

## 도시하천 하도구조와 경관의 계절변화

- 춘천시 공지천을 중심으로 -

조 현 길 · 한 갑 수\*

강원대학교 산림경영 조경학부 · 강릉대학교 환경조경학과  
(2005년 5월 31일 접수; 2005년 8월 14일 채택)

## Seasonal Changes in Structure and Landscape of Urban Stream Corridor

- In the Case of Gongji Stream in Chuncheon -

Hyun-Kil Jo and Gab-Soo Han\*

*Division of Forest Management and Landscape Architecture, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea*

*\*Department of Landscape Architecture, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea*

*(Manuscript received 31 May, 2005; accepted 14 August, 2005)*

The purpose of this study is to analyze seasonal changes in structure and landscape of Gongji stream corridor in Chuncheon, and to suggest some guidelines to contribute to creating a desirable close-to-nature stream. The study seasonally surveyed floodplain and revetment conditions, channel micro-topography, streamflow level and velocity, and vegetational cover. Flooding, water level, and vegetation were major factors of affecting seasonal changes in streambed structure and stream landscape. Small sand bars and islands were considerably disturbed by flooding and water level change. However, large islands and sand bars in the upper and middle section of the study stream remained or reappeared even after flooding. Flooding also tended to repeat channel sedimentation at the same spot. Controlling water volume of the Euam Lake, which is adjacent to the study stream, caused higher water level downstream in the dry seasons. The majority of vegetation in sand bars and islands was washed away by the floods. Vehicle passing, crop cultivation, and ball game were other elements which disturbed vegetation in the floodplain. Creating a close-to-nature stream should reflect micro-topographical changes of channel by flooding, prevent improper vehicle entry and human use, and remove concrete material in the revetment and floodplain.

Key Words : Close-to-nature stream, Channel micro-topography, Streamflow level, Vegetation

### 1. 서 론

자연환경 요소가 점차 사라지고 인공환경 요소가 지배적인 도시에서, 하천은 생물다양성, 그린네트워 크로서 커다란 기회요소일 뿐만 아니라 생태적으로도 매우 중요한 영역 중의 하나이다. 도시하천은 산

업화 및 도시화 과정에서 현저하게 오염되었으며, 국내 하천관리와 정비는 1990년대 중반까지 하천생태계를 무시한 채 이수 및 치수 측면에 중점을 두어 왔다. 즉, 홍수소통을 원활히 유지하기 위해 하천선형을 콘크리트로 직강화하면서 제방을 축조하고, 하천수 이용 차원에서 댐, 보, 수문 등의 수리시설물을 만들었다. 이러한 이치수 위주의 하천관리와 정비는 수질자정, 생물서식, 경관 등 하천의 환경적 기능을 훼손하는 결과를 초래하였다.

최근, 하천의 이치수 기능뿐만 아니라 환경보전,

Corresponding Author : Hyun-Kil Jo, Division of Forest Management and Landscape Architecture, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea  
Phone: +82-33-250-8345  
E-mail: jhk@kangwon.ac.kr

경관조성, 레크리에이션 등 생태 및 친수공간으로서의 하천복구에 대한 사회적 관심도가 증가하고 있다. 하천정비는 수질자정 능력을 회복하고 생물과 사람이 함께 공존할 수 있는 친자연적인 방향으로 추진되어야 한다는 공감대가 형성되고 있다. 국내에서는 1990년대 중반 이후 도시하천을 중심으로, 비록 생물서식이나 수질자정 보다는 친수기능에 비중을 두긴 했지만 자연형 하천을 표방한 하천정비 사업이 추진되었다. 그 대표적인 사례가 서울시의 양재천, 중랑천, 우이천, 홍제천, 탄천 및 정릉천과 수원 의 수원천 등이다<sup>1-6)</sup>.

하천의 환경적 복원과 관련한 국내의 연구는 다음을 예로 들 수 있다. 하천자연도 평가에 관한 연구로는 하천의 물리적 구조의 질적인 진단 및 파악을 위한 평가기법에 관한 연구<sup>7)</sup>, 수원천을 대상으로 하천의 자연도를 평가한 연구<sup>8)</sup> 등이 존재하며, 하천 식물과 관련한 연구로는 수입천과 안양천을 대상으로 식물생태계 구조를 조사한 연구<sup>9)</sup>, 남한강을 중심으로 한 하천식물의 종 구성 및 하천형태에 따른 군락의 구조에 관한 연구<sup>10)</sup>, 한강수계를 대상으로 하천의 지형학적 특성과 식물종수 변화에 관한 연구<sup>11)</sup> 등이 보고된 바 있다. 하천의 물리적 경관에 관한 연구는 자연하천의 형성과정과 경관 특성에 관한 연구<sup>12)</sup>, 수입천의 하반식생의 자연도 및 경관분석에 관한 연구<sup>13)</sup>, 하천에 대한 시각적·물리적 평가는 대구시 신천을 대상으로 하천의 유속구도를 통한 시각적·심리적 평가구조를 파악한 연구<sup>14)</sup>와 금강유역의 하천경관 유지를 위한 하천수 유지수량 산정에 관한 연구<sup>15)</sup> 등을 들 수 있다. 하천의 환경적 기능을 재생시키고 자연하천에 가까운 하천지형의 복구를 위해서는 하천지형 형성과정의 이해를 통해 자연적 하천지형 기반의 복구가 선행되어야 한다. 그러나, 기존의 하천복원을 위한 모니터링 연구로는 양재천을 대상으로 저수로 호안공법을 적용하고 식생을 모니터링한 연구<sup>16)</sup>와 식물상 변화를 조사한 연구<sup>17)</sup>, 둔천동 생태계보전지역을 대상으로 한 자연생태계 모니터링 연구<sup>18)</sup> 등과 같이 하천식생에 관한 연구가 주류를 이루고, 하천지형과 경관변화에 대한 주기적인 파악과 관련한 연구는 미흡한 실정이다.

춘천시에서는 주요 도시하천인 공지천을 대상으로 수질자정능력 향상, 생물다양성 확보 및 친수기회 증대를 추구하는 자연친화형 하천조성 사업을 추진하고 있다<sup>19)</sup>. 본 연구의 목적은 공지천의 둔치 및 하안상태, 저수로 미지형, 수심 및 유속, 식생피도 등을 포함하는 하도구조와 경관을 계절별로 조사 분석하고, 바람직한 자연친화형 하천조성에 기여할 지침을 제시하는 것이다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구대상지

연구대상지는 춘천시의 석사동에서 강남동 방향으로 흘러 의암호로 유입되는 지방2급하천인 공지천이다. 공간적 범위는 거두천이 합류하는 거두교부터 의암호 유입 전 호반교까지 연결되는 구간으로서, 그 유로 연장은 총 3.5km이다(Fig. 1 및 2 참조). 본 연구에서 상류부는 거두교~남춘천교 구간, 중류부는 남춘천교~공지교 구간, 그리고 하류부는 공지교~호반교 구간을 지칭한다.

