

하천복원의 신동향을 고려한 청계천의 생태성 개선에 대한 연구¹⁾



김혜주 |
김혜주자연환경계획연구소 소장
hjkim@lapla.co.kr

1. 서론

청계천은 1958~1966년 및 1977년도에 하천 연장 8.12km 구간 중 5.8km가 복개되었고, 1967~1971년에는 복개구간 위로 고가도로가 건설되었다. 그 후 2004년 청계천 하류의 복개되지 않은 2.3km를 제외한 5.8km 구간에 대한 대대적인 하도복원사업으로 2005년 10월 청계천 복원사업이 준공되었다. 이 하천복원은 전 세계적으로도 유례가 없는 큰 규모이었고, 최단기의 사업기간이었다. 개거 이후 청계천은 서울을 대표하는 명소의 하나로 도시민의 많은 사랑을 받고 있으며, 도시 경관적, 도시 기후적 효과성은 물론 전국 각 지자체로의 하천복원 파급효과로 나타났다. 하지만 청계천의 건전화에 따른 인위적 유량공급 및 차수시설로 인하여 “콘크리트 어항”이며, 지속 가능성이 없다는 비난을 끊임없이

이 받고 있다. 아울러 수심유지를 위해 설치한 29개소의 횡단구조물은 물의 정체로 이어졌고, 이는 여름철 녹조류의 발생을 야기하여 수생생물에게는 치명적인 여름철 하상청소를 실시하고 있다. 또한 큰 강우시에는 하수유입으로 인하여 어류폐사도 거의 연례행사처럼 나타나고 있다. 더욱이 2004년도에 청계천의 복원방식은 1990년대 말 국내에 도입된 하천복원방식을 그대로 적용하여 끈임없이 변화하는 하천의 움직임에 대한 고려가 미흡하였던 것 같다. 선진국의 경우, 2000년대 이후의 하천복원(21세기식 하천복원) 유형은 하천스스로의 발전을 유도하는 방안으로 정착하였다. 특히 최근의 이상기후에 대비한 홍수방어는 기존의 제방을 높이던 방식 대신에 제방을 없애거나 또는 후퇴하는 방식의 “room for the river” 개념으로 하천에 가능한 많은 공간을 부여하여서, 궁극적으로는 하천이 스스로 움직일 수 있도록 하고 있다(김혜주, 2009). 물론 이러한 개념은 실제로 국내의 여건상 특히 도시하천에서 토지이용상 하도에의 적용은 거의 불가능할 지도 모른다. 하지만 국내에도 이제는 호안공법 중심의 하천복원방식에서 벗어나 하천스스로의 움직임을 가능하게 하는 개념도입과 시도는 필요하다고 본다. 이에 2005년 복원된 청계천의 생

1) 본 연구는 서울시 “청계천 2050 마스터플랜”의 일환으로 수행되었음.

태성 평가를 통하여 지속 가능한 하천 스스로의 발전을 모색하여 보기로 하였다.

2. 하천복원의 신동향

하천복원의 시초는 독일어권인 독일 및 오스트리아와 스위스이며, 1970년대 최초의 하천복원 방식은 인공적인 하천에 콘크리트를 제거하고, 그 자리에 식물을 도입하는 비교적 단순한 형태이었다. 그러나 본격적인 하천복원이 시작된 1980년대 하천복원 방법은 수질향상 및 하천의 생태성 향상을 위하여 필터립 또는 하안립 조성

이나, 생물 서식처 조성을 통한 멸종위기의 생물 종 보호와 보존을 모색하는 것에 큰 주안점을 두었다. 따라서 이 때에는 하천의 생태성 향상을 위한 다양한 기법과 공법이 과감하게 적용되었다. 그러나 이러한 자연형 하천조성(하천복원)공사는 대부분 막대한 공사비를 초래한 것은 물론 공사 직 후에는 기존의 하천 생태계에도 적지 않은 악영향을 초래하였다. 또한 조성된 하천은 인간이 계획한 대로 흘러주는 것이 아니라, 그림1에서처럼 스스로의 물길을 찾아 흐르는 역동성으로 지속적으로 하상을 변화해 가는 것이 하천고유의 특성임을 모두에게 재 확인시켜 주었다.



