

복원된 청계천에서 복원 효과의 진단과 개선방안

Diagnosis of restoration effects and improving plan in the restored
Cheonggye stream

이창석*, 조용찬**, 오우석***, 박성애****, 설은실*****

Chang-seok Lee, Yong-Chan Cho, Woo-Seok Oh, Sung-Ae Park, Eun-Sil Seol

요지

청계천 복원의 효과가 하천의 형상, 종 조성, 종 다양성 변화의 유연성 및 환경 개선 효과 측면에서 검토되었다.

복원된 청계천은 하천의 종단 및 횡단 형상에서 모두 낮은 자연성을 나타내었다. 종 조성은 부분적으로 자연하천과 유사한 조성을 보였으나 전반적으로 낮은 자연성을 보였다. 종 다양성은 비교적 낮았지만 복원의 역사를 고려할 때 양호한 것으로 평가되었다. 하류와 수변에서는 흥수 후 많은 변화를 가져와 자연으로 회귀할 가능성도 보였지만 상류와 흥수터 이상에서는 변화의 유연성이 낮아 자연으로 회귀하는데 많은 시간이 소요될 것으로 평가되었다. 인공위성 영상 분석 결과, 복원된 청계천은 기온 완화 효과를 나타내었다. 그 밖에 복원된 청계천은 그 주변의 분산된 녹지를 연결하여 그린네트워크를 구축하고자 할 때 핵심적 역할을 할 것으로 기대되어 경관생태적 측면에서의 환경개선효과도 기대되었다.

핵심용어 : 하천 복원, 자연성, 그린네트워크, 경관생태, 종 조성, 종 다양성

1. 서 론

본 연구는 민통선 북방지역을 비롯한 자연하천으로부터 얻은 대조하천 (reference river)정보와 하천의 형상과 생태를 종합하여 마련된 자연도 평가지침에 근거하여 복원된 청계천의 실태를 평가하고, 그 결과에 기초하여 청계천을 생태적으로 건전한 하천으로 되돌리기 위한 개선방안을 제시하는데 목적을 두고 있다.

2 연구 방법 및 절차

대조하천 정보는 식생정보를 중심으로 수집하였다. 식생정보는 강원도 양구군 방산면과 철원군 철원읍 일원의 민통선 북방지역에서 수집하였다. 대조하천 정보는 식생도, 식생단면도 및 식생표로 구축하였다.

본 연구에서는 자연도 평가지침을 통하여 청계천을 진단 및 평가하였다.

* 정회원 · 서울여자대학교 환경·생명과학부 교수 · E-mail : leeecs@swu.ac.kr

** 비회원 · 서울여자대학교 자연과학대학 생물학과 박사과정 · E-mail : bz0288@hanmail.net

*** 비회원 · 서울여자대학교 자연과학대학 생물학과 석사과정 · E-mail : scissorsbio@hanmail.net

**** 비회원 · 서울여자대학교 자연과학대학 생물학과 석사과정 · E-mail : sa208@hanmail.net

***** 비회원 · 서울여자대학교 자연과학대학 생물학과 석사과정 · E-mail : ses1110@hanmail.net

3. 연구 결과

3.1 자연도

복원된 청계천의 자연도 평가 결과를 표 1에 나타내었다. 청계천의 자연도 등급은 1등급에서 5등급에 이르기까지 고르게 분포하였으나 낮은 등급의 빈도가 높게 나타났다. 자리적 위치에 따라 비교하면, 상류의 자연도가 낮고 중류와 하류의 자연도가 높은 경향이었다. 하천의 형상에 의한 자연도와 생태부분에 근거한 자연도를 비교하면, 전자에 근거한 것보다 후자에 의한 것이 높게 나타났다.