### 2.2. 조사방법

연구대상 구간의 저수로 하상, 하안, 둔치, 제방, 하천시설물 등을 포함하는 하천구조 및 경관을 계절별로 실시하였다. 즉, 사주, 중도, 퇴적, 세굴 등 하천 미지형의 변화를 계절별로 실측하여 도면화하고, 유수 및 식생경관의 계절변화를 사진촬영을 통해 모니터링하였다. 공지천의 자연친화형 하천조성 기본계획<sup>19)</sup>에 근거하여 여울 및 소 도입지점을 선정하고, 수심이 대부분 상대적으로 얇은 총 14개 지점의 계절별 수위와 유속을 측정하였다(Fig. 2). 상류, 중류 및 하류를 대표하는 총 5개의 임의 지점에서 하상재료를 표본 채취하여 체분석을 통해 토양입도를 파악하였다.

홍수 전후 식생피도의 변화를 조사하기 위해, 선형대상법을 적용하여 폭 3m의 벨트를 연구대상 구간의 각 교량 사이에 상, 중, 하류로 등분하여 2~3개소씩, 총 14개의 조사벨트를 설치하였다(Fig. 2). 각 벨트에는 환경구배를 고려하여 제방, 둔치, 하안, 사주, 중도 등의 위치에 폭 3m×길이 1m의 방형구를 6~8개씩 설치하였다. 그리고, 홍수 전 6월, 홍수 후 9월, 10월에 걸쳐 총 3회 환경구배에 따른 식생피도의 변화를 조사하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 둔치 및 저수로 구조

공지천은 춘천시 동내면 수리봉(해발 644.9m)과 대룡산(해발 899.0m)에 수원을 두고, 유역 상류부에서는 산림과 농경지를, 중하류부에서는 비교적 평탄한 시가지가 유하며 형성된 도시하천으로서, 유역 면적은 약 54.7km<sup>2</sup>이다(Fig. 1). 상류부의 거두교~남춘천교 제방은 콘크리트 수직옹벽이고, 저수로 일부 구간에 여울과 사행저수로가 분포하였다(Table 1). 둔치는 정비되어 평지를 이루고 있으며, 침식 면적이 타 구간에 비해 넓게 분포하였다.

중류부 남춘천교~공지교의 북측 제방은 콘크리트 석축이며 제방상부에 협소한 도로가 분포하고 있었다. 남측 제방사면은 콘크리트 블록과 자연유입

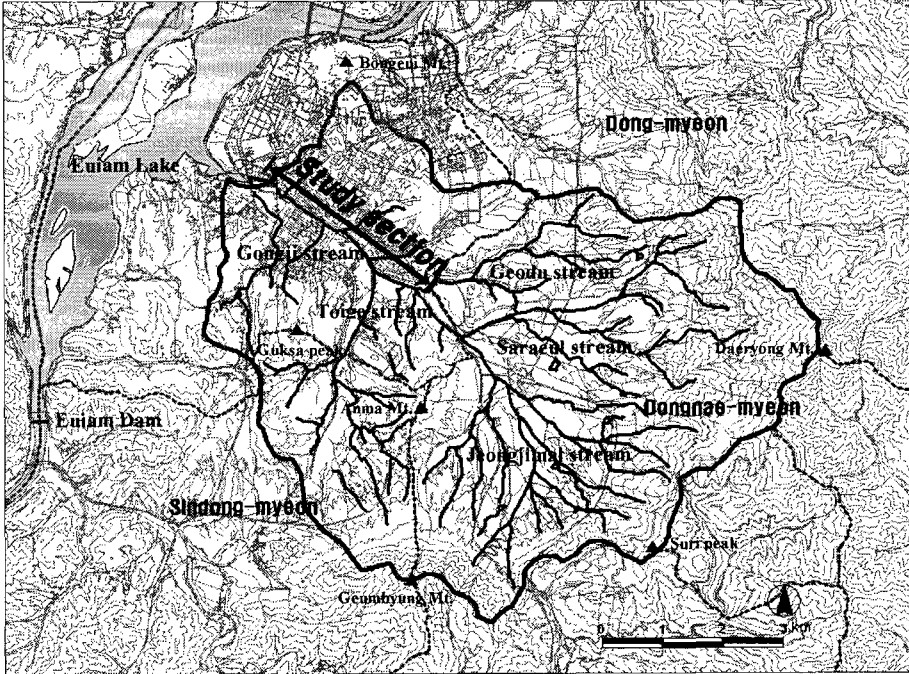


Fig. 1. Study section and watershed of Gongji stream.

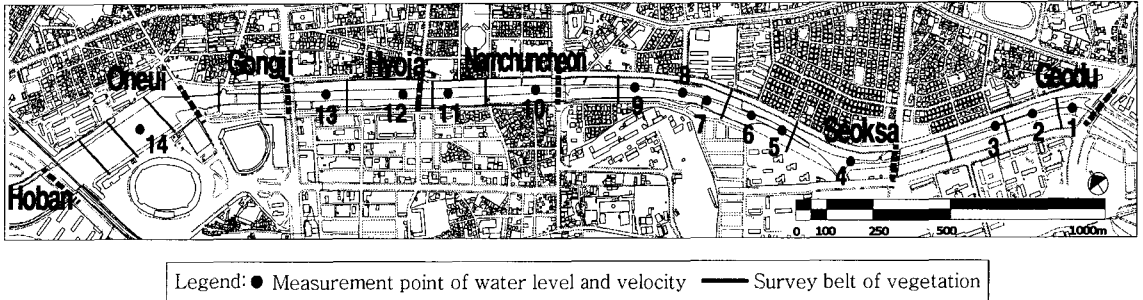


Fig. 2. Survey points and bridge location in study section.

된 식생으로 구성되어 있고, 제방상부에는 주차장이 조성되어 있었다. 저수로 하안은 콘크리트 블록으로 직강화되어 있는데, 퇴적에 의해 자연적으로 사주, 중도, 사행저수로 등이 분포하였다. 둔치는 인공적 정비로 평지화되었으며 일부는 나지 주차장으로 이용되고 있었다.

