

소하천 수변 토지피복에 따른 하천 건강성 분석

Analysis of Stream Ecosystem Health in Headwater Areas Using Landcover Data

한대호*, 김익재**

Dae Ho Han, Ik Jae Kim

요 지

소하천은 하천 네트워크의 최상류에 넓게 소재하는 하천이다. 본 연구의 목적은 올바른 소하천 수생태계 관리방안을 도출하기 위하여 소하천의 건강성을 분석하고 현행 소하천 관리제도의 개선점을 모색하는 것이었다. 본 연구에서는 다음과 같은 분석방법을 이용하였다. 첫째, 2007년 한강수계 소하천 28개 지점에서의 부착조류(DAI_{PO}, TDI), 저서성 대형무척추동물(KSI), 어류(IBI), 서식환경, 수변환경 등 6개 항목에 대한 수생태 건강성 조사결과를 토대로 공간적 분포와 수질현황을 조사하여 소하천에 대한 종합적인 건강성 평가를 실시하였다. 둘째, 분석대상지역을 각각 소하천 구간스케일(28개 지점)과 유역스케일(팔당호, 안성천 유역)로 선정, 하천차수도(1:25,000)를 활용하여 해당 구간과 유역의 소하천도를 작성하였다. 셋째, 작성된 소하천도는 ArcGIS(ver. 9.3)에서 30, 60, 90, 120, 150-m Buffering을 하였다. 다음으로 소하천 구간은 중분류(23개 항목, 2000~2006 또는 2007년) 토지피복도를, 팔당호 및 안성천 유역의 소하천은 대분류(8개 항목, 1975~2000년) 토지피복도를 적용하여 분류항목별 면적변화비율을 산정하였다. 끝으로 소하천 정비에 대한 제도적 문제점을 분석하여 소하천 관리의 개선점을 연구하였다.

그 연구 결과, 첫째 연구대상 소하천(28개)의 건강성은 도심 소하천에서 가장 낮게 조사되었고, 일부 소하천은 비록 상류에 위치함에도 불구하고 부착조류의 유기물, 영양염류 평가가 낮게 평가되었다. 둘째, 소하천 구간 스케일의 수변토지피복변화 분석결과 소하천 수생태 건강성은 거시적으로 산림, 도시화, 밭 등의 피복 변화에 민감한 것으로 나타났으며 도시화 피복변화의 영향은 수변 30m에서 60m보다 3배 정도 큰 것으로 나타났다. 유역 스케일 분석에서는 상대적으로 도시화가 많이 진행된 안성천 유역의 소하천이 팔당호 유역보다 낮은 건강성일 것으로 예측되었다.

결론적으로 적절한 소하천 수변관리는 지역 하천의 건강성을 온전히 회복시키고 개선·유지하기 위한 중요한 수단들 중에 하나이며 수변토지피복의 변화율은 (소)하천 건강성 또는 유역관리의 지표로 활용될 수가 있는 것으로 조사되었다. 이와 더불어 본 연구를 통해 소하천 복원 및 관리는 소하천 특성을 고려한 장기적인 계획과 관리대상의 우선순위를 바탕으로 점진적인 대안마련이 필요할 것으로 사료된다.

.....
핵심용어 : 소하천 관리, 수생태 건강성, 영향인자, 수변 토지피복변화

1. 서 론

소하천은 전체 국토 또는 유역면적에서 그 해당 범위가 매우 넓고 자연적, 사회적으로 다양한 특성을 가지고 있다. 이런 소하천의 적절한 관리는 하류하천과 유역관리에 매우 큰 영향을 주며

* 정희원 · 한국환경정책·평가연구원 연구원 · E-mail : dhhan@kei.re.kr
** 정희원 · 한국환경정책·평가연구원 책임연구원 · E-mail : jkim@kei.re.kr

하류하천뿐만 아니라 호소 및 전체 물환경의 건강성 보호(수생태계 건강성 등) 또는 나아가서 통합유역관리(수자원, 수질, 생물, 토지이용, 서식지 복원 등) 등에 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 이런 중요성에도 불구하고 지금까지 소하천 관리는 치수 중심의 하천정비를 위한 대상으로 간주되고 소하천의 수생태계 보고(寶庫)로서의 가치는 외면 받고 있는 실정이다.

