

자연형 하천공법으로 시공된 수원천의 환경적 변화

○이재광·이종설** 정재욱** 윤세의***

1. 서론

최근 자연형 하천정비 개념이 도입되어 정비사업이 계획되거나 추진 중에 있으나, 하천 생태계에 대한 기본 자료의 부족으로 하천의 생태계 보전보다는 하천조경이나 하천경관을 지나치게 강조하는 경향이 있다. 수리학적 안정성에 대한 분석이 없이 하천 내에 시설물을 설치하여 하천을 공원화하기도 한다. 자연형 하천 공법으로 시공되고 장기간의 모니터링이 실시된 하천이 없어서 국내에 가장 적합한 공법이 어떤 것인지를 확실히 알 수 없는 현실이어서 하천설계 실무자 및 관리자들은 어려움을 겪고 있다. 더욱이 수리학적 측면 및 치수 방제적 측면에서 조차도 자연형 하천공법의 안정성에 대한 표준화된 분석체계가 아직 없는 실정이다.

본 연구에서는 비교적 도시화 현상이 심화되어 있고 자연형 하천공법으로 시공된 수원천을 선택하여 수질, 식생, 어류 등을 조사 분석하였다.

2. 대상 소하천의 선정 및 실측

본 연구에서는 ① 현장접근이 용이하고, ② 일반 주거지역 및 상업지구와 접하고 있으며, ③ 주변 산지의 경관과 함께 이용효율성이 높을 것으로 예상되는 점을 고려하여 수원천을 연구대상 하천으로 선정하였다. 수원천을 특성별로 크게 구분하면 광교천은 광교저수지까지의 상류지역과 경기교부터 매향교까지의 중류지역, 그리고 매향교부터 황구지천 합류지점까지의 하류지역으로 나눌 수 있다. 수원천은 수원 중심부의 주거 및 상가 밀집지역을 관통하여 흐름으로서 이 지역에서 배출되는 생활하수로 심하게 오염되었다. 최근 수원천의 중·하류 지역에는 차집관거 시설이 시공되어 오수의 하천유입을 차단한 결과 하천변의 악취가 줄고 하천수가 많이 맑아졌으나, 또 한편으로 건천화는 더욱 심해져 평상시 유수량은 아주 적은 상태이다. 본 연구에서는 수원천의 경기교에서 화홍문까지의 자연형 하천공법으로 정비된 구간을 연구 대상 구간으로 선정하였으며, 시료채취 광경은 그림 1과 같다.

3. 환경특성분석

수원천의 경기교~화홍문 구간의 수질, 수변식생 분포 및 종다양성, 어류상 등의 현황을 파악하

* 경기대학교 대학원 토목공학과 석사과정

** 국립방재연구소 연구관

*** 경기대학교 토목환경공학부 교수

였다.



그림 1. 수질 샘플채취(영연교)

3.1 수질 조사

수원천의 97년도부터 99. 6월까지의 수질변화를 상류, 중류, 하류로 구분하여 PH, BOD를 그림 2~그림 3에 나타내었다. PH는 상·하류의 차이가 크지는 않으나 5~6월에 하류부에서 산성을 나타내고 있으며 98~99년으로 갈수록 산성의 강도가 작아지는 경향을 나타내고 있다. 97년도 자연형 하천이 시공되지 않은 수원천 하류부에서는 BOD의 값이 매우 크게 나타나고 있으며 계절별로는 겨울철에 높게 나타났으며 상류부는 2~3급 수질을 나타내고 있다.