하류부의 공지교~호반교 제방사면은 콘크리트 블록과 자연유입된 식생으로 구성되어 있었다. 이 구간 내 공지교~온의교 둔치에는 콘크리트 주차장이 분포하였다. 온의교~호반교 구간의 남측에는 퇴적에 의해 저수로의 약 1/2에 해당하는 면적이 습지를 형성하고, 버드나무류를 포함한 습생 및 수생식물이 자연 유입되어 양호한 자연식생경관을 연출하

였다. 이 자연퇴적습지 구간을 제외한 저수로 하안은 콘크리트 수직옹벽이었다. 저수로 하상에는 퇴적된 모래가 우점하였고 사주, 중도, 사행저수로, 사수 등이 형성되어 있었다.

### 3.2. 하천경관의 계절변화

하천경관의 이미지를 좌우하는 주요 시각요소는 식생, 물, 미지형, 하천시설물 등이었다(Fig. 3). 녹지가 부족한 도심에서 하천의 자연식생경관은 도심과 자연을 연결하는 주요 생태통로 및 그린네트워크로서 중요한 잠재력을 보유한다. 풍부한 식생과 계절변화, 적당한 유량 및 양호한 수질은 야생동물 서식기회 증진 등 하천의 건전한 생태환경을 조성할 뿐만 아니라, 하천의 자연성과 경관의 질을 증진

Table 1. Structural characteristics of stream corridor by subsection between bridges

Subsection	Width (m)	Streambed slope		Levee	Floodplain	Baseflow channel
	Length (m)	Floodplain	Baseflow channel			
Geodu ~ Seoksa	45	1/140	1/118	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concrete vertical retaining wall</li> <li>Height 3.2~5.6m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width: North 16~17m South 17~20m</li> <li>Eroded by flood at both sides of drop-structure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width 7~12m</li> <li>Revetment: Riprap, height 0.9~2.5m</li> <li>Sand bar, island, riffle, and pool formed naturally</li> <li>Drop-structure and weir built</li> </ul>
	671					
Seoksa ~ Namchuncheon	45~71	1/284	1/315	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concrete vertical retaining wall</li> <li>Height 3.4~5.4m</li> <li>Partial rubblework+natural vegetation (slope 1:2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width: North 17~26m South 11~27m</li> <li>Eroded by flood on outside of stream bends</li> <li>A small wetland formed naturally</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width 14~39m</li> <li>Revetment: Riprap, height 1.0~2.5m</li> <li>Revetment scoured by flood on outside of stream bends</li> <li>A large sand bar formed at wide channel (1/3~1/2 of channel width)</li> <li>Meander, sand bar, island, riffle, and pool formed naturally</li> <li>Weir and stepping stones present</li> </ul>
	1,135					
Namchuncheon ~ Hyoja	76~78	1/335	1/348	<ul style="list-style-type: none"> <li>North: Rubblework (mortar, slope 80°)</li> <li>South: rubblework+natural vegetation (slope 1:2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width: North 17~24m South 13~17m</li> <li>Partial parking on bared soils</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width 30~35m</li> <li>Revetment: Partial riprap and concrete block, height 1.7~2.1m</li> <li>Channel straightened</li> <li>Sedimentation+natural vegetation in 1/4 of channel width</li> <li>Sand bar in 1/3 of channel width</li> <li>Meander, sand bar, riffle, and pool formed naturally</li> </ul>
	452					
Hyoja ~ Gongji	82~84	1/323	1/312	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rubblework+natural vegetation (slope 1:2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width: North 18~24m South 19~22m</li> <li>Partial parking on bared soils</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width 26~33m</li> <li>Revetment: Straightened with concrete block, height 1.6~2.1m</li> <li>Sedimentation+natural vegetation in 1/4 of channel width</li> <li>Sand bar in 1/4 of channel width</li> <li>Meander, sand bar, island, riffle, and pool formed naturally</li> </ul>
	421					
Gongji ~ Oneui	85~97	1/306	1/339	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rubblework+natural vegetation (slope 1:2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width: North 11~16m South 24~34m</li> <li>Concrete parking lot present</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width 31~36m</li> <li>Revetment: Concrete retaining wall and vertical rubblework in part, height 1.3~1.6m</li> <li>Vehicle crossing bridge of concrete present</li> <li>Meander, sand bar, and island formed naturally</li> </ul>
	332					
Oneui ~ Hoban	120	-	1/839	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rubblework/concrete block+natural vegetation (slope 1:2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Water surface/natural wetland</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Width 50~100m</li> <li>Revetment: Concrete retaining wall, height 1.5~2.2m</li> <li>Natural wetland by sedimentation in 1/3~1/2 of channel width</li> <li>Sand bar and island formed naturally</li> <li>Weir built</li> </ul>
	503					

하는데 기여한다<sup>20,21)</sup>.

그러나, 공지천에서는 상류의 거두교~석사교 구간이나 하류의 온의교~공지교 구간을 제외하면, 차량통행 및 주차와 운동에 따른 답압, 작물제배 등으로 자연식생 성장을 제한하고 나지가 발생하여 경

관을 불량하게 하였다. 갈수기 일부 구간의 유량 감소, 강우 시 생활하수 월류와 쓰레기 유입, 각종 공사에 의한 토사 및 부유물질 유입에 따른 수질혼탁은 불량경관을 표출하는 또 다른 요인이었다. 하수 유입부에서의 악취도 취각적으로 하천경관에 부정

