평가 등급    | I             | II            | III           | IV            | V             |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 지수(I) 범위 | 4.2 < I ≤ 5.0 | 3.4 < I ≤ 4.2 | 2.6 < I ≤ 3.4 | 1.8 < I ≤ 2.6 | 1.0 < I ≤ 1.8 |

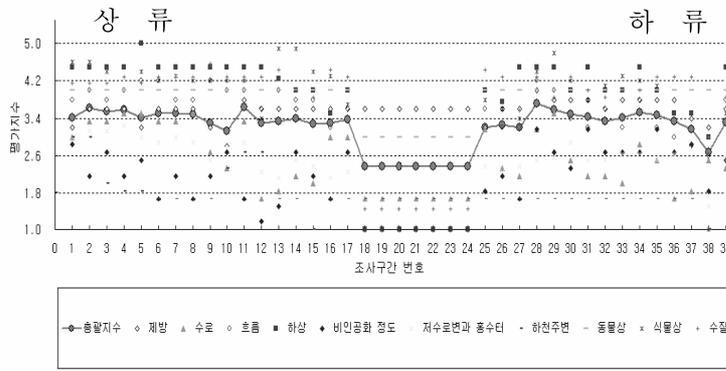


그림 3. 수원천 총괄지수 및 평가부문 지수 분포

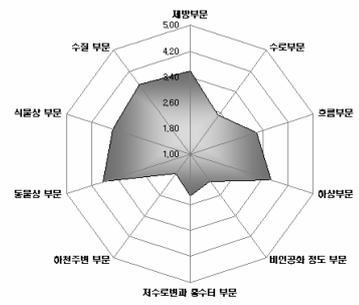


그림 4. 수원천 평가부문별 평균지수

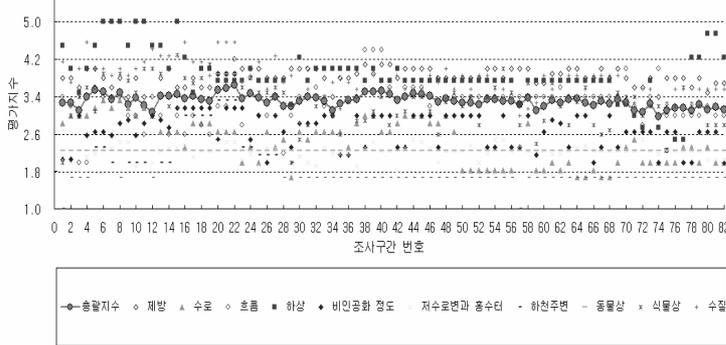


그림 5. 안양천 총괄지수 및 평가부문 지수 분포

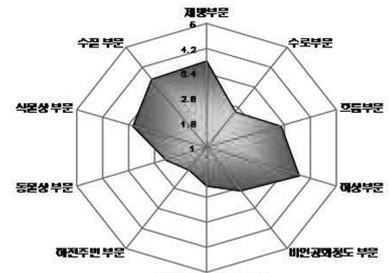


그림 6. 안양천 평가부문별 평균지수

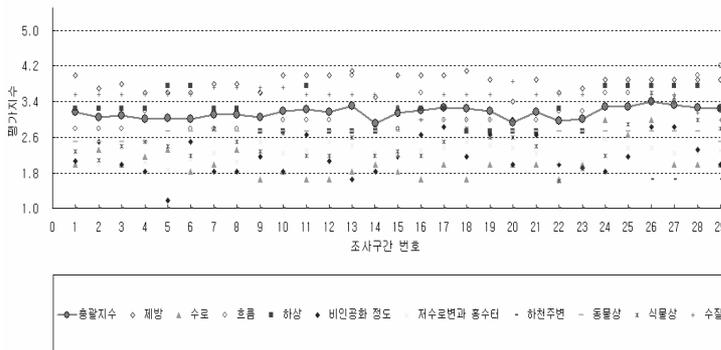


그림 7. 중랑천 총괄지수 및 평가부문 지수 분포

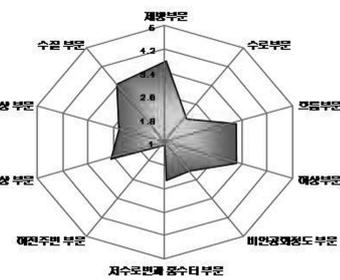


그림 8. 중랑천 평가부문별 평균지수

물이 높게 평가되었다. 수질부문은 어류의 서식에 충분한 30 cm이상의 수심을 확보한 구간이 많았고, BOD는 2006년 평균값이 구군포교와 비산대교에서 3등급으로 나타났고, 석수동 동아제약을 지나면서 5등급으로 수질이 떨어지는 것으로 조사되었다. 그림 6은 안양천 평가부문의 평균지수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 제방, 수질, 하상 등의 부문지수가 높고, 수로와 하천주변의 부문지수가 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있다.