그림 1. 독일 엔즈(Enz)강의 복원공사 전) 공사직 후) 공사 2년 후 인공섬의 붕괴(LfU, 1995)

이에 21세기에 이르러 기존의 “자연형 하천조성” 또는 “하천복원”이라는 용어 대신에 “하천발전”이라는 용어를 사용하면서 새로운 개념의 하천복원형태가 등장하였다. “하천발전”의 개념은 하천복원을 하나의 프로세스(process)로 보는

것으로서, 단 시간내에 하천의 생태성이 회복되어지는 것이 아니라, 장기간에 걸쳐서 하천이 하천 스스로의 역동성에 의하여 조금씩 변화하여 간다는 것이다. 그리고 이러한 하천의 변화를 인간이 간접적으로 도와주는 것이 하천복원이며,

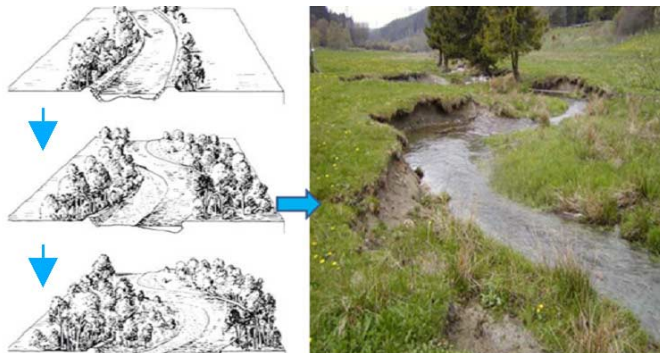


그림 2. 하천발전의 개념(Juering et al., 2004; Buschmann, 2005)

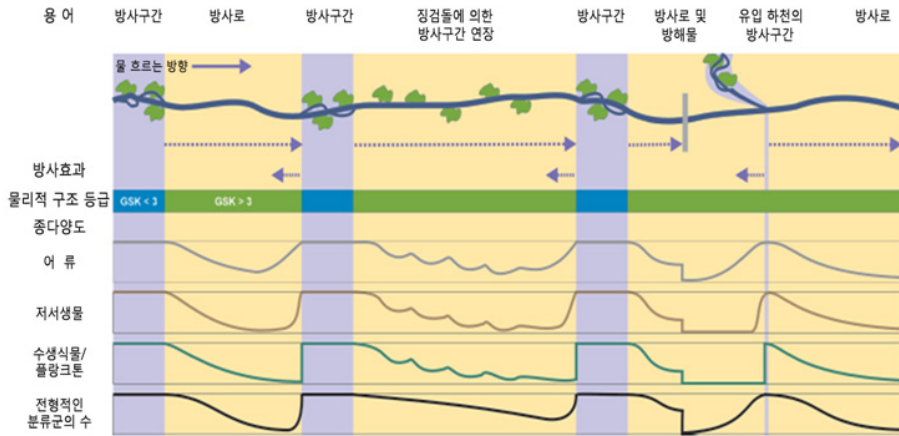


그림 3. 방사구간 및 방사구간 연장에 따른 종적 생태적 효과성(DRL, 2008)

그 방법은 가능한 하천에 많은 공간을 제공하도록 하자는 것이다.

특히 생태적 효과성을 최대화할 수 있는 방사효과를 적극적으로 활용하여 20세기식 하천복원의 단점인 경제적 부담과 동시에 인간의 간섭을 최소화하는 것이다. 방사(放射)란 퍼짐을 의미하는 것으로서 방사구간은 생태적으로 양호한 구간(생태거점)이다. 즉 그림3에서 처럼 방사구간은 물리적 구조 등급이 양호하고, 생물종 및 종다양도가 높아서 방사구간이 있는 하천의 상류 및 하류의 일정 구간에 퍼지는 효과가 방사효과이다. 하천구간 중에서 방사구간이 없는 경우에는 방사구간 연장(대체생태계)을 통하여 하천의 생태성이 방사로에서 보다 저하되지 않도록 하는 것이다. 예를 들면 하천의 물리적 구조 개선을 위한 고목걸침, 또는 식생대의 도입 등이 방사구간 연장의 징검돌이 될 수 있다.

방사효과가 영향을 미치는 구체적인 범위는 표1에서 처럼 하천의 유형과 생물의 종류에 따라서 다르다. 예를 들면, 생태적으로 양호한 방사구간이 1.5km가 있는 소규모 모래하천인 경우, 종적인 방사효과성은 물 흐르는 하류로 방사로의 저서생물은 2.5km, 수생 및 플랑크톤류는 5.0km, 어류는 7.5km까지 효과성이 있다는 것이다. 한편

상류에는 2~4.0km 까지의 방사로의 영향성을 기대할 수 있다.