표 1. 청계천의 자연도 평가 결과

하천의 구분	상류	중류	하류
항 목	등 급	등 급	등 급
수로의 굴곡	5	5	5
종·횡 사주	5	4	5
흐름의 다양성	5	5	5
하천 단면	5	5	4
저수로 폭의 다양성	5	5	4
저수로 호안	3	3	3
제방 호안 재료	5	3	3
제내지 수변구역 토지이용	5	5	5
제외지 흥수터 이용	4	4	4
횡방향 인공 구조물	2	2	2
식생유형	4	2	2
저서	5	3	5
어류	3	2	2
조류	2	2	1
BOD	1	1	1

표 2. 청계천에 출현한 식물군락의 구성

군락명	면적 (m^2)	비율 (%)
갈대	18.117	0.01
갯벌들	3445.788	2.50
꼬리조팝나무	1319.981	0.96
꽃창포	1555.643	1.13
낙상홍	453.528	0.33
노랑꽃창포	1401.620	1.02
누운갯벌들	3194.039	2.31
눈주목	13.716	0.01
능소화	13.000	0.01
달뿌리풀	11803.121	8.55
답쟁이덩굴	28.543	0.02
덜꿩나무	58.490	0.04
도루박이	781.473	0.57
띠	12.301	0.01
말발도리	510.695	0.37
매자기	1673.549	1.21
맥문동	2360.725	1.71
물억새	40457.473	29.32
백질쭉	33.943	0.02
버드나무	67.856	0.05
별개미취	3.117	0.00
부들	3614.703	2.62
부들 줄 혼식	236.910	0.17
불두화	2.268	0.00
붓꽃	6.646	0.00
산국	15.177	0.01
산질쭉	147.055	0.11
석창포	347.780	0.25
수크령	3575.864	2.59
영산홍	91.928	0.07
옥잠화	27.411	0.02
왕원추리	4.592	0.00
원추리	35.019	0.03
인동덜굴	24.309	0.02
잔디	11833.630	8.58
조팝나무	535.764	0.39
좀작살나무	793.762	0.58
종자뿜어뿌리기	42549.088	30.83
줄풀	1942.827	1.41
찔레꽃	936.765	0.68
큰고랭이	10.444	0.01
키버들	37.827	0.03
털부처꽃	589.307	0.43
하동매실나무	955.473	0.69
흰갈풀	471.713	0.34

3.2 식생 조성

청계천에 성립된 식물군락의 구성을 표 2에 나타내었다. 출현식물군락의 면적은 종자 뿐이 붙이기로 표시된 혼합초지가 가장 넓었고, 물억새군락, 잔디군락, 달뿌리풀군락, 부들군락의 순서로 그 면적이 넓었다.

복원을 위해 도입한 식재식물을 포함하여 청계천에 출현한 식물은 총 216종 이었다. 수생식물은 갈대, 노랑꽃창포, 도루박이, 매자기, 부들, 석창포, 세모고랭이, 애기부들, 졸 및 큰고랭이의 10종으로 그 비율은 전체 출현 식물종의 3.85%로 매우 낮았다. 더구나 그들은 모두 인위적으로 도입한 종이다. 습생식물은 개갓냉이, 개소시랑개비, 개여뀌, 개피, 갯버들 등 37종이 출현하여 전체 출현 식물 종의 14.23%를 차지하였다. 이들은 갯버들, 꼬리조팝나무, 능수버들, 달뿌리풀, 물억새 및 벼드나무를 제외하면 자연적으로 정착한 식물들로서 수생식물과 차이를 보였다. 가락지나물, 가중나무, 개대황, 개맥문동, 개미자리 등의 90종은 금번 조사에서 새로 발견된 종들로서 이전 조사에는 출현하지 않았다. 이들은 전체 출현 식물 종의 34.62%에 해당하는 것으로서 이곳에서 식물상이 빠르게 변화하고 있음을 반영한다.

홍수 전·후의 식물상을 비교하여 확인한 홍수 후 새로 출현한 식물 종은 개갓냉이, 고추, 들깨, 모시물통이, 물쑥 등 21종이었다. 홍수 후 출현한 식물 중에는 고추, 들깨, 메밀, 상치, 유채, 참외, 참깨, 토마토 등 농작물이 많이 포함되었다(홍수 후 출현 종의 38.10%).

외래식물(47종)이 차지하는 비중은 18.08%로서 그다지 높지 않다. 더구나 이곳이 인간간섭에 심하게 노출되는 도심지역이고, 자연적 교란과 인위적 교란의 빈도가 모두 높아 다른 생태적 공간과 비교하여 외래식물의 비율이 높은 하천지역임을 고려할 때 이러한 수준의 출현율은 긍정적인 것으로 평가할 수 있다(이 등 2002, Lee et al. 2003, Lee and Lee 2006). 그러나 그 특성상 외래식물의 성향을 갖는 원예 및 조경용으로 형질 전환된 식물(26종)을 포함하면 그 비율은 30%에 접근하여 향후 이들의 확산에 깊은 관심을 가져야 할 것이다.