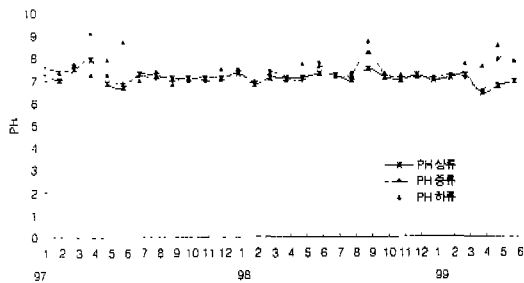


그림 2. 수원천의 월별 PH 변화도

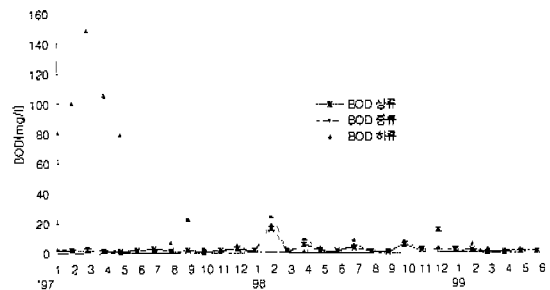


그림 3. 수원천의 월별 BOD 변화도

본 연구에서는 수원천의 수질을 파악하기 위하여 영연교와 화홍문 지점에서 1999년 6~9월까지 7회 걸쳐서 하천 수질 평가의 기본이 되는 BOD와 COD 및 광교저수지의 수질을 개략적으로 파악하기 위하여 TN 등을 측정하였다. 그림 4~5는 99년 6월~99년 9월 중 월별 BOD, COD의 변화를 나타낸 것이다. 수원천 상류는 환경보존법 환경기본법령 하천 기준에 의하여 생물학적 산소요구량 (BOD (mg/l))이 1~4.7정도이므로 상수원수 2~3급수로 생각되며 어류 및 식생의 보전에 비교적 적합하다고 판단된다.

한편 화학적 산소요구량 (COD (mg/l))은 6월을 제외하면 1~5정도로 상수원수 2~3급수로 BOD의 기준과 같은 범위에 속하며, TN은 1.3~2.5정도로 이를 기준으로 광교저수지의 수질은 호소 기준에 의하여 4~5급 정도로 파악된다. 이는 8월중 준설 직후이기 때문에 방류량이 매우 적었

으며 온도가 높아서 부영양화 현상이 미약하게 발생되었기 때문으로 추정된다.

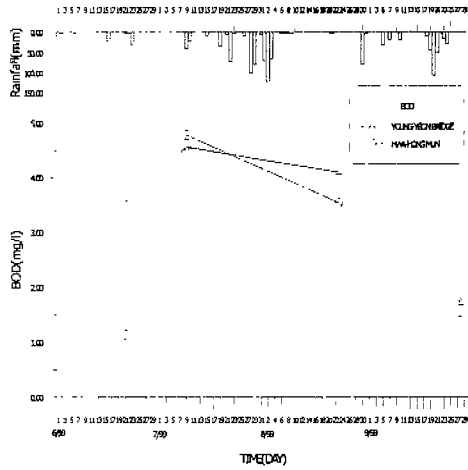


그림 4. 수원천 BOD 변화

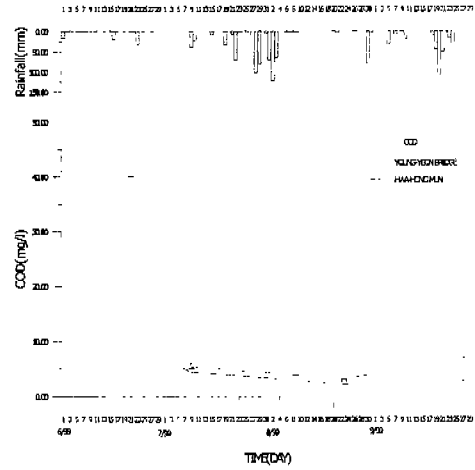


그림 5. 수원천 COD 변화

BOD와 COD 모두 갈수기인 6월중에는 화홍문보다 상류지점인 영연교에서 더 큰 값이 관측되었다. 그러나 7, 8, 9월에는 BOD, COD의 값이 두 지점에서 비슷하게 측정되었다. 이는 차집관로부터 오수 및 폐수가 일부 하천내로 유입하는 현상으로 추측할 수 있다. 실제 영연교 주변에서 갈수기에 심한 악취가 실측기간 중 발생되고 있었다. 영연교 부근에서 누수된 하수가 하천의 자정작용으로 화홍문 부근에서는 수질이 양호해지는 것으로 추측되지만 이에 관한 정확한 결과 분석을 위해 상세한 조사가 필요하다.

