

# 공지천의 하천환경과 자연친화적 계획전략\*

조현길\* · 안태석\*\* · 허권\*\*\* · 안태원\*\*\*\*

\*강원대학교 산림경영·조경학부 · \*\*강원대학교 환경과학과 ·  
\*\*\*강원대학교 식물응용과학부 · \*\*\*\*강원대학교 대학원 녹지조경학과

## I. 서론

국내 도시하천의 정비와 관리는 과거 하천생태계를 무시한 채 이수 및 치수축면에 중점을 두어 왔다. 그 결과 많은 하천이 생물서식처, 자정, 친수성 등 귀중한 환경적 기능을 상실하게 되었다. 최근, 하천의 이수과 치수에 부가하여 생태 및 친수공간 개념으로서의 하천기능에 대한 사회적 관심도가 증가하고 있다. 즉, 하천정비는 수질자정 능력을 회복하고 다양한 생물종이 서식하면서 사람과 공존할 수 있는 친자연적인 방향으로 추진해야 한다는 공감대가 형성되고 있다. 외국에서는 하천을 자연에 가까운 상태로 복구, 재생하고자 하는 연구 및 사업을 활발히 진행하여(FISRWG, 2001), 자연생태계를 효과적으로 복구하고 우려했던 홍수피해도 줄이고 있는 상황이다. 국내에서는 1995년 후반부터 추진된 환경부의 G-7 연구과제(환경부, 2002)를 통해 하천생태계, 경관, 수리, 수문 등 하천을 종합적으로 조사하고, 하천복구 기술의 개발 및 현장 시험적용으로 국내 하천정비 방향에 새로운 장을 열고 있다.

공지천은 호반의 도시라는 춘천시 이미지를 대표하는 주요 도시하천이다. 본 연구의 목적은 공지천을 대상으로 자연 및 인문환경을 조사 분석하고, 수질개선, 생물다양성 확보, 친수기회 증진 등을 포함하는 자연친화적 하천계획 전략을 수립하는 것이다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 대상지

연구대상지의 공간적 범위는 춘천시의 석사동에서 강남동 방향으로 흐르는 상류 거두교~하류 호반교 구간으로서, 그 유로연장은 총 3.5km이었다.

### 2. 현황조사 및 분석

연구대상 하천을 현장실사하고 기존자료를 검토하여, 상, 중, 하류의 구간별 환경조건을 조사 분석하였다. 조사내용은 유역, 하상구조 및 경관, 토양, 유량 및 수위, 수질, 퇴적물, 식생, 야생동물 등을 포함하는 자연환경과 내외부 토지이용, 동선 및 접근성, 하천시설물 등의 인문환경이었다.

하상구조는 제방, 둔치 및 저수로의 횡단면(폭, 경사, 높이)과 구성재료를 비롯해 저수로 사행, 사주, 중도, 여울, 소 등의 공간분포를 조사하고, 홍수 전후의 하천미지형 변화를 파악하였다. 수심과 수폭, 유속은 평수기와 갈수기로 구분하여 2회에 걸쳐 실측하였다. 토양은 상, 중, 하류에서 주요 공통식물종이 성장하는 각 지점을 대상으로, 깊이 30cm까지 채취하여 농촌진흥청(1988)의 표준방법에 따라 물리화학적 특성을 분석하였다. 퇴적물(오니) 역시 상, 중, 하류에서 채취하여 입도를 비롯한 유기물, N, P 및 중금속 함량을 분석하였다. 수질은 상, 중, 하류와 하수유입부를 대표할 지점을 선정하여 계절별로 측정하였으며, 분석항목은 수온, pH, 용존산소(DO), 생물학적산소요구량(BOD), 총질소(T-N), 총인(T-P) 및 부유물질(SS)이었다. 식생은 방형구법(5m×5m)에 의해 상, 중, 하류별로 실사하여 식물종의 상대빈도, 상대밀도, 상대피도, 중중요도를 분석하였다. 또한, 주요 식물종을 채집하여 각 식물체의 중금속 및 양분 흡수량을 분석하였다.

\* : 본 연구는 강원지역환경기술개발센터에서 시행한 2002년도 환경기술연구개발사업의 연구결과임.