#### 4.3 중랑천 평가결과

중랑천의 경우 평균 총괄지수가 3.2였고, 지수범위는 2.9~3.4로 나타났고 총괄지수 등급분포가 2등급 4%, 3등급 97%로 대부분의 평가구간이 3등급을 나타냈고, 1등급과 4, 5등급의 구간은 없었다. 제방 특성지수분포는 2등급이 97%, 3등급이 4%로 나타났고, 하천 특성지수의 등급분포는 3등급

38%, 4등급 62%를 보였다. 또한 생태환경 특성지수의 등급 분포는 3등급 31%, 4등급 69%로 1등급 2, 5등급의 구간은 나타나지 않았다. 그림 7은 중랑천의 조사구간에 따른 평가 부문지수와 총괄지수를 나타내고 있다. 중랑천의 수로는 저수로의 굴곡도가 낮고 폭 다양성이 미소한 것으로 조사되었다. 어류가 서식하기에 충분한 수심을 갖추었고 수면폭/하천 폭 비 또한 매우 좋은 것으로 평가되었다. 그러나 유속과 수심이 다양하지 못하고 흐름의 다양성도 경미한 것으로 나타났다. 중랑천의 하상은 모래가 지배적이었고, 전형적인 도시하천으로 불투수면적 비와 인구밀도가 높아 비인공화 정도의 부문지수가 낮게 평가되었다. 중랑천의 홍수터는 자전 거로와 산책로가 잘 구성되어 있어 친수접근성이 좋은 것으로 나타났다. 하천주변은 모두 시가지 및 주거지로 이루어져 있고 양안의 홍수터가 차도로 이용되고 있어 하천경관은 인공적인 느낌 강하게 드는 구간이 대부분이었다. 식생의 번무

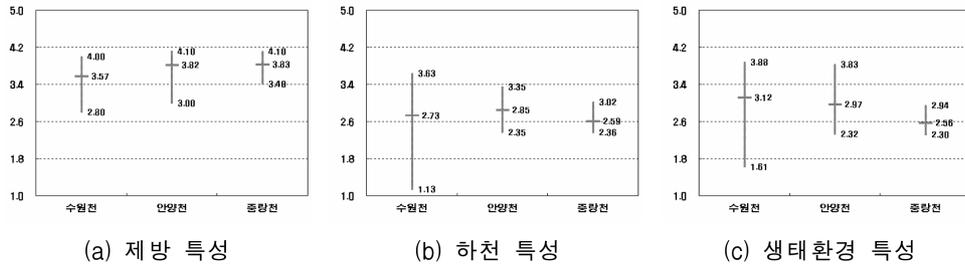


그림 9. 하천별 특성지수의 범위와 평균치

정도가 빈약하여 전체적으로 식물상의 부문지수가 낮게 평가되었다. 수질은 BOD가 전체 조사구간에서 5등급으로 나타났고, 일부구간에서는 쓰레기, 기름띠 등의 부유물이 발견되었다. 그림 8은 중랑천 평가부문의 평균지수를 방사형 그래프로 나타낸 것이다. 제방, 흐름, 하상 등의 부문지수가 높고, 수로와 하천주변, 식물상의 부문지수가 상대적으로 낮은 것으로 평가되었다.

#### 4.4 비교 및 고찰

그림 9(a)는 수원천, 안양천, 중랑천 세 하천의 제방특성지수의 범위와 평균값을 나타내고 있다. 세 하천 모두 제방특성은 평균이 2등급으로 높은 평가를 받았다. 이는 세 하천이 치수적인 안전성 확보를 위한 요건은 갖추고 있다는 의미로 이해 할 수 있으며, 치수적 측면에서 절대적으로 안전하다는 의미는 아니다. 그림 9(b)에서 나타나듯이 세 하천 중 하천 특성은 안양천의 평균이 2.9, 3등급의 비율이 92%로 수원천(2.7), 중랑천(2.6)보다 높게 평가되었다. 이는 안양천 상류부의 저질의 다양성과 전체 조사구간에 잘 발달되어 있는 사주의 영향으로 흐름 또한 다양하게 나타나는 결과로 판단되고, 수원천의 경우도 다양한 하상과 저질유형으로 흐름이 다양하여 2등급과 3등급 구간의 비율이 82%로 나타났다. 수원천과 안양천 두 하천 모두 저수로의 굴곡도가 낮고, 저수로 측방침식이 제한적이며, 반복적으로 존재하는 교량의 영향으로 1등급의 구간은 나타나지 않았다. 중랑천은 수원천과 안양천에 비해 수로부문이 취약하고 대부분이 모래하상으로 이루어져 있어 세 하천 중 하천 특성지수가 가장 낮은 것으로 평가되었다. 그림 9(c)는 세 하천의 생태환경 특성지수의 범위와 평균값이다. 다양한 수생식물이 자생하고 있는 수원천이 동물상과 식물상 부문에서 높게 평가되어 평균 3.1, 지수범위 1.6~3.9로 가장 높은 결과를 보였다. 중랑천은 하천주변 부문에서 특히 낮은 평가 결과를 보였는데, 양안의 홍수터가 차도로 이용되고 있어 하천경관의 항목 지수가 수원천과 안양천에 비교하여 낮기 때문이다.