한편, 하천의 횡적 방사효과란 자연적 하반림, 자연적 초지, 또는 2차 비오톱인 제방 등의 홍수터에서 관찰되는 전형적인 식물군락 및 다양한 생물 서식처에 따른 생태적 효과성이며, 이 구간을 횡적 방사구간 또는 핵심비오톱이라 칭한다. 만약 도시하천에서처럼 홍수터 조성을 위한 공간적 여유가 없는 경우, 수생역과 정수역 그리고 육상역(연수목구역 및 경수목구역)의 생물들을 위한 징검돌 비오톱을 이용하여 횡적연속성을 도출할 수 있다(DRL, 2009).

결론적으로 21세기식 하천복원이란 인공적인 하천을 과도하게 단기에 뜯어고치는 것이 아니라, 하천 스스로 발전하도록 인간이 유도하는 것이며, 그 과정에 종적, 횡적 방사효과를 이용하는 것이 생태적이며 경제적이라는 것이다. 따라서 하천이 스스로 도저히 발전할 수 없는 구간에 대하여는 하천설계 및 시공이 필요하나, 하천의 발전 가능성이 있는 구간에 대하여는 장시간이 걸리더라도 하천 스스로가 스스로의 물길을 찾아가도록 도와주는 것이 가장 바람직하다고 보고 있다.

표 1. 긍정적 영향력을 기대할 수 있는 방사로를 위한 방사구간의 최소 길이(DRL, 2008)

하천유형	생물류	최소한의 방사구간 길이(km)	효과성을 기대할 수 있는 방사로의 길이(km)	
			물 흐르는 방향	물 흐르는 반대방향
저지대 모래하상의 소하천	저서생물	1.5	2.5	2.0
	수생식물/플랑크톤		5.0	-
	어류		7.5	4.0
모래와 진흙의 저지대 중 대규모하천	저서생물	2.5	3.5	1.5
	수생식물/플랑크톤		4.0	-
	어류		12.5	3.5
저지대 하천	저서생물	1.0	1.5	1.5
	수생식물/플랑크톤		1.0	-
	어류		5.5	3.5
입자가 큰 하상의 산지의 소하천	저서생물	0.5	3.0	1.0
	수생식물/플랑크톤		1.5	-
	어류		3.5	2.0
입자가 작은 ~ 거친 하상의 산지 중 대규모하천	저서생물	1.5	4.0	1.5
	수생식물/플랑크톤		2.0	-
	어류		20	5.0

3. 청계천의 생태성 및 개선방안

3.2 생태적 발전의 한계성 및 이상형(잠재자연하천)

3.1 복원 전·직후·복원 8년후의 청계천 수질 및 수생태성

청계천의 수질은 복원 후, 외부에서 공급되는 한강원수 및 지하철역사의 지하수로 복원 전에 비하여 BOD 기준 평균 Ia 인 “좋음”이나, 대장균군수는 복원공사 전과 후에 지속적으로 등급외로 판정되었다. 양호한 수질 및 풍부한 유량과 밀접한 관계가 있는 어류의 생태성도 복원 8년 후 양호한 상태로 평가되었다. 기타의 출현 생물종은 저서생물과 부착조류, 양서파충류를 제외하고 전반적으로 복원 전에 비하여 출현종수 및 개체수가 크게 증가하였으나, 생물들이 지시하는 청계천의 생태성 및 물리적 구조등급의 생태성은 불량한 상태로 평가되었다.

청계천의 생태적 발전 또는 향상의 걸림돌은 존치된 좌·우양안의 복개구조물, 고수부지내를 통과하는 관거, 하천변의 도로 및 건축물과 같은 토지이용성과 1920년대 이미 복개된 많은 상류의 지천들로 인하여 하천의 횡적 연속성 회복이 어려운 점이다. 또한 서두에서도 언급한 바와 같이 누수방지를 위한 상류~중류의 약 4km 구간에 설치된 하상의 차수막(벤토나이트 매트)과 높이 4~8m의 수직적 차수벽으로 인한 하천의 수직적 연속성(하천수와 지하수의 교류)단절, 수심유지를 위한 높이 40cm의 29개의 보에 의한 하천의 종적 연속성 두절이다. 아울러 인공적 유량공급과 도시하천의 친수성 등이 청계천의 생태적 발전에 제한적 요소들이다.