### 3. 계획전략 수립

현황분석 결과를 바탕으로 하천 공간정비 및 배치를 구상하고, 저수로 자연형 하안공법, 수질 자연정화시설, 생물서식공간, 수변 레크리에이션과 동선 등을 위주로 계획전략을 수립하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 하천환경

#### 1) 자연환경

공지천은 춘천시 동내면 수리봉(해발 644.9m)과 대룡산(해발 899.0m)에 수원을 두고, 유역 상류부에서는 산림과 농경지를, 중하류부에서는 비교적 평탄한 시가지지를 유하하여 의암호로 유입되는 지방2급하천이다. 유역면적은 약 55km<sup>2</sup>로서 유역 내 토지이용은 분수령을 형성하는 산림이 59%를 점유하였다. 유역권 하수처리는 공지천 하류의 의암호 합류부에 위치하는 하수종말처리장에서 담당하나, 하수관거가 합류식이고 차집이 완벽하지 못해 특히 우수기엔 미처리하수를 공지천에 그대로 방류하는 상황이었다. 하류에서는 의암호 수위의 영향을 받아 하수종말처리장 방류수의 역류와 체류가 발생하였다.

공지천은 대부분 구간이 복단면 구조로 개수된 하천으로서, 제외지 중앙에 저수로가 위치하고 양측으로 대칭의 둔치가 조성되어 있었다. 제방은 콘크리트 수직옹벽 또는 석축사면이며, 제방고는 100년 빈도 홍수위와 비교할 때 대체로 적합하였다. 제방사면을 포함한 하폭은 상류의 거두교~석사교 구간이 45m, 하류의 온의교~호반교 구간이 120m이고, 저수로 폭은 거두교~석사교 구간 7~12m, 온의교~호반교 구간 50~100m이었다. 하상경사는 거두교~석사교 구간이 1/118로서 다소 급하고, 석사교~온의교 구간 1/312~1/348이며, 온의교~호반교 구간은 1/839로서 상대적으로 완만하였다.

거두교~남춘천교 구간의 저수로 하안공법은 자연석 쌓기인데, 일부는 콘크리트를 타설한 활불임으로 시공하여 식생의 자연유입을 방해하고 시각적으로도 불량하였다. 저수로 하안고가 낮은 일부구간에는 월류로 둔

치 침식이 발생하였고, 남춘천교 상류의 하도가 사행하는 수충부에선 저수로 하안과 둔치 일부가 유실되었다. 남춘천교~온의교 구간의 저수로는 콘크리트 직강하안으로서, 치수적 측면에서는 유리할 수 있으나 생물서식을 제한하고 경관적으로도 불량하였다.

저수로 내에는 사행, 사주, 중도, 여울, 소 등 자연적으로 형성된 하천 미지형이 다수 분포하는데, 홍수 후에도 대부분 유지되거나 재현되고 있었다. 온의교~호반교 구간에는 남측으로 저수로의 약 1/2에 걸쳐 자연 퇴적습지가 형성되어, 양호한 습생식물 경관을 나타내고 조류의 출현빈도도 높았다.

수심은 온의교~호반교 구간에서 의암댐 수위조절 영향으로 연중 0.5~1.0m를 유지하고, 타 구간에서도 유수의 단절 없이 갈수기 평균 수심 0.1m 이상이였다. 공지천 어류의 비교풍부도는 피라미(*Zacco platypus*)가 40%로서 가장 높았다. 대표 어종인 피라미의 서식 및 산란을 위한 최소 수심(서울특별시, 1995)은 유지되나, 거두교 하류, 남춘천교 하류 등 갈수기에 얕은 수심의 수폭이 넓은 지점이 일부 분포하였다.

토양 pH는 중성에 가까운 평균 6.8이고, 유기물함량은 1.9~2.6% 범위이었다. 토양의 물리적 특성은 하천 종적으로는 토성변화가, 횡적으로는 수분변화가 뚜렷한 경향을 보였다. 둔치 내 일부 구간에는 소규모 자연 습지가 분포하였다. 퇴적물(오니) 분석결과, T-N 함량은 건설교통부(1999)에서 제안한 준설기준을 초과하나 T-P와 강열감량의 경우는 초과하지 않는 것으로 나타났다.

하천의 대표적인 수질지표인 BOD 농도는 대체로 하천수질환경기준 II~III 등급이나, 완벽하지 못한 하수 차집시설로 인해 특히 갈수기에 생활하수 유입부 인근의 수질오염이 현저하였다. 본 대상구간에 합류하는 상류의 거두천과 퇴계천의 유입부 BOD 농도는 V등급을 초과하였다. T-N 및 T-P 농도는 대부분의 측정지점에서 호소수질환경기준을 초과하는 것으로 나타났다.