수원천과 안양천에서는 1등급의 비율이 가장 높은 부문은 하상부문(수원천: 48.72%, 안양천: 21.95%)이었고, 중랑천에서는 부문지수가 1등급으로 평가된 구간은 나타나지 않았다. 세 하천 모두 수질 부문지수가 높은 결과를 보이는데, 강우 이후 조사를 실시하여 하천에 늘어난 유량이 물의 색, 부유물, 물의 냄새를 평가하는데 있어 긍정적인 영향을 주었을 것으로 판단된다. 또한 5등급의 비율이 가장 높은 부문은 세 하천이 모두 하천주변으로 나타났다. 세 하천 모두 도심을 통과하고 있어 하천주변의 토지이용이 대부분은 시가지

나 주거지이고, 경관은 인공적인 요소가 많은 도시하천의 특성이 반영된 결과라고 할 수 있다.

세 하천 모두가 하천 내에서 부문별 등급분포 특성이 다르게 나타나는데 이를 통해 각각의 부문이 하천의 상이한 내용을 설명하는 것으로 판단된다. 또한 동일 부문의 등급분포 특성이 대상하천에 따라 전혀 다른 양상을 보이는데 이는 각 하천의 특성이 평가에 반영된 결과라고 할 수 있다. 총괄지수와 특성지수, 부문지수의 등급이 모두 정규분포를 보이지는 않았고, 동일하천 내에서 또는 대상하천에 따라 평가지수들의 등급분포 특성이 상이한 것으로 미루어 평가대상의 특성을 도시하천 평가기법이 잘 반영하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 하천특성에 따른 변별력을 갖춘 진단적 성격의 평가수단으로써 적용이 가능하고, 하천평가결과를 통하여 하천이 변형되고 훼손된 부분과 정도의 파악이 용이하여 하천복원의 필요성을 인식하는 과정에서 하천평가정보가 기초자료로 활용 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 하천평가 정보를 활용함으로써 대조하천의 평가결과와 비교하여 실제 복원계획 단계에서 등급을 제시하는 등의 복원목표를 설정할 수 있고, 사업 후에는 복원에 따른 성과를 가지적으로 검증할 수 있으며, 지속적인 모니터링을 통하여 복원된 하천의 후속적인 보완과 유지관리 시 필요한 기초자료로써 활용이 가능할 것으로 판단된다.

#### 5. 결 론

본 연구에서는 국내·외의 하천평가방법들을 조사하고, 도시하천의 특성을 고려하여 도출된 평가인자를 제방특성, 하천특성, 생태환경특성으로 나누어 평가 할 수 있는 도시하천 평가기법을 개발하였다. 3개 특성의 하위단계 구성요소를 제방, 수로, 흐름, 하상, 비인공화 정도, 저수로변과 홍수터, 하천주변, 동물상, 식물상, 수질로 총 10개 평가부문, 53개 평가항목으로 구분하여 평가기법을 구체화하였다. 도시하천 평가기법의 3개 특성간, 10개 평가부문간 가중치 산정을 위하여 하천전문가, 실무자, 공무원 등을 대상으로 설문조사를 실시하였고, 가중치를 산정하였다. 가중치 산정결과 3개 특성간에서는 제방 특성의 가중치가 0.46으로 가장 컸고, 하천 특성은 0.33, 생태환경 특성은 0.21이었다. 평가부문간 가중치는 하천 특성에서는 저수로변과 홍수터 부문이 0.27, 생태환경 특성에서는 수질 부문이 0.43으로 가장 크게 산정되었다.