청계천 복원의 이상형은 원시의 청계천이 아니라, 유형적으로 보아 소규모의 평지형 모래하천

표 2. 청계천 복원 전, 직후 및 복원 8년 후의 수질 및 수생태성 평가결과(복원전, 직후: 과기부(2007))

조사항목	복원전(2003)	복원직후(2005~2006)	복원 8년후(2013)
수질(BOD 기준)	VI	III	Ib(좋음)
하천의 물리적 구조	미조사	6등급(불량)	6등급(불량)
식물 및 식생	6등급(polyhemeroby) 인간의 영향력 매우 강함	6등급(polyhemeroby) 인간의 영향력 매우 강함	4등급(β -euhermeroby) 인간의 영향성 비교적 강함
저서생물(ESB)	다소 불량	불량	불량
부착조류(TDI)	보통	양호	보통
어류(IBI) 우점종(아우점종)	C 등급(보통) 붕어(피라미, 누치)	C 등급(보통) 피라미(붕어, 버들치)	B 등급(양호) 피라미(돌고기, 참갈겨니)
야생조류 우점(아우점종)	9종: 참새(집비둘기)	19종: 집비둘기(참새)	19종: 참새(집비둘기)
육상곤충	70종	113종	83종
양서파충류	미조사	2종	0



그림 6. 청계천 유역 및 구하도와 청계천 중·하류구간의 물리적 특성

이다. 이에 국내 자연적 모래하천의 물리적, 생태적 특성을 국토해양부 & 한국건설기술교통평가원(2011)의거해 살펴보면, valley의 특징은 넓은 웅덩이형, 사행도는 1.3~1.5 이상, 파랑의 다양성 및 하상구조의 다양성은 자갈이나 돌하상의 하천에서 보다 단순하다. 그리고 인위적 교란이 없는 모래하천에서는 매우 뚜렷한 수층부와 만곡부가 반복적으로 나타나며, 수층부에서는 포락현상도 나타난다고 한다. 또한 모래하천의 대표적인 식물은 버드나무, 왕버들, 시무나무, 갈풀, 달뿌리풀, 갈대군락이고, 대표적인 모래하천의 어류는 누치, 참마자, 모래무지, 맹경모치, 흰수마자, 긴물개(김익수, 1997), 저서생물은 광택날도래, 바수염날도래, 입술하루살이(McCafferty, 1981; Merritt and Cummins, 1996)이다. 이와

같은 잠재자연하천의 특성과 현재의 청계천과 비교해 보면, 하천의 물리적 구조는 일제시대의 구하도와 현재 청계천 중·하류의 물리적 구조 특성에서 찾아 볼 수 있다. 물론 상류~중류의 경우, 이미 영조시대에 청계천의 직강화 및 주기적인 준설이 있었다는 기록에서처럼 구하도에서도 그림6에서처럼 상류구간은 직강화된 현재의 하도와 거의 다르지 않으나, 중·하류에서부터 중랑천 유입부까지는 전형적인 모래하천의 사행이 있었으며, 현재에도 하류의 저수로내에는 부분적으로 사주밭달을 관찰할 수 있다.

대표적인 출현생물종은 일부 식물 종을 제외하면 모래하천의 기대종이 아닌 종들이 우점 및 아우점하고 있는 실정이다. 따라서 청계천의 앞으로의 생태적 발전상은 2005년 복원 당시에 충

분히 고려되지 못한 청계천 고유의 모래하천 특성을 회복시켜주는 방향으로 유도하는 것이 하천 스스로의 발전을 꾀하는 것이라 판단된다.

3.3 생태적 개선 방안

1) 방사구간의 선정

청계천 물리적 구조의 생태성 평가결과, 그림 7에서와 같이 0~1km 구간은 생태성 “보통”, 1~3, 4~8km는 생태성 “불량”, 3~4km 구간은 생태성 “결여”로 종적 방사효과를 기대할 수 있는 구간은 없는 것으로 평가되었다. 따라서 생태성 향상을 위한 3개의 방사구간을 선정하여 적극적인 개선을 실시하고자 하였다. 그 중에서 0~1km (중랑천합류구간~용답역육교부근)구간은 다른 구간에 비하여 상대적으로 생태성이 양호하여 부분적인 개선만으로도 생태적 향상이 가능하여 하류의 중랑천과 청계천의 상류로 양호한 생태성을 퍼지게 할 수 있다고 판단되었다. 그리고 현재의 생태성은 불량이나, 위치적으로 상류의 7~8km(마전교~관수교부근)구간이 방사구간의 역할에 적합하고, 2.8~4km(정릉천유입부~황학교 부근) 구간은 성북천과 정릉천이 유입되는 구간으로 횡적인 방사효과를 유도하기에 최적이므로 방사구간으로 선정하였다. 이를 위하여는 두 개 지천들의 생태성 향상을 전제로 하였다.