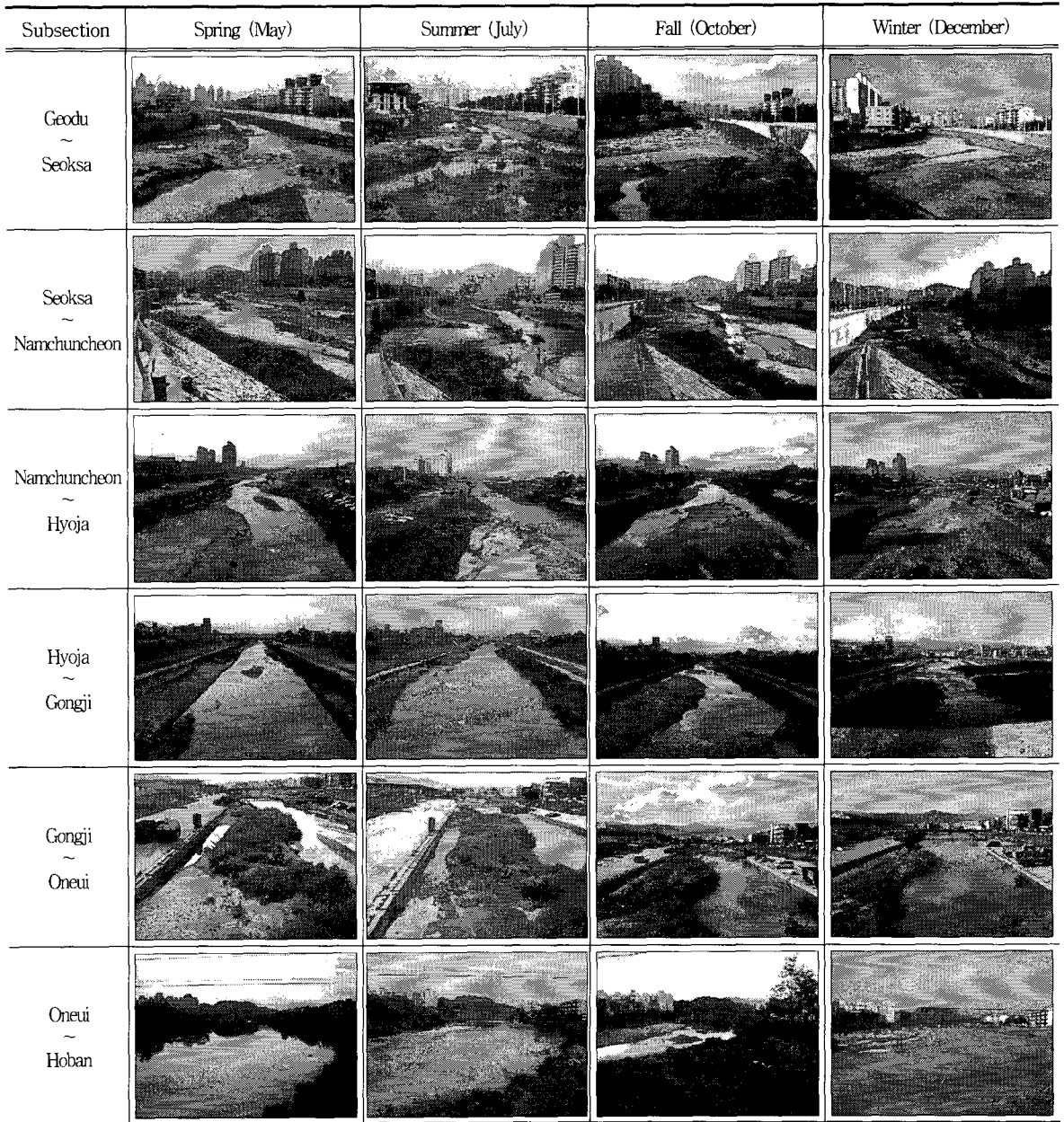


Fig. 3. Seasonal landscape changes by subsection.

적인 요소로 작용하고 있었다. 따라서, 차량통행 및 주차금지, 작물재배 제어 등으로 식물 성장기반과 피도를 증진할 필요가 있다. 지천 유입부에 토사차집 웅덩이나 유역권 상류에 소규모 저수지 등을 도입하여 정기적으로 토사를 수거하고, 공사장의 나지피복 및 토사방지펜스 설치로 토사를 포함한 부유물질의 유입을 최소화함이 바람직하다<sup>22,23)</sup>.

사주, 중도, 저수로 사행 등을 포함하는 하상 미

지형은 하천 고유의 경관요소로서, 유수체계 및 유량의 영향에 따라 변화하면서 역동적인 자연경관을 표출한다. 자연퇴적습지가 분포하는 하류의 온의교 ~호반교 구간은 갈수기에 비해 여름 또는 가을에 수위저하로 더 많은 면적의 사주나 중도가 관찰되었다(Fig. 3). 이는 타 일반 하천과는 상이한 현상으로서, 연구대상 하천의 하류가 의암호에 인접하여 유량이 풍부한 시기에 방류하는 수위조절의 영향에

기인한다. 한편, 홍수는 하안의 세굴 또는 퇴적, 둔치 침식 및 식생훼손 등을 야기시켜 하천경관을 저해하였다. 이는 홍수의 영향을 제대로 반영하지 못한 부적절한 하천정비와 관리소홀 때문이며, 전기한 바와 같이 상류부의 거두교~남춘천교 구간에서 현저하게 지각되었다. 하상에는 퇴적모래가 우점하고 자연하천에서 흔히 관찰되는 거석이나 자갈이 거의 없으므로, 경관개선은 물론 수생동물 서식기회의 증진 차원에서 거석을 도입할 필요가 있다.

연구대상 구간에 분포하는 콘크리트 인공재의 옹벽제방, 직강하안, 주차장, 맨홀 등은 하천의 자연성과 경관 질을 저해하는 대표적 요소이었다. 즉, 거두교~남춘천교 구간의 수직옹벽 제방, 남춘천교~공지교 구간의 콘크리트 직강저수로 하안, 공지교~온의교 구간의 콘크리트 주차장 등이 그 예이다. 이들은 자연친화적 하천조성 과정에서 철거되거나 콘크리트 수직옹벽의 경우 녹화를 통해 양호한 경관을 유도함이 바람직하다. 한편, 제방과 둔치에는 불법 투기한 쓰레기가 경관을 불량하게 하므로, 제도적 제어 외에 쓰레기 투기억제 홍보, 시민의 자발적 참여에 의한 수거 등의 대책이 요구된다.

### 3.3. 하상 미지형

중도가 넓은 면적을 차지한 구간은 석사교~남춘천교, 남춘천교~효자교 구간의 순이었다(Table 2). 유로연장이 타 구간보다 긴 석사교~남춘천교 구간의 중도면적은 5월의 3,062m<sup>2</sup>에 비해, 7월 및 10월에 감소하다가 갈수기인 12월에 다시 1.9배인 5,943m<sup>2</sup>로 증가하였다. 남춘천교~효자교 구간의 경우 5월 430m<sup>2</sup>에서 7~12월 조사기간 동안 1,545m<sup>2</sup>까지 계속 증가하는 경향을 나타냈다. 그리고 온의교~호반교 구간 역시 중도면적의 계절변화가 뚜렷하였으나, 상기한 구간의 경향과는 달리 7월에 2,681m<sup>2</sup>로 가장 넓고 갈수기인 12월에는 전혀 관찰되지 않았다. 이

는 의암호의 수위조절에 따라 수위가 7월에 낮고 12월에는 높기 때문이었다. 이와 같이, 계절별 중도면적은 상류부의 거두교~남춘천교 구간에선 갈수기에, 그리고 하류부의 공지교~호반교 구간에서는 7월에 타 시기보다 넓게 나타났다(Fig. 4).