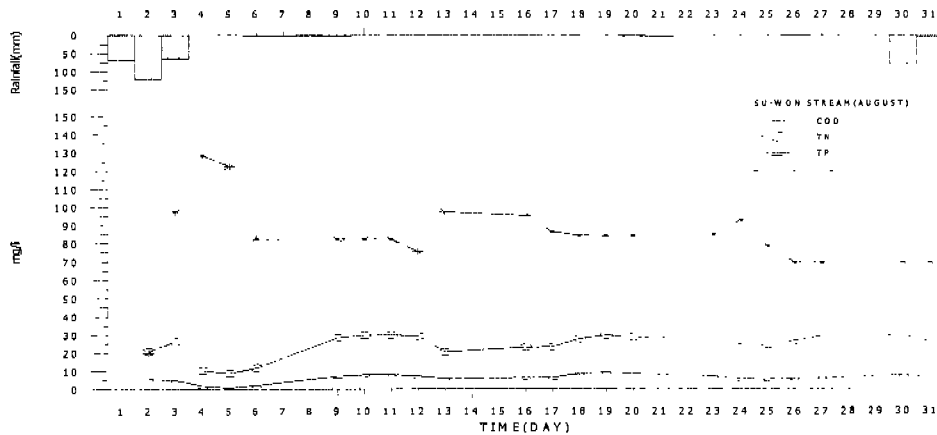


그림 6. 수원천 하수의 COD, TN, TP 변화 비교(99. 8. 1~8. 31)

창훈교와 삼선교 사이의 분수대 직상류 좌안에 위치한 하수구에서 8월 한 달 동안 토요일과 일요일을 제외하고 매일 오전 10:00~11:00에 오수를 채취하여 COD, TN, TP를 측정하였다(그림 6). 하수의 평균적인 COD 값은 우기시 70~80 mg/l정도이며, 건기시 100~110 mg/l를 나타냈으며, 장마 후에는 COD 값이 우수의 유출량이 감소하면서 증가하고 있는 것을 확인할 수 있었다. TN,

TP의 평균적인 값은 우기시나 건기시나 큰 변화가 없이 각각 20~30 mg/l, 5~10 mg/l 정도로 나타났다.

3.2 식생 조사

수원천 정비구간의 식물상에 대한 자료를 마련하고자 1999년 8~9월에 걸쳐 천변식물상을 조사하였다. 동정결과 총 24과 40종의 식물이 동정되었다(표 1).

표 1. 조사된 수원천의 식생종류(24과 40종)

종명	과(Family)	종명	과(Family)	종명	과(Family)	종명	과(Family)
회양목	회양목과	채송화	쇠비름과	까마중	가지과	돌콩	콩과
개나리	물푸레나무과	메꽃	메꽃과	쑥	국화과	새팔	콩과
갯버들	버드나무과	부처꽃	부처꽃과	민쑥부쟁이	국화과	토끼풀	콩과
양버즘나무	버즘나무과	박주가리	박주가리과	엉겅퀴	국화과	줄	벼과
가죽나무	소태나무과	물옥잠	물옥잠과	망초	국화과	바랭이	벼과
인동	인동과	한삼덩굴	삼과	개망초	국화과	강아지풀	벼과
담쟁이덩굴	포도과	부들	부들과	개여뀌	마디풀과	돌피	벼과
봉선화	봉선화과	달맞이꽃	바늘꽃과	소리쟁이	마디풀과	갈풀	벼과
명아주	명아주과	붓꽃	붓꽃과	머느리배꼽	마디풀과	갈대	벼과
분꽃	분꽃과	파리	가지과	애기수영	마디풀과	잔디	벼과

하천 주변의 고수부지와 제방사이에는 높이 3~4m의 석축을 경계로 하고 있으며 석축의 수직면에 담쟁이덩굴이 자라고 있다. 고수부지 구간은 대략 폭 3~7m 정도로 산책로와 함께 산책로 주변에 와생초본식물 및 토끼풀 등이 자생하고 있으며, 저수로 호안에 설치된 자연석들 사이에 민쑥부쟁이, 붓꽃, 갈대 등 본 조사를 통해 확인된 대부분의 식물들이 자라고 있다. 조사지역의 중간구간(영연교 상류)에서 자연석 수직설치구간은 고수부지와 거의 수평으로 설치된 구간을 통해 하천으로 연결되는데 이곳에 갈대, 애기부들, 개여뀌, 쑥 등이 자란다. 수중에는 갈대, 물옥잠 등이 서식한다. 조사구간의 경관은 그림 7, 그림 8에 나타내었다.