둔치 내 식생피도는 대체로 양호하나, 홍수에 의한 침식과 차량주차 및 통행답압으로 일부 구간에 나지가 발생하였다. 상류 구간 하안에는 고마리(*Persicaria thunbergii*), 미국가막사리(*Bidens frondosa*), 닭의장풀(*Commelina communis*) 등이, 둔치에는 바보여뀌(*Persicaria pubescens*), 환삼덩굴(*Humulus japonicus*), 소리쟁이(*Rumex crispus*) 등이 우점하였다. 중류 구간의

우점종 분포 역시 상류 구간과 유사하나, 하안에 갈대 (*Phragmites communis*)가 우점하고 갯버들(*Salix gracilistyla*), 큰고랭이(*Scirpus tabernaemontani*), 부들 (*Typha orientalis*) 등 습생식물이 함께 서식하였다. 하류 구간에서는 상, 중류의 경우보다 식물의 종다양성이 높았다. 특히, 자연퇴적습지에는 도꼬마리(*Xanthium strumarium*)가 집단적으로 분포하고, 갈대, 부들, 마름 (*Trapa japonica*), 질경이택사(*Alisma plantago-aquatica*) 등 수생 및 습생식물이 서식하였다. 이러한 습지 식물의 생육은 이 구간 정체수의 수질개선에 기여하고 있다고 판단된다.

큰고랭이, 부들, 고마리 등 공지천 자생식물은 적지 않은 양의 오염물질을 흡수하는 것으로 나타났다. 식물체 내 T-N 흡수량은 큰고랭이가 30mg/g이므로 가장 높았고, 이어서 부들, 소리쟁이, 고마리 등의 순이었다. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 경우는 부들, 소리쟁이, 큰고랭이, 도꼬마리 등의 순으로 높았다.

## 2) 인문환경

연구대상 구간의 제내지는 근린생활권 근린공원이 부족한 주거밀집 및 주상복합 지역이었다. 제외지의 경우, 거두교~남춘천교 구간의 둔치는 초지, 남춘천교~공지교 구간은 나지주차장, 공지교~온의교 구간은 콘크리트 주차장이었다. 거두교~남춘천교 구간은 콘크리트 수직제방과 접근시설 미흡으로 둔치 내 접근성이 불량하나, 남춘천교~온의교 구간은 다수의 계단과 램프가 분포하였다. 기존 램프는 모두 차량접근로로 활용되고 있으며, 양측 둔치를 연결하는 징검다리 등의 저수로 횡단로가 극소수 위치하였다. 일부 교량하부는 침식, 쓰레기 등으로 불량경관을 야기하고, 남춘천교 하부에는 생태통로 기능을 제한할 수 있는 게이트볼장과 출입문 및 가벽이 설치되어 있었다. 거두교~석사교 구간의 콘크리트 낙차공은 어도 부재로 어류의 이동을 제한하고, 홍수시 월류로 양측 둔치의 침식을 유발하였다.

## 2. 계획전략

### 1) 하천 공간정비 및 배치

연구대상 하천의 구역을 치수 안정성, 생태적 민감성, 친수성, 공간기능 연계성 등을 감안하여 절대보존공간, 부분보존공간, 보전공간 및 이용공간의 4개 유형

으로 구분한다. 절대보존공간은 대형 자연습지가 분포하고 조류가 서식하여 생태적 민감도가 높아 사람의 접근과 간섭을 배제할 필요가 있는 하류 온의교~호반교 구간에 해당한다. 부분보존공간은 현재 접근성이 불량한 상류 거두교~석사교 구간으로서, 둔치폭이 상대적으로 협소하여 이용시 생물서식을 방해하거나 나지화에 따른 침식이 우려되므로, 별도의 접근시설 설치를 회피하고 일부 구간 내 산책 및 관찰활동만을 허용한다. 보전공간은 정적 친수활동을 허용하는 구간이며 절대보존공간과 이용공간 중간의 완충기능도 부여한다. 이용공간은 중류의 남춘천교~공지교 구간으로서 수변 일부에 소극적 레크리에이션 활동을 도입한다. 이 구간은 접근성이 양호하고 기존 이용으로 나지가 분포하며, 제내지의 경우 근린공원이 부족한 도심의 주거밀집구역이다.