사주가 크게 발달한 구간은 석사교~남춘천교, 공지교~온의교 구간의 순이었다(Table 3). 석사교~남춘천교 구간의 사주면적은 5월 6,311m<sup>2</sup>에서 12월 3,885m<sup>2</sup>로, 그리고 공지교~온의교 구간의 경우 5월 1,500m<sup>2</sup>에서 12월 453m<sup>2</sup>로 감소하였다. 온의교~호반교 구간도 수위의 변화에 따라 10월에 4,611m<sup>2</sup>이 었으나 12월에는 관찰되지 않았다. 이처럼 상류부와 하류부 구간의 사주면적은 계절별 변화가 뚜렷하였다. 사주면적은 중도의 경우와 유사하게 상류부에선 갈수기에, 그리고 하류부에서는 10월에 타 시기보다 넓은 경향을 보였다. 그러나 중류부 남춘천교~공지교 구간의 사주면적은 계절별로 대폭적인 변화를 보이지 않았다.

하안세굴 및 둔치침식은 홍수에 의해 상류부 구간에서 심하게 나타났고 타 구간에서는 거의 부재하였다(Table 4). 거두교~석사교 구간에서는 낙차공의 저수로 내 돌출구조와 상대적으로 높은 하안고가 홍수흐름을 방해하여, 낙차공 상하류부 하안 및 둔치에서 상당한 면적의 침식이 발생하였다. 예년에 침식한 둔치를 복구하지 않아 반복적인 홍수로 그 정도가 심화되고 있었다. 즉, 침식면적은 5월 3,752m<sup>2</sup>에서 여름철 홍수 이후 10월에 약 1.4배인 5,186m<sup>2</sup>로 증가하였다.

하안 퇴적은 공지교~온의교 구간을 제외한 전 구간에서 발생하였으며, 석사교~남춘천교, 온의교~호반교 구간의 순으로 넓게 나타났다(Table 5). 거두교~석사교 및 남춘천교~효자교 구간에서는 강우 및 홍수로 인해 5월에 비해 12월 퇴적면적이 현저히 감소하였다. 온의교~호반교 구간의 자연퇴적습지 역시 5월 18,354m<sup>2</sup>에서 12월 9,450m<sup>2</sup>로 감소하였는데, 이는 세굴 및 침식에 의한 것이 아닌 수위 상승으로 침수되었기 때문이었다.

계절에 따른 하상 미지형의 변화를 보면, 소규모 사주 및 중도의 변화는 홍수와 수위변동의 영향으로 현저하게 나타났으며, 상류와 중류부의 대규모 중도 및 사주와 대부분 구간의 퇴적 변화패턴은 홍수 후에도 대체로 유지되거나 재현되었다(Fig. 4). 향후 여울, 사주, 중도, 하안공법 등을 포함하는 자연형 하천조성 시 홍수에 의한 하상 미지형의 변화 여부를 적절히 반영할 필요가 있다.

### 3.4. 하상재료

상류부의 거두교~남춘천교 구간에서는 자갈과

Table 2. Seasonal changes in island distribution by subsection

Subsection	Area(m <sup>2</sup> )/no. of spot			
	May	July	October	December
Geodu~Seoksa	400/ 1	334/ 3	550/ 2	30/ 1
Seoksa~Namchuncheon	3,062/ 9	1,715/ 5	1,608/ 4	5,943/ 5
Namchuncheon~Hyoja	430/ 3	590/ 6	1,386/ 7	1,545/ 5
Hyoja~Gongji	1,739/ 1	137/ 4	1,131/ 4	250/ 2
Gongji~Oneui	698/ 3	150/ 1	955/ 5	520/15
Oneui~Hoban	600/ 5	2,681/ 9	446/ 4	0/ 0
Total	6,929/32	5,607/28	6,076/26	8,288/28