상류는 여울지대가 발달하였고 이 구간에서 수변의 자연석 설치구간에 줄, 민쑥부쟁이 등의 식물이 관찰되었고 식물들은 주로 유속이 빠르지 않은 중류구간에서 화홍문에 이르는 구간에서 다량으로 관찰되었다. 영연교 하류를 지나면서 수중의 부착성 미세조류(micro algae)가 다량으로 발생하는 구간이 화홍문까지 이어진다. 이는 하천이 심하게 부영양화 되어있음을 의미하는 것으로 아마도 주변의 인구밀집지역에서 발생하는 생활하수 등의 유입이 의심되는 구간이다.

고수부지에 서식하는 잔디, 토끼풀 등 낮은 키 식물들은 앉아서 쉴 수 있는 장소를 제공한다. 반면 수중의 식물상은 말풀 등의 거대조류(macro algae)를 확인할 수 없을 정도로 매우 빈약하다. 이는 하천에 서식하는 곤충의 유충 및 어류에게는 매우 불리한 조건이 된다.

자연형하천 공사시 식재된 식물의 종은 갈대, 부들 등 약 36종이었으나 본 연구에서 조사된 식물은 개나리, 인동 등 40종이다. 공사시 식재식물과 99년 식물상의 차이는 식물의 개화시기에 따른 동정의 어려움, 하천오염에 의한 식생소멸의 가능성, 자연적 자생식물의 출현, 자연형 정비 후인공

적인 식재, 홍수피해 보수공사시 식생변동 등에 기인하는 것으로 판단된다.



그림 7. 연화교 하류 식생
(갯버들, 갈대, 붓꽃)



그림 8. 방화교 하류구간 식생
(담쟁이, 개나리)

3.3 어류 조사

수원천내의 어류상은 경기대학교 생물학과에서 1998년도 조사하였으며 본 연구에서 99년 8월~9월 기간에 조사하였다. 조사를 통해 총 3목 5과 8종의 어류가 채집, 동정되었으며, 우점하는 어종은 피라미로 확인되었고 대략 3급 수계의 어류군집의 특징을 나타내고 있다(표 2). 하천 상·하류 구간에 설치되어 있는 낙차보의 낙차구간에서 2급 수계에 서식하는 꼭저구, 밀어, 동사리, 점술종개 등도 함께 채집되어 이 구간의 용존산소량이 이들 어류의 서식을 보장하는 것으로 추측된다. 이 결과는 수질조사에서도 2~3급 수계로 판정된 것과 부합되고 있다. 잉어과 어류 가운데 대형하천에서 흔히 채집되는 누치등이 채집되지 않고 망둑어과 2종이 채집되고 있다. 밀어, 동사리, 점술종개 등의 종들이 국내의 수계에서 점차 줄어들고 있는 점을 고려할 때 서식지 보호의 필요성이 매우 높다.

표 2. 조사된 수원천의 어류종류(3목 5과 8종)

구분	종명	과	구분	종명	과	구분	종명	과
잉어목	잉어	잉어과	농어목	동사리	구굴무치과	메기목	메기	메기과
	붕어	잉어과		꼭저구	망둑어과			
	피라미	잉어과		밀어	망둑어과			
	점술종개	기름종개과						

조사를 통해 나타난 수원천의 어류상은 전형적인 국내 하천의 담수어류 분포상을 보이지만 종 다양성은 낮다. 빈약한 종다양성의 원인으로는 수원천 하류 대형하천의 부재, 하류지역의 오염으로 인해 하류의 어류상이 빈약성, 수원천에서 광교저수지로 소상하는 어류의 접근이 불가능한 제방구조, 담수어의 번식에 중요한 하상의 수생식물상 빈약성 등이 추측된다.