도시하천 평가기법의 적용성 검토를 위하여 선정된 대상하천을 평가한 결과, 수원천의 총괄지수 평균은 3.20이고 지수 범위는 2.37~3.72로 나타났다. 안양천의 평균 총괄지수는

3.32, 지수범위는 2.98~3.66으로 나타났고, 중랑천의 경우 평균 총괄지수가 3.16이었고, 지수범위는 2.92~3.41로 나타났다. 수원천은 하상, 수질, 식물상 등 5개 부문의 평균부문지수가 2등급으로 높게 평가되었고, 하천주변, 비인공화 정도, 수로부문은 4~5등급으로 낮게 평가 되었다. 안양천은 하상(3.87), 제방(3.82), 수질 부문(3.76)이 2등급으로 높게 평가되었고, 하천주변 부문과 저수로변과 홍수터 부문이 1.87과 2.22로 낮게 평가되었다. 중랑천의 경우 제방(3.83), 수질부문(3.52)이 높게 평가 되었으며, 하천주변, 수로, 비인공화 정도 부문이 낮게 평가되는 결과를 보였다.

세 하천의 평가지수들의 등급분포 특성이 동일하천 내에서 또는 대상하천에 따라 상이한 결과를 보여 본 연구에서 개발된 도시하천 평가기법이 하천에 따른 변별력을 갖추었고, 동일하천 내에서 평가하고자 하는 내용이 잘 반영되어 있는 것으로 판단된다. 그러나 현장조사를 실시할 경우에는 하천의 형태와 생태를 가장 잘 파악할 수 있는 조사시점을 결정하는데 주위가 필요하고, 평가정보의 가치를 높이기 위하여 평가항목들 사이의 상호 연관성 및 독립성에 대한 조사·분석과 이를 가중치에 반영하는 부분에 대한 연구가 더 필요하다.

### 참고문헌

김동찬, 박익수(1999) 생태환경복원을 위한 하천자연도 평가기준에 관한 연구, **한국정원학회지**, 한국전통조경학회, 제17권, 제3호, pp. 123-134.  
 김석규(2006) **자연친화적 하천정비 사업의 평가방법에 관한 연구**, 박사학위논문, 호남대학교.  
 박봉진, 성영두, 강태호(2003) 우리나라 하천특성을 고려한 하천자연도 평가의 제안, **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, Vol. 36, No. 6 pp. 92-103.  
 서울시정개발연구원(1996) **자연형하천으로의 정비방안 연구**, 연구보고서, 서울시정개발연구원.  
 안명균(2006) 자연형 하천복원 과정의 문제점과 과제, **환경운동연합 토론회 자료집**.

윤세의, 이준호(2003) 하천복원을 위한 하천평가기법의 적용성 연구, **한국방재학회논문집**, 한국방재학회, 제3권, 제4호, pp. 131-143.  
 이상호(2000) 안양천의 자연형하천 설치 구간 선정에 관한 하천평가 기법 적용에 관한 연구, **산업과학연구**, 제9호, pp. 1-12.  
 정경진(1996) **GIS를 활용한 하천 자연도 평가에 관한 연구**, 석사학위논문, 경원대학교.  
 조용현(1997) **생태적복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법개발**, 박사학위논문, 서울대학교.  
 최계봉, 권혁수, 김동조(1997) 복수대안의 의사결정 문제와 AHP, **산업연구**, 제9집, pp. 517-533.  
 환경부(2002) **하천복원 가이드라인**, 환경부.  
 建設省 東北地方建設局(1994) 東北の自然豊かな川づくり - 近自然化河道改修計画検討マニュアル.  
 Boon, P.J. (1992) Essential Elements in the Case for River Conservation, *River Conservation Management*, John Wiley & Sons, pp. 11-34.  
 Collier, K.J. and McColl, R.H.S. (1992) Assessing the Natural Value of Newzealand Rivers, *River Conservation Management*, New York : John Wiley & Sons, pp. 195-211  
 Fry, J.S., Frederick R., and Green, D.M. (1994) Riparian Evaluation and Site Assessment in Arizona, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 28, pp. 179-199.  
 Mark, P.T., Sophia, F., Amylia, F., and Peter, D. (2004) A Rapid Riparian Assessment Tool for Local Council Urban Creek Assessment, *Fourth Australian Stream Management Conference*, Australia, pp. 1-6.  
 Leopold, L.B. (1972) *Human Identity in the Urban Environment*, Harmondsworth, England, *Landscape Aesthetics*, Penguin Books, pp. 89-105.  
 National River Authority (1992) *River Corridor Surveys*, Bristol: NRA.  
 Ratcliffe, D.A. (1977) *A Natural Conservation Review*, Vol. 1 and 2, Cambridge University.  
 Spellerberg, I.F. (1992) *Evaluation and Assessment for Conservation*, Champman & Hall.  
 USDA (1999) Stream Visual Assessment Protocol, *National water and climate center technical note 99-1*.

(접수일: 2008.2.4/심사일: 2008.3.7/심사완료일: 2008.3.15)