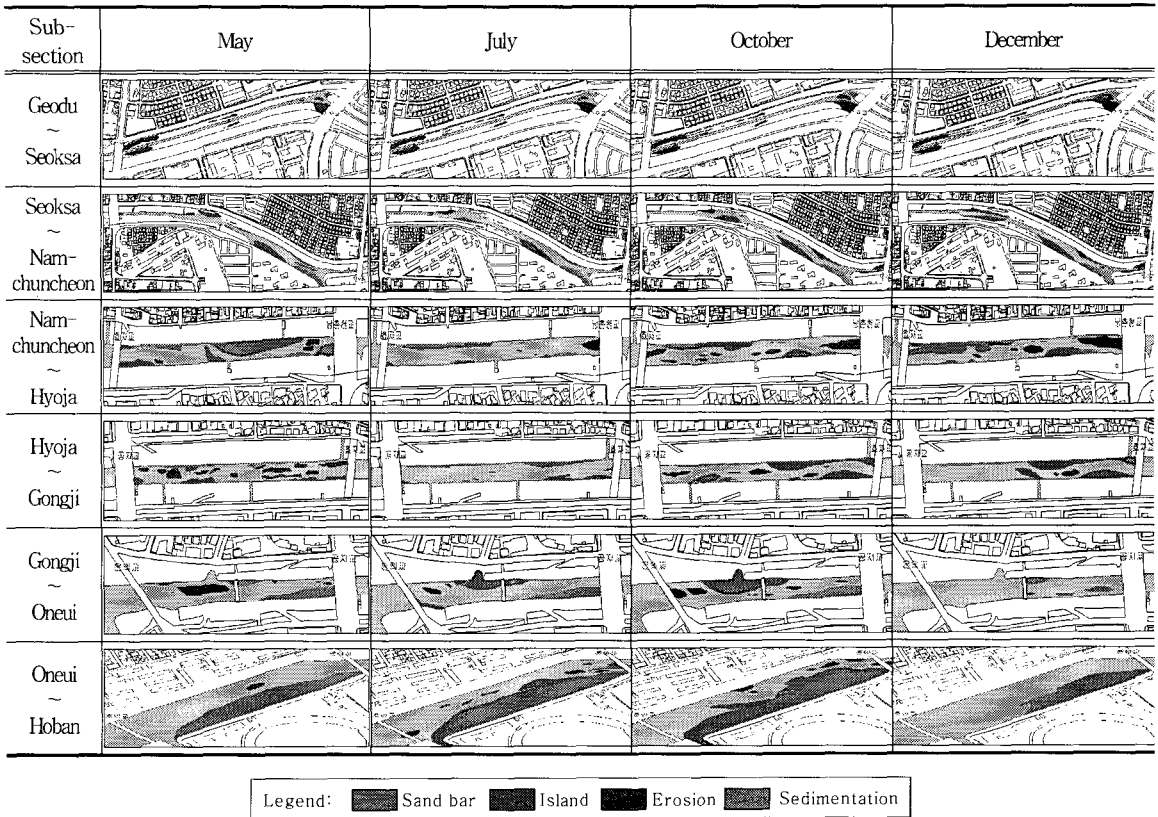


Fig. 4. Seasonal micro-topographical changes of streambed by subsection.

주먹돌, 중류부의 남춘천교~공지교 구간은 자갈 및 굵은 모래가 우점하였다. 하류부의 공지교~온의교 구간에서는 굵은 모래와 가는 모래가 우점하여 상류부에서 하류부로 갈수록 하상재료의 입경이 작아지는 경향을 보였다. 상류부의 거두교~남춘천교 구간에서는 입경 0.9mm 이상의 자갈 및 굵은 모래가 77%를 차지하였고 2mm 이상의 자갈과 주먹돌이

55%로서 우점하였다(Table 6). 중류부의 남춘천교~공지교 구간은 0.9mm 이상의 자갈 및 굵은 모래가 69%를 차지하여, 상류부에 비해 하상재료의 크기가 작아졌다. 하류부의 공지교~온의교 구간에서는 굵은 모래와 가는 모래의 비율이 약 50%씩을 차지하였으며 0.4mm 이하의 세사는 10%를 차지하였다.

Table 3. Seasonal changes in sand bar distribution by subsection

Subsection	Area(m <sup>2</sup> )/length(m)			
	May	July	October	December
Geodu~Seoksa	40/ 20	210/ 60	665/ 142	845/130
Seoksa~Namchuncheon	6,311/ 717	2,380/320	1,670/ 115	3,885/425
Namchuncheon~Hyoja	3,354/ 404	74/ 43	741/ 203	600/129
Hyoja~Gongji	435/ 141	335/120	660/ 120	625/ 70
Gongji~Oneui	1,500/ 250	1,725/280	1,420/ 145	453/100
Oneui~Hoban	751/ 123	188/ 95	4,611/ 422	0/ 0
Total	12,391/1,655	4,911/918	9,767/1,147	6,408/854

Table 4. Seasonal changes in areal distribution (m<sup>2</sup>) of revetment scour and floodplain erosion by subsection

Subsection	May	July	October	December
Geodu~Seoksa	3,752	4,383	5,186	5,186
Seoksa~Namchuncheon	2,420	2,535	2,960	2,960
Namchuncheon~Hyoja	0	0	0	0
Hyoja~Gongji	0	0	0	0
Gongji~Oneui	10	0	0	0
Oneui~Hoban	14	0	0	0
Total	6,196	6,918	8,146	8,146

Table 5. Seasonal changes in areal distribution (m<sup>2</sup>) of revetment sedimentation by subsection

Subsection	May	July	October	December
Geodu~Seoksa	428	200	254	254
Seoksa~Namchuncheon	2,125	2,000	2,000	2,000
Namchuncheon~Hyoja	1,080	1,080	555	555
Hyoja~Gongji	1,375	1,375	1,375	1,333
Gongji~Oneui	0	0	0	0
Oneui~Hoban	18,354	18,330	18,330	9,450
Total	23,361	22,985	22,514	13,592

Table 6. Particle size composition of streambed material by subsection

Subsection	Particle size (%)			
	2mm or more	2~0.85mm	0.85~0.43mm	0.43mm or less
Geodu~Seoksa	47.3	26.5	21.7	4.6
Seoksa~Namchuncheon	64.1	15.5	15.0	5.5
Namchuncheon~Hyoja	33.6	24.4	36.9	5.1
Hyoja~Gongji	46.6	33.0	17.8	2.7
Gongji~Oneui	24.8	26.2	37.6	11.4
Mean	43.3	25.1	25.8	5.9

3.5. 수심 및 유량

여울을 형성하는 부위에서 계절별 수심 및 유속을 측정된 결과(Table 7), 5월의 수심은 측정지점에

따라 4~91cm, 수폭은 3~52m이었으며 온의교~호반교 구간에서 최대치를 나타냈다. 5월 유속은 측정 지점에 따라 0.03~0.87m/s의 큰 차이를 보였으며, 유속이 가장 낮은 온의교~호반교 구간을 제외하면 0.23~0.87m/s이었다. 7월의 경우 수심은 12~43cm, 수폭은 4~60m로서 대부분 지점에서 7월의 수심이 5월에 비해 깊게 나타났다. 7월 유속은 0.11~1.18 m/s의 범위를 나타냈다. 10월의 수심은 5~50cm, 수폭은 3~42m이었고, 유속은 0.15~0.84m/s의 범위를 보였다. 12월의 경우 수심은 7~84cm, 수폭은 3~50m이었고, 유속은 0~0.77m/s의 범위를 나타냈다.

상류부 거두교~남춘천교 구간의 평균 수심은 5월 18cm에서 10월 31cm로 점차 깊어졌으나, 12월에는 20cm로 10월에 비해 얕아진 것으로 나타났다. 이러한 경향은 중류부 남춘천교~공지교 구간에서도 유사하게 나타나 5월에서 10월까지 7cm에서 19cm로 점차 깊어졌으나 12월에는 16cm로 약간 얕아졌다. 즉, 5월에 수심이 가장 얕으며 10월에 깊어지다가 12월에 다시 얕아지는 경향을 보였다. 그러나 하류부 구간에서는 상반된 변화를 나타내었다. 즉, 5월과 12월에 81cm의 가장 깊은 수심을 보였으며, 7월에서 10월로 갈수록 점차 얕아졌다. 이는 의암호의 방류에 기인한 수위저하에 의해 여름 및 가을철 수심이 낮아졌기 때문이다.