2) 주요 개선내용

이미 언급한 것처럼 복개된 상류지천, 도심의

토지이용성으로 인하여 하천의 횡적인 연속성을 회복하는 것은 청계천의 한계성 때문에 단기적으로 불가능하지만, 저수로의 움직임에 통한 모래하천의 특성을 회복시키는 것, 횡단구조물에 의한 종적 연속성과 차수제의 제거를 통한 수직적 연속성의 회복 또는 부분적 개선은 가능하다. 단 방사구간에 대하여는 하상보호구조물과 보 및 차수제를 단계적으로 완전 철거 하는 것으로 한다. 아울러 어류서식과 자연적 모래하천의 평수량에 준하여 현재의 40cm의 수심은 20cm 이내로의 낮추어 유지관리비의 절감은 물론 모래하천의 고유성을 회복시키도록 한다. 뿐만아니라 기존의 반복적 기계적인 하천관리방식을 생태적 하천 관리방식으로 전환하여 끈임없이 변화하는 하천에 대한 시기 적절한 관리를 적용해 가도록 한다.

①저수로의 사행유도

A: 인공지반으로 이루어진 상류의 좌안은 화강석 두겹석의 수직벽으로, 우안은 조정석쌓기 및 식물로 조성되었다. 복원 8년 후인 현재 하천의 움직임이 없고, 형태는 농수로와 유사하고 하안추이대도 없는 상태이다. 이에 그림 8의 모식도에서처럼 부분적으로 조정석을 빼어내어 고수부지 뒤편에, 일부는 반대편 화강석 호안에 놓아두어 물의 흐름에 변화를 주면서 서서히 저수로의 사행을 유도하고자 하는 것이다.

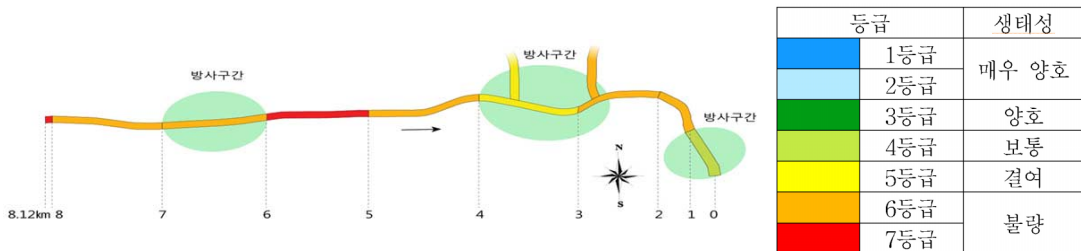


그림 7. 물리적 구조등급 및 종적, 횡적 방사구간의 선정

학술/기술기사

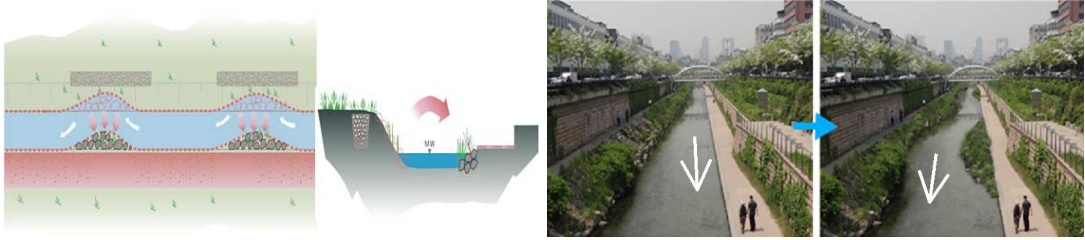


그림 8. 화강석과 조경석 저수호안의 개선방안 모식도 및 개선 전·후의 예상 전경

B: 좁은 저수로내에 방틀이 설치된 구간에서 저수로의 사행유도는 아래의 모식도에서처럼 일부의 방틀을 빼어낸 후, 방틀뒤에 설치된 조경석의 일부도 제거하여 제방쪽에 묻어준

다. 그리고 반대편 저수하안에는 빼어난 방틀의 일부를 놓아주어 물흐름의 변화를 유도하는 방안이다.



그림 9. 방틀 및 조경석 저수호안의 개선방안 모식도 및 개선 전·후의 예상 전경

C: 저수로 폭이 넓고 고수부지가 자연지반인 청계천 중·하류의 저수로 사행은 한쪽의 하안에서 기존의 조경석 또는 블록의 일부를 빼어

내고, 반대편 하안에는 나뭇가지뭉침(쇳단)을 고정하여 물흐름의 변화를 유도하여 준다.