출현 식물 종의 생태적 특성을 검토할 때 출현 종 중 많은 종류는 전형적인 하천 변 식물이라기보다는 육상지역 출현 종들이다(81.92%). 이러한 원인은 청계천의 하천단면구조가 너무 가파른 것과 관계될 것이다. 나아가 자연성보다는 안전성에 초점이 맞추어진 호안공사도 이러한 이질적인 식생 성립에 작용하였을 것으로 판단된다.

한편, 너무 조밀하게 도입된 식생은 새로운 식생의 정착에 장애요인으로 작용할 것으로 판단된다. 달뿌리풀을 도입한 강턱 사면을 상부와 하부로 구분하여 수집한 결과를 비교하면, 물과 빈번하게 접촉하여 자주 교란되는 하부에서 출현 종수가 많고, 전형적인 하천 식물도 더 많이 출현하였다. 강턱 하부에 갯버들을 도입한 지소의 식생은 그 조성이 전술한 강턱 사면 하부의 것과 유사하였고, 다양한 종류의 식물들이 출현하였는데, 이러한 결과 또한 같은 맥락에서 해석할 수 있다. 자연적으로 성립된 사주의 식생은 비교적 다양하고, 하천 변의 전형적인 식물도 많이 포함되어 있었다.

이러한 결과에 토대를 두고 호안공사에서 자연소재를 보다 많이 사용하고, 복원과정에서 자연의 과정을 활용하는 방법을 개발한다면 이는 복원된 하천의 적응 관리에 효과적으로 활용될 수 있을 것이다.

3.3 청계천 복원의 문제점

청계천 복원의 문제점은 첫째, 대조하천(reference river)이 없고, 둘째, 하천의 구조적 형상이 단조로우며, 셋째, 식생의 조성 및 공간배열이 생태적 조건을 충족시키지 못하고 있는 것으로 나타났다.

4. 결 론

복원은 파괴되기 이전의 건전한 자연상태를 회복하는 것을 그 목표로 삼고 있다(Aronson et al. 1993; SER 2004). 복원된 지소에 성립된 식생이 복원되지 않은 지소와 비교하여 더 다양한 식물을 보유하고 더 높은 지면 피복율을 보이는 사실을 고려하면(이 및 이 2004, Lee et al. 2003), 청계천 복원은 이러한 측면에서 복원의 효과를 이를 것으로 예측된다.

복원은 또 다른 목표로 그것을 통해 회복한 자연의 완충기능을 이용하여 인간의 깨끗한 생활환경을 확보하는 것을 들 수 있다 (Freedman 1995; Gunn 1995). 그러한 식생의 완충기능은 온전한 구조를 갖춘 완전한 상태, 즉 자연상태의 계에서 최대로 발휘될 수 있다 (이 및 유 2001). 복원된 지소가 이처럼 다양한 종 조성을 갖추게 된다는 상기한 사례의 결과를 고려하면, 청계천 복원은 인간의 깨끗한 생활환경 확보 측면에서도 그 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

복원된 지소는 식생과 동물상 둘 다에서 복원되지 않은 지소와 비교하여 높은 종 다양성을 보였다. 종의 다양성은 어떤 계의 안정성을 결정하는 중요한 요소이다 (Odum and Barrett 2005). 그리고 생태적 복원은 인간의 간섭에 지배되어 단순하고 불안정한 상태로 변화된 계를 복잡하고 안정된 계로 바꾸고자 한다 (Bradshaw 1984). 따라서 복원되지 않은 지소와 비교하여 복원된 지소가 크게 높은 다양성을 보인 것은 청계천 복원이 환경의 안정성 회복 차원에서도 복원의 효과를 발휘할 수 있을 것으로 평가된다.

그러나 청계천 복원에서 이러한 긍정적인 측면만이 예상되는 것은 아니다. 이곳의 복원계획은 충분한 사전 검토와 부지 확보가 이루어지지 못해 생태적인 측면에서 여러 가지 문제점을 드러낸다.