3.6. 환경구배별 식생피도 변화

환경구배에 따른 식생피도의 계절변화는 Table 8과 같다. 거두교~석사교 구간 둔치 및 하안의 식생

Table 7. Streamflow depth, width, and velocity at riffles by subsection

Subsection	Point*	Depth (cm)				Width (m)				Velocity (m/s)			
		May	Jul.	Oct.	Dec.	May	Jul.	Oct.	Dec.	May	Jul.	Oct.	Dec.
Geodu~Seoksa	1	34.5	29.0	41.0	25.8	11.5	10.6	7.9	6.4	0.25	0.29	0.49	0.34
	2	8.0	25.8	29.5	28.8	11.5	6.3	4.2	3.6	0.47	0.47	0.75	0.37
	3	31.5	40.5	35.0	23.5	7.0	7.1	7.3	8.3	0.39	0.73	0.28	0.37
Seoksa~Namchuncheon	4	8.5	28.8	25.9	26.0	13.3	13.8	11.5	10.5	0.41	0.47	0.31	0.18
	5	21.0	14.4	25.0	19.5	6.8	19.9	18.8	7.5	0.66	0.56	0.70	0.56
	6	19.0	29.8	27.0	17.0	10.8	13.2	10.9	10.1	0.24	0.68	0.52	0.38
	7	13.0	23.0	27.5	18.5	13.8	13.2	19.8	15.0	0.55	0.55	0.48	0.35
	8	17.0	29.3	37.5	11.5	10.3	8.2	8.5	8.0	0.52	1.19	0.50	0.63
Namchuncheon~Hyoja	9	7.5	25.5	37.5	9.5	8.5	10.9	6.3	8.8	0.59	0.79	0.70	0.70
	10	8.0	21.6	21.5	10.0	3.3	18.3	18.5	6.0	0.69	0.66	0.49	0.52
	11	6.0	25.8	13.5	20.0	10.5	14.7	11.8	7.5	0.56	0.77	0.55	0.55
Hyoja~Gongji	12	5.0	20.9	20.0	13.0	6.5	21.7	11.4	10.6	0.45	0.73	0.69	0.56
	13	7.0	21.3	21.5	21.0	10.0	20.0	9.8	6.2	0.29	0.65	0.82	0.68
Gongji~Oneui	14	81.0	32.5	13.0	81.5	52.0	60.0	40.8	50.0	0.03	0.00	0.28	0.00

\*Measurement points indicated in Fig. 2.



Table 8. Seasonal changes in vegetational cover (%) along environmental gradients by subsection

Subsection	Month	Levee	Floodplain	Revetment	Sand bar	Island
Geodu ~ Seoksa	June	-	103.1	85.8	-	61.7
	September	-	81.0	33.6	-	-
Seoksa ~ Namchuncheon	October	-	47.8	12.2	-	-
	June	30.7	65.2	80.4	17.0	83.7
	September	29.0	82.5	30.9	-	-
Namchuncheon ~ Gongji	October	4.7	48.6	28.5	-	-
	June	33.8	36.4	7.8	62.8	-
	September	103.7	42.5	75.3	5.3	-
Gongji ~ Oneui	October	59.0	30.7	53.1	4.2	-
	June	96.3	52.9	-	75.0	80.7
	September	52.8	62.5	-	33.7	-
Oneui ~ Hoban	October	9.8	18.8	-	110.3	-
	June	75.9	8.0	113.2	151.0	16.3
	September	75.3	17.2	42.3	-	-
	October	31.6	9.7	28.0	-	-

피도는 홍수 전 6월에 비해 9, 10월로 감에 따라 낮아졌다. 거두교 하류측 중도의 식생피도는 6월에 61.7%이었으나, 9월 및 10월에는 식생이 모두 홍수로 유실되어 나지화되었다. 제방은 양측 모두 콘크리트 수직옹벽으로 구성되어 있어 식생이 유입, 생장할 수 없는 구간이었다. 석사교~남춘천교 구간 내 제방과 하안의 식생피도 역시 6월에 비해 9, 10월로 감에 따라 낮아졌다. 둔치의 경우 6월에 비해 9월 피도가 높아지다가 다시 10월에 낮아지는 패턴을 보였다. 사주 및 중도에서는 6월에 분포하던 식생이 홍수에 의해 유실되어 9, 10월에 전무하였다.

남춘천교~공지교 구간은 제방, 둔치, 하안 모두 9월 식생피도가 가장 높았으며 6월의 피도가 가장 낮았다. 특히, 이 구간에서 둔치의 식생피도가 낮은 이유는 나지 주차로 인한 자동차 답압 때문이었다. 전체적으로 9월에 피도가 상승하는 요인은 환삼덩굴(*Humulus scandens*)이나 갈퀴나물(*Vicia amoena*) 등 8월 이후 왕성한 생육을 보이는 식물종들의 출현에서 비롯되었다.

공지교~온의교 구간은 제방에선 6월에서 10월로 감에 따라 식생피도가 낮아진 반면, 사주에서는 6월이나 9월에 비해 10월에 더 높은 피도를 나타냈다. 이는 홍수 후에도 식생이 많이 유실되지 않은 측면도 있지만, 특히 환삼덩굴이 10월에 우점했기 때문인 것으로 분석된다. 중도의 6월 식생피도는 80.7%에 달하였으나 9, 10월에는 홍수로 모두 유실되었다. 하안은 콘크리트 수직하안 및 주차장으로 말미암아 식생이 부재하였다. 온의교~호반교 구간의 식생피도는 장마 전 6월에 비해 9, 10월로 가면서 낮아지

는 경향이었고, 그 변화는 특히 하안에서 현저하게 나타났다.

식물생장에 영향을 미치는 요소는 홍수, 차량통행, 작물재배, 기기운동 등이었다. 상기한 바와 같이, 6월에 분포하던 사주 및 중도의 식생은 대부분 구간에서 홍수에 의해 유실되어 9, 10월에 거의 전무하였다. 남춘천교~공지교 구간의 둔치는 나지 주차 및 자동차 답압으로, 그리고 공지교~온의교 구간의 경우 콘크리트 주차장 설치로 식물분포가 제한되었다.