### 2) 저수로 자연형 하안공법

콘크리트 저수로 하안은 자연형 공법으로 개수하되 허용 소류력 및 유속과 하안의 유실여부 흔적에 근거하여, 수충부에는 돌망태공법을, 소류력 큰 상류구간에는 자연석쌓기법을 적용한다. 그리고 중류에는 윗가지덮기법(하단)과 녹색마대법(상단)을 혼용하되 경사 완만한 하안상단에 녹색마대법 대신 식물식재법을, 하류에는 쇠나무가지법을 비롯하여 방파목책 및 식생이용법을 도입한다.

### 3) 수질 자연정화시설

생물서식, 경관 및 친수성을 동시에 만족시킬 목표수질과 목표유량을 설정하고, 정화식물의 하안식재를 비롯하여 비용저렴한 시설로서 생태습지, 여울 및 소, 폭기낙차공, 사주, 중도, 사행저수로, 끈상여재 돌망태, 오일펜스 등을 설치하여 자정작용을 촉진한다. 아울러, 공지천의 주 오염원인 유역권 내 생활하수의 전량차집, 분류식 하수관거 도입, 하수중말처리장 방류수질기준 강화 및 고도처리 등 하천수질오염의 원천적 제어가 필요하다.

### 4) 생물서식공간

자연형 하안조성을 비롯하여 여울 및 소 도입, 사행천과 중도 확보, 나무틀 식생어소 및 거석수제 설치, 낙차공 경사어도 유치 등을 통해 저수로의 어류와 저서동

물 서식조건을 개선한다. 둔치와 제방에는 하류 구간의 콘크리트 주차장 철거 및 습지조성과 더불어, 곤충, 조류 등을 유인할 자생식물 위주의 초화류 및 식이수중 서식을 증진하고, 도심과 자연을 연결하는 춘천시 주요 생태통로로의 역할을 도모한다.

#### 5) 수변 레크리에이션 및 동선

수변 레크리에이션은 생태관찰 및 학습, 산책 및 경관감상, 휴식 등의 정적활동 위주로 유치하여 시민의 친수 및 여가기회를 제공한다. 하천생태와 수질의 보전 차원에서 수상 레크리에이션을 배제하고 동적활동 및 시설은 소규모로 제한하되, 홍수피해나 유수방해를 감안하여 가반식 또는 평면적 시설을 도입할 필요가 있다. 동선은 최소폭의 산책로와 자전거도로 유치에 국한 하되, 하류구간의 자연습지 및 조류서식지를 포함하는 절대보존공간에는 보행동선도 배제한다. 자전거도로는 보전 및 이용공간의 일부 구간에 도입하고, 차량접근은 홍수시 시설물 이동 등 비상시에만 허용한다.

## IV. 결론

본 연구는 춘천시의 주요 도시하천인 공지천을 대상으로 생태환경을 조사 분석하고, 자연친화적 하천계획 전략을 제시하였다. 하상구조를 포함한 유량 및 수질, 생물상 등의 자연환경 조사자료는 공지천의 생태환경

을 이해하고 하천관리의 바람직한 방향을 설정하는데 유용한 정보가 될 것이다. 계획전략은 기존 저수로 및 둔치구조의 인위적 변형을 최소화함을 원칙으로, 자연적으로 형성되어 온 세굴, 퇴적 등 현 하상구조의 흔적을 바탕으로 자연형 하안공법이나 수질자정시설을 도입하여 하천 자연성 회복과 하도의 수리적 안정성을 동시에 추구하였다. 하천환경의 주 영향인자는 홍수로서 예기치 못한 침식 및 하상변화로 치수적 안전성, 생태적 기능성 등에 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 향후 지속적인 모니터링과 유지관리를 통해 계획단계에서 예측하지 못한 자연형 하안공법, 수질자정시설, 생물서식공간 등을 보완할 필요가 있다. 본 연구결과는 하천의 자정능력을 향상시켜 수질을 개선하고 생물서식처와 친수공간을 제공할 뿐만 아니라, 도심과 자연을 연결하는 춘천시 주요 생태통로의 역할을 담당하는데 일조할 것으로 기대한다.

## 인용문헌

1. 건설교통부(1999) 토목공사 가이드 시방서(도로 및 하천 분야).
2. 농촌진흥청(1988) 토양화학분석법.
3. 서울특별시(1995) 중랑천수계 고수부지 시민휴식공간 조성 기본 및 실시설계 보고서.
4. 환경부(2002) 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발.
5. FISRWG(2001) Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. US Federal Interagency Stream Restoration Working Group.