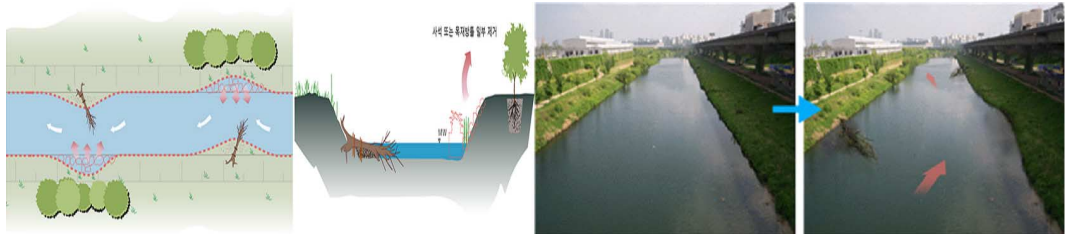


그림 10. 조경석 및 블록의 저수호안의 개선방안 모식도 및 개선 전·후의 예상전경

②하천의 종적 연속성 개선

A: “징검다리+여울보”(H: 40cm)는 수심유지와 사람들의 이동을 가능하게 한 구조이다. 원칙적으로 횡단구조물의 완전제거가 생태적으로

가장 이상적이거나, 수심유지용으로 완전제거는 곤란하므로 보의 약 1/3~1/4가량의 길이를 터주어서 물의 정체를 최소화시킨다. 그리고 기존의 빼어낸 징검돌은 물흐름의 다양성과 징

검돌의 정취를 고취시키기 위하여 어긋하게

놓아준다.

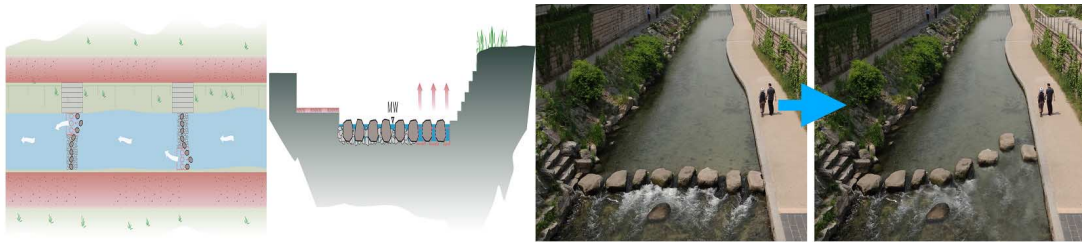


그림 11, “징검다리+여울보”의 개선방안 모식도 및 개선 전·후의 예상 전경

B: “돌여울보” 및 “통나무여울보”(H: 40cm)도 수심유지용으로 조성되었으나, 물의 흐름을 막아 수질악화를 초래하는 것은 물론 유사나

물고기의 이동도 곤란하게 하고 있다. 개선방안은 위에서와 같은 원리이다.

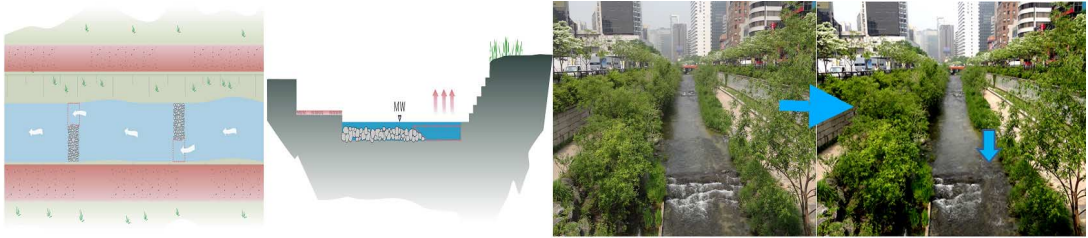


그림 12. 여울보의 개선방안 모식도 및 개선 전·후의 예상 전경

③하천의 수직적 연속성 개선

자연적인 토양공극막힘(soil clogging)은 하천의 유속이 느린 경우, 즉 수력의 전도율이 떨어진 상태에서 약 20~30일 정도면 발생한다고 한다(Vollmer, 2005). 이에 유속이 비교적 느린 황학교 부근에서 맑은내 다리구간(약 4~5km)에 먼저 하상보호용 단단한 돌을 부분적으로 걷어내고 차수제에 일정한 간격으로 작은 구멍을 뚫어준다. 차수벽에는 크랙을 내어 약 1개월 정도 기다린 후, 다음 2차 구간(5~6km)으로 확대하여 조금씩 자연적인 하상의 공극막힘을 유도해 나가면서 궁극적으로는 홍수시에라도 하천수와 지하수의 소통을 꾀하고자 하는 것이다.