#### 4. 결 론

본 연구는 춘천시의 주요 도시하천인 공지천을 대상으로, 저수로 미지형, 유량, 식생피도, 둔치 및 하안상태, 하천시설물 등을 포함하는 하도구조와 경관의 계절변화를 파악하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 하상구조 및 경관에 영향을 미치는 주 요소는 홍수, 유량, 식물의 계절변화였다. 홍수는 하안의 세굴 또는 퇴적, 둔치 침식 및 식생훼손 등을 야기시켜 하천경관을 저해하였다. 소규모 사주 및 중도의 변화는 홍수와 수위변동의 영향으로 현저하게 나타났으며, 상류와 중류부의 대규모 중도 및 사주와 전 구간의 퇴적 변화패턴은 홍수 후에도 대체로 유지되거나 재현되었다.
- 2) 상류부의 거두교~남춘천교 구간에서는 자갈과 주먹돌, 중류부의 남춘천교~공지교 구간은 자갈 및 굵은 모래가 우점하였다. 하류부의 공지교~온의교 구간에서는 굵은 모래와 가는 모래가 우점하여 상류부에서 하류부로 갈수록 하상재료의

- 입경이 작아지는 경향을 보였다.
- 3) 의암호의 수위조절은 공지천 하류부의 수심에 영향을 주어 중도, 사주, 퇴적면적 등 미지형 변화에 현저한 영향을 미쳤다. 이에 따라 갈수기에 유량이 많아지는 등 계절별 중도, 사주 등의 면적에서 하류부가 상류 및 중류부와는 다른 변화 경향을 나타냈다.
  - 4) 식물생장에 영향을 미치는 요소는 홍수, 차량통행, 작물재배, 구기운동 등이었다. 6월에 분포하던 사주 및 중도의 식생은 대부분 구간에서 홍수에 의해 유실되어 9, 10월에 거의 전무하였다. 남춘천교~공지교 구간의 둔치는 나지 주차 및 자동차 답압으로, 그리고 공지교~은의교 구간의 경우 콘크리트 주차장 설치로 식물분포가 제한되었다. 향후 자연친화형 하천조성 시, 홍수에 따른 하상 미지형의 변화를 반영하여 여울, 사주, 중도, 자연형 하안공법 등을 도입해야 할 것이다. 하상에는 퇴적 모래가 우점하고 자연하천에서 관찰되는 거석이나 자갈이 거의 없으므로, 경관개선은 물론 수생동물 서식기회의 증진 차원에서 거석을 유지함이 바람직하다. 또한, 콘크리트 주차장 철거, 차량통행 및 주차금지, 작물재배 제어 등으로 식물 생장기반과 피도를 증진할 필요가 있다. 하천 자연성과 경관 질을 저해하는 콘크리트 인공재의 직강하안이나 옹벽제방은 철거하거나, 옹벽의 경우 녹화하여 양호한 하천경관을 유도하길 제안한다.
- 본 연구는 1년간에 걸쳐 수행한 것으로서, 하상 미지형의 변화와 관련된 연구결과의 경우 모든 도시하천을 대상으로 일반화하는 데는 한계가 있을 수 있다. 다년간에 걸친 여러 도시하천의 모니터링을 통해 연구결과를 축적하고, 홍수에 민감한 하천생태계의 미지형 변화특성을 객관화할 필요가 있다. 이를 통해 도시하천의 자연친화형 저수로 및 하안 조성사업에 유용한 기준이 마련될 수 있기를 기대한다.

### 감사의 글

이 논문은 2003년도 강원지역환경기술개발센터 지원 연구결과의 일부임.

### 참 고 문 헌

- 1) 서울특별시, 1994, 우이천 환경정비 기본 및 실시설계 기본계획 보고서.
- 2) 서울특별시, 1995a, 중랑천수계 고수부지 시민 휴식공간 조성 기본 및 실시설계 보고서.
- 3) 서울특별시, 1995b, 탄천수계 둔치 시민휴식공간 조성 기본 및 실시설계 보고서.
- 4) 서울특별시, 1995c, 홍제천수계 고수부지 시민휴

식공간조성 기본 및 실시설계 보고서.

- 5) 서초구, 1995, 양재천 종합정비 기본 및 실시설계 보고서.
- 6) 수원시, 1995, 수원천 정비 기본계획 보고서.
- 7) 조용현, 1997, 우리나라 중소하천 코리도의 자연성 평가기법 연구, 한국조경학회지, 25(2), 73-81.
- 8) 김동찬, 2000, 자연형 하천복원을 위한 하천자연도 평가. 한국조경학회지, 27(5), 138-149.
- 9) 최송현, 이경재, 류창희, 황성현, 1995, 한강지천의 생태계 구조와 관리-수입천과 안양천을 대상으로-, 한국조경학회지, 23(3), 132-143.
- 10) 명현, 2002, 하천의 생태적 복원을 위한 식생학적 진단, 한국조경학회지, 30(5), 98-106.
- 11) 이광우, 김태균, 심우경, 2002, 하천의 지형학적 인자와 식생중수의 관계 -한강수계를 중심으로, 한국조경학회지, 30(3), 73-85.
- 12) 최정권, 1995, 도시 하천환경의 생태적 재생 -하천의 미지형 형성과정을 중심으로-, 한국조경학회지, 22(4), 191-197.
- 13) 안홍규, 天日高白, 市原恒一, 1997, 하천상류지역의 하반식생 자연도 및 경관 분석에 관한 연구 -경기도 남양주군 수입천을 중심으로-, 한국조경학회지, 25(3), 222-233.
- 14) 김용수, 김수봉, 정계순, 1998, 도시하천 유축경의 시각적 선호요소 분석. 한국조경학회지, 26(2), 101-119.
- 15) 홍형순, 이주현, 정상만, 2003, 하천의 경관 유지수량의 결정, 한국조경학회지, 30(6), 17-25.
- 16) 최정권, 1997, 도시하천에서 자연형 저수로 호안공법의 적용과 식생복원 모니터링 -서울시 양재천의 학여울 구간을 사례지역-, 한국환경생태학회지, 11(2), 201-213.
- 17) 신동훈, 노태성, 오회영, 이규석, 2003, 자연형 하천공사 후 도시하천의 식물상 변화, 한국조경학회지, 31(4), 67-73.
- 18) 한봉호, 김정호, 홍석환, 2003, 서울시 둔촌동 습지 생태계보전지역 모니터링 및 생태적 복원구상, 한국환경생태학회지, 17(3), 242-257.
- 19) 조현길, 2003, 공지천의 자연친화형 하천조성 및 수질개선에 관한 연구, 강원지역환경기술개발센터.
- 20) Thorne, C. R., 1998, Stream Reconnaissance Handbook, Chichester, John Wiley & Sons.
- 21) 경기개발연구원, 2002, 경기도 하천경관의 조사와 분석 연구 보고서, 2002-06.
- 22) France, R. L., 2003, Wetland Design, New York, W. W. Norton.