식수의 안정적 공급을 위한 수원지 확보와 수질관리를 위해 저수지 준설과 같은 대규모 토목공사가 진행되는 경우 이곳에 서식하는 어류자원의 황폐화가 예상된다. 준설공사의 경우 토착어종의 보호를 위한 이식 및 재입식과 함께 준설공사를 전·후로한 어류상의 변화에 대한 지속적인 추적은 지속가능한 개발을 위해서도 꼭 필요한 것으로 생각된다.

4. 하천관리 및 이용현황

수원천의 자연형 하천으로의 지속적인 유지관리를 위해 다양한 시민참여를 유도하고 있으며 그 간 추진된 관리현황은 수원천 유지관리를 위한 아이디어 모집, 수원천내 하상퇴적물 청소, 우리꽃 심기 운동, 저수지준설, 광교저수지 축제한마당 등이 있으며 하천이용현황은 환경음악제, 여름철 물놀이, 영상축제, 겨울철 놀이공간 등으로 일부구간은 자연석 위주의 저수로 호안으로, 또 다른 구간은 자연석과 식생을 혼용해 시공함으로써 하천수의 자정효과를 증대시키고 생태학적으로 유리하도록 시공해 시민들에게 친수성 있는 휴식공간을 제공하는 한편 학생들의 생태학습장으로 활용되도록 추진하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 자연형 하천공법으로 정비된 수원천의 경기교에서 화홍문 구간을 대상으로 정비현황과 환경적 특성, 홍수전, 후의 수리학적 변화, 하천관리 및 이용현황 등을 분석하였다.

수원천의 경우, 자연형 하천공법 시공전 BOD가 66ppm으로 어류 및 곤충이 살 수 없었던 도시 하천이었지만 시공후 BOD가 2-3ppm정도로 개선되었다. 또한 수원천 저수로에 서식하고 있는 붓꽃, 꽃창포 등은 수변환경을 향상시키는 것으로 판단된다. 자연형 하천공사시 식재된 종은 갈대, 부들 등 약 32종이었으나 본 연구의 조사결과 개나리, 인동 등 약 40종으로 확인되었다. 이러한 차이는 하천오염에 의한 식생소멸의 가능성, 자연적 자생식물의 출현, 홍수피해 보수공사시 인공적 식생, 식물의 개화시기에 따른 동정의 어려움 등에 기인하는 것으로 생각된다. 어류조사에서는 3목 5과 8종이 발견되었다. 어류상은 전형적인 국내하천의 담수어류 분포상을 보였으며, 종다양성은 낮게 나타났다. 이는 수원천 하류의 대형하천의 부재, 하류지역의 오염으로 인해 어류상의 빈약, 수원천에서 광교저수지로 소상하는 어류접근이 불가능한 제방구조, 담수어의 번식에 중요한 하상 수중 식물상의 빈약 등으로 추정된다. 수원천의 경우 자연형 하천정비 결과에 대한 주민들의 반응은 좋은 편이며, 하천 이용도가 비교적 높다. 앞으로 주민과 연계된 하천감시 혹은 관리가 요구된다.

6. 참고문헌

- 김익수(1997), 한국 동·식물도감, 37권, 담수어류, 교육부.
- 김익수(1993), 강연종, 원색한국어류도감, 아카데미서적.
- 수원시(1999), 수원천내 하상퇴적물 준설계획.
- 수원시(1998), 수원천 맑은하천(자연형 하천)가꾸기 실시설계.
- 수원시(1990), 소하천 정비 기본계획.
- 수원시(1997), 소하천 정비 종합계획 보고서.
- 정문기, 한국어도보, 일지사, 1997.
- Chapra, S. C., Reckhow, K. H.(1983), Engineering Approach for Lake Management, An Arbor.
- Coppin, N. J., Richards, I. G.(1990), Use of Vegetation in Civil Engineering, Butterworths.
- James A. G.(1985), The Restoration of Rivers and Streams, An Ann Arbor Science Book.
- わたべ かずじ(1996), 水路の親水空間計画とデザイン. 技報堂出版.