④하천의 물리적 구조개선

청계천 25개소에 설치된 징검돌은 방문자들이 가장 많이 찾고, 가장 오래 머무는 장소라고 한다. 그 이유는 이동을 위한 것 이외에도 고향의 향수 때문이라고 조사되었다(황지영, 2011). 그러나 징검돌은 대부분 그림13에서와 같이 마치 보와 같은 형태이다. 이에 파랑의 다양성을 유도하기 위하여 직사각형의 돌은 둥근돌로 바꾸고, 지그재그식으로 놓아 하천의 물리적 구조 개선을 통하여 물흐름에 변화를 주고자 하였다.

또한 자연적인 사주발달이 가능한 만곡부에 인위적으로 설치된 방틀은 저수로를 좁히고 있으므로, 하천스스로의 움직임이 방해되지 않도록 방틀과 같은 시설물은 제거하여 하천의 물리적 구조가 하천의 힘에 의하여 조성되도록 한다.



그림 13. 징검돌 놓기의 개선방안 모식도 및 개선 전·후의 예상전경

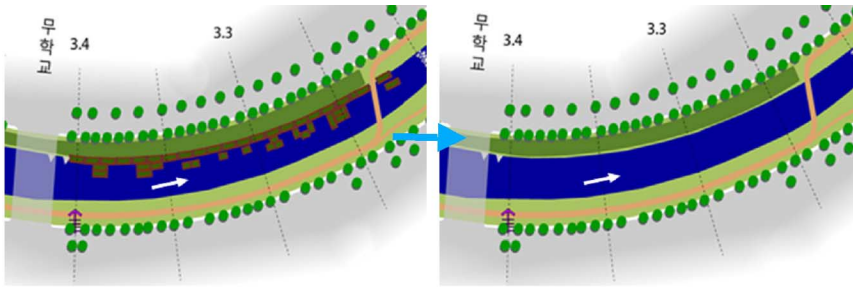


그림 14. 퇴적구간에 놓여진 방들의 개선 전과 후

⑤하천수의 수온조절 및 녹조류억제

자연적인 하천에는 하안수림대가 동반되어 여름철 수온상승이 억제되기 때문에 수중의 용존산소가 많아져 수생생물에게 유리할 뿐 아니라, 낙엽은 수생생물에게 유기물을 제공하고 수목의 뿌리는 하안을 지지한다(김혜주 등, 2011). 따라서 하천복원에서 하천에 수목을 도입하는 것은 당연하다. 하지만 청계천 상류의 경우 하폭 및 고수부지폭이 좁으며, 고수부지의 하부에는 여러종류의 관거가 관통하고 있어서 고수부지에 나무를 식재하기는 어려운 실정이다. 따라서 대체하안수림대를 적절히 배치하여 여름철 수온상승을 억제

하여 수초발생을 저감시키면서 동시에 생물 서식처를 확대하고 방문자에게는 여름철 그늘도 제공할 수 있도록 한다.

⑥생물서식처의 연계 및 확대

청계천의 하류구간은 고수부지의 폭이 넓고 자연지반이기 때문에 고수부지에 하천수목을 식재할 수 있으므로 수목도입을 통하여 하천의 생물서식처 및 생태성을 향상시키도록 한다. 수목의 선정은 모래하천의 특성종으로 하며, 식재기준은 국토해양부&한국건설교통기술평가원(2011)에 따른다.



그림 15. 대체하안수림대의 모식도 및 개선 전·후의 예상 전경



그림 16. 사행유도 및 수목식재의 모식도 및 개선 전·후의 예상 전경


⑦ 기타

하천의 구역별 시기별 생태적 관리 및 성북천과 정릉천의 생태적 개선방안은 지면관계상 본고에서는 생략함.

4. 결론 및 고찰

일반적으로 하천복원(자연형 하천 조성)후 약 10년이 지나면, 복원사업의 생태적 효과성을 평가할 수 있다고 한다(Krause, 2000). 그 이유는 하천의 생태성이 단시일 내에 완성되는 것이 아니기 때문이다. 2013년 기준으로 청계천은 복원 후 8년이 되었으므로 생태성 평가가 다소 이른 감도 있으나, 복원 전과 비교하면 외부에서 공급되는 유량으로 수질과 어류의 생태성은 두드러지게 양호해 졌고, 조류, 곤충 및 식물의 출현종수는 크게 증가하였다. 하지만 하천의 물리적 구조, 부착조류 및 저서생물상이 가리키는 하천의 생태성은 복원이전과 비교하여 거의 향상되지 않은 것으로 평가되었다. 특히 청계천의 물리적 구

조의 생태성은 5년 이상 경과한 전국 16개 자연형 하천 평균 4등급(생태성 보통)(김혜주, 2008)과 비교하여 무려 2등급이나 낮은 6등급(생태성 불량)으로 평가되어 하천 물리적 구조의 개선은 매우 시급한 상태로 나타났다.