우선, 하천의 형상은 수직 벽면을 이루는 지역이 대부분이고, 그렇지 않은 부분도 그 경사가 급하여 자연하천이 보이는 완만한 경사와 큰 차이를 보인다. 나아가 이러한 급한 경사는 이곳에 도입하고자 하는 식생에 영향을 미쳐 또 다른 생태적 문제를 야기시키고 있다. 하천의 물리적 환경에서 발견되는 다른 문제점은 서식처 복원의 단순함에서 찾을 수 있다. 유럽의 예에서처럼 복원을 위해 충분한 공간이 확보된다면 이러한 문제가 해결될 수 있지만 청계천 복원은 그 공간을 최소한으로 확보한 상태에서 복원을 추구하고 있다. 이런 점에서 향후 자연의 과정에 의존하여 다양한 생물서식처를 창출하기는 힘들 것으로 판단된다. 이런 점에서 향후 보다 다양한 생물서식환경을 창출하기 위한 노력이 요청된다. 또 다른 문제점은 너무 많은 인공시설을 도입한데서 찾을 수 있다.

식생 측면에서의 문제점은 먼저 외래식물을 도입한 데서 찾을 수 있다. 자연하천 복원이 소실된 자연을 되찾고, 그것을 통하여 갖추게 된 안정된 체계를 통해 외래종의 침입 및 확산을 억제할 수 있다는 복원 본래의 의미를 고려하면 이러한 식생의 도입은 그 본래의 목적과 크게 어긋난다 (Lee et al. 2003). 식생 측면의 다른 문제점은 도입 식물의 공간분포, 지리적 분포, 미지형에 따른 차이 등 생태적 정보의 부재에서 찾을 수 있다. 육상식생을 이루는 종을 너무 많이 도입하였고, 외지종과 품종개량식물을 도입한 것, 그리고 유속을 고려하지 않고 정수식물을 과도하게 도입한 것 등은 보다 깊이 있는 생태적 검토를 요구한다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 건설기술혁신사업의 연구비지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 이창석, 유영한(2001). 미래를 위한 생태학으로서 복원생태학의 발전과 전망.
2. 이창석, 이안나.(2004). 생태학적 원리를 적용하여 창조된 환경림에서 확인된 복원 효과, 한국환경생물학회지 제22권, pp. 220-226, 한국생태학회지 제24권, pp. 191-202.
3. 이창석, 오종민, 이남주 역(2002). 하천환경과 수변식물, 동화기술, 서울. pp. 296.
4. Aronson, J., Floret, C., Le floc'h, E., Ovalle, C., and Pontainer, P.(1993). Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands, A review from the South, *Restoration Ecology*, Vol. 1, pp. 8-17.
5. Bradshaw, A.D.(1984). Ecological principles and land reclamation practice, *Landscape planning*, Vol. 11, pp. 35-48.
6. Freedman, B.(1995). *Environmental ecology: the ecological effects of pollution, disturbance, and other stresses*, 2nd ed, Academic press, SanDiego.
7. Gunn, J.M.(1995). *Restoration and recovery of an industrial region*, Springer-Verlag, NewYork.

8. Lee, H.S., H.M. Yoo and C.S. Lee(2003). Distribution pattern of white snakeroot as an invasive alien plant and restoration strategy to inhibit its expansion in Seoripool park, Seoul. Korean J. Biol. Sci, Vol. 7, pp. 197-205.
9. Lee, H.W. and C.S. Lee(2006). Environmental factors affecting establishment and expansion of the invasive alien species of tree of heaven (*Ailanthus altissima*) in Seoripool Park, Seoul, Integrative Biosciences, Vol. 10, pp. 27-40.
10. Meffe GK and Carroll CR, eds(1997). Principles of Conservation Biology, 2nd edition, Sinauer Associates Inc Pub, Sunderland.
11. Odum, E.P. and G.W. barrett(2005). Fundamentals of Ecology, 5th ed, Thomson Brooks/Cole, Belmont, CA.
12. Primack RB(1995). A Primer of Conservation Biology, Sinauer Associates Inc Publishers, Sunderland, Massachusetts.
13. SER (Society for Ecological Restoration)(2004). The SER Primer on Ecological Restoration, Society for Ecological Restoration International, Arizona, USA.