청계천의 생태적 개선방향은 첫째, 모래하천으로서의 청계천 고유의 물리적 특성이 되살아나게 하고, 둘째는 하천스스로의 발전이 가능하게 유도하며, 셋째는 방사효과를 활용한 경제적인 방안을 적용해 보고자 하였다. 하지만 청계천이 지닌 한계성, 즉 도심하천으로서 토지이용적인 한계와 인위적인 유량 공급에 의지할 수 밖에 없는 건천화된 하천으로서 기존의 6등급(생태성 불량)인 상태는 본 연구에서 제시한 모든 방안을 적용한다고 가정하여도 겨우 4등급(생태성 보통)으로 개선할 수 밖에 없음은 매우 안타까운 일이다. 하지만 앞으로 중장기 차원에서 지천복원과 물순환계획을 점차적으로 실현할 수 있다면 청계천의 생태성은 보다 더 향상되어질 것으로 기대된다. 

참고문헌

- 과학기술부(2007). 청계천 복원공사 모니터링 및 물순환 해석기술적용.
- 국토해양부&한국건설교통기술평가원(2011). 홍수터보전/복원기술연구보고서.
- 김익수(1997). 한국동식물도감, 제 37권 동물편(담수어류). 교육부.
- 김혜주(2008). 국내 자연형 하천 조성사업의 효과성-LAWA를 이용한 하천의 물리적 구조 평가기

법에 의한 평가. 수생태복원사업단 심포지엄. 국내 자연형 하천 사업평가를 통한 자연하천의 창출 및 복원유도 방향. 1-19.

- 김혜주(2009). 라인강 상류의 홍수방어와 생태계 복원전략. 월간 한국수자원학회지. 물과 미래. 42(1). 23-28.
- 김혜주 · 신범균 · 유영한(2011). 국내 홍수터의 하안수림대 조성을 위한 연구. 한국환경생태학회지 25(2), pp. 189~210.
- 황지영 · 조기찬 · 양승우(2011). 서울도심부 청계천 이용자 행태분석에 관한 연구. 대한건축학회논문집 계획계, 27 (2), 185-192.
- Buschmann, M.(2005). Eigendynamische Gewaesserentwicklung als Baustein zu einem guten oekologischen Gewaesserzustand: Vortrag im Rahmen des Seminars " Erfolgskontrollen bei Fliessgewaesserrenaturierungen-Erfahrungen, Anforderungen und Methoden" der Alfred Toepfer Akademie f. Naturschutz am 09. 2005 in Schneverdingen. 28-29.
- DRL(Deutscher Rat fuer Landespflege)(2008). Kompensation von Strukturdefiziten in Fliessgewaessern durch Strahlwirkung. Schr. R. des DRL. H. 81. 138p.
- DRL(Deutscher Rat fuer Landespflege)(2009). Verbesserung der biologischen Vielfalt in Fliessgewaessern und ihren Auen.
- Juering, P., Kraus, W., Patt, H.(2004). Naturnaher Wasserbau, Entwicklung und Gestaltung von Fliessgewaessern. Berlin, Heidelberg. Springer Verlag.
- Krause A.(2000). Ueber Motive fuer die oekologische Verbesserung von Wasserlaeufen. In: Bundesamt f. Naturschutz(Hrsg.): Angewandte Landschaftsoekologie. H. 37. 9-11.
- LAWA(Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser)(2000). Gewaesserstrukturguetekartierung in der BRD. 1. Auf. Schwerin.
- LfU(Landesanstalt f. Umweltschutz Baden-Wuerttemberg)(1995). Naturnahe Umgestaltung von Fliessgewaessern. Handbuch Wasser 2. Teil III: Dokumentation der Entwicklung ausgewaehlter Pilotvorhaben. Erste Zwischenergebnisse der Erfolgskontrolle. Karlsruhe.
- McCafferty, W.P.(1981). Aquatic entomology. Jones and Bartlett, Boston. pp. 448.
- Merritt, R.W. and K.W. Cummins(1996). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd ed. Kendall/Hunt Publ. Co.
- Vollmer, S.(2005). Einfluss der Oberflaechenstroemung auf die permeable Gewaessersohle.