소하천 수생태계 건강성에 미치는 영향인자로는 폭우 및 홍수, 산사태와 같은 자연재해 요소와 직강화, 콘크리트 일색으로 진행되어 오던 소하천 정비, 상류지역의 저수지 건설에 따른 유지용수 공급 감소, 지하수의 과다 이용, 무분별한 개수(改修) 등에 의한 건천화, 미처리된 마을 하수 유입, 축산폐수 그리고 농업 비점오염물질 유입 등 다양하다. 그러나 이런 다양한 인자들이 소하천의 수생태계 건강성에 실제적으로 어떤 영향을 미치는지 평가하기에는 적지 않은 어려움이 있다.

일반적으로 소하천 수변은 상대적으로 폭이 좁고 지형이 급경사인 경우가 많아 하류 하천보다 토지이용 변화에 민감하다. 이런 토지이용의 확대는 소하천의 형태를 변화, 변형시켜 수해에 취약하게 만들며 수생태계가 머무를 수 있는 서식지를 파괴하고 이동을 단전시키며 오염물질의 발생 증가 및 기존의 자연적 유입수를 차단 또는 변경시키는 요인이 된다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 소하천 수생태계 건강성에 미치는 수변 토지피복변화의 영향을 분석하고, 현행 소하천 관리의 문제점과 제도적 개선점을 분석하였다.

2. 소하천 수생태계 건강성과 수변 토지피복변화 영향분석

2.1 분석방법

본 연구에서는 소하천 수생태 건강성 평가 및 소하천 수변의 토지피복변화를 다음과 같이 분석하였다. 첫째, 2007년 한강수계를 대상으로 수행된 320개 지점 중 소하천 28개 지점을 선정하고 이 지점들에서의 부착조류(DAI_{PO}, TDI), 저서성 대형무척추동물(KSI), 어류(ABI), 서식환경, 수변환경 등 6개 항목에 대한 수생태 건강성 조사결과를 토대로 공간적 분포와 수질현황(BOD, TP)을 조사하여 소하천에 대한 종합적인 건강성 평가를 실시하였다. 둘째, 분석대상지역을 소하천구간 스케일(28개 구간)에 대하여 하천차수도(1:25,000, WAMIS)를 적용하여 소하천도를 작성하였다. 이들의 소하천 구간은 ArcGIS(ver. 9.3)에서 30, 60, 90, 120, 150-m Buffering을 하였다. 우리나라 소하천은 관리목적으로 분류되므로 유역 전체에서 다수의 소하천을 별도로 분류하기 위하여 팔당호 및 안성천 유역에서 모든 국가 및 지방하천도와 하천 차수도를 하나씩 대조하면서 삭제(erase), 분할(split)과 병합(merge)을 실시하여 선(線, line) 형태의 소하천도를 제작한 뒤에 소하천 폭을 차수별(1차는 2m, 2차는 4m, 3차 6m, 4차는 8m)로 임의로 가정하여 폴리곤 형태의 소하천도를 작성하였다. 셋째, 대상지역에 대한 대분류(8개 항목, 1975~2000, 5년 주기), 중분류(23개 항목, 2000, 2006 또는 2007) 토지피복 분류항목 분석을 통해 분류항목별 전체유역면적 대비 수변면적의 변화를 분석하였다. 소하천 구간스케일(28개 지점)에는 중분류 수준의 2000년도와 2006년 혹은 2007년도를 비교 평가하고 유역 스케일 수변 토지피복 분석에는 제작된 전체 소하천도와 기타 국가, 지방(하류)하천을 구별하여 WAMIS에 공개된 5년 간격의 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000년의 6개 대분류 토지피복자료를 활용하였다. 모든 공간자료의 좌표체계는 Transverse Mercator(TM)이고 중부원점의 Bessel 타원체를 적용하였다.

2.2 연구대상지역

연구 대상지역은 한강수계 28개 소하천 지점(하천구간 스케일)과 2개 유역(팔당호 및 안성천 유역)으로 설정하였다. 소하천 수생태계 조사지점은 크게 한강서울유역의 도시 소하천 2개소(도심, 덕소천), 시화호 유역 1개소(발안천)와 오십천 유역 1개소(연곡천)와 기타 한탄강 수계의 2개소(사곡천, 영평천) 나머지 21개소는 남한강 및 북한강 유역으로 상류에 소재하고 있다.

팔당호 유역은 한강수질오염총량 단위 유역의 8개소와 중권역 수준의 안성천 유역이 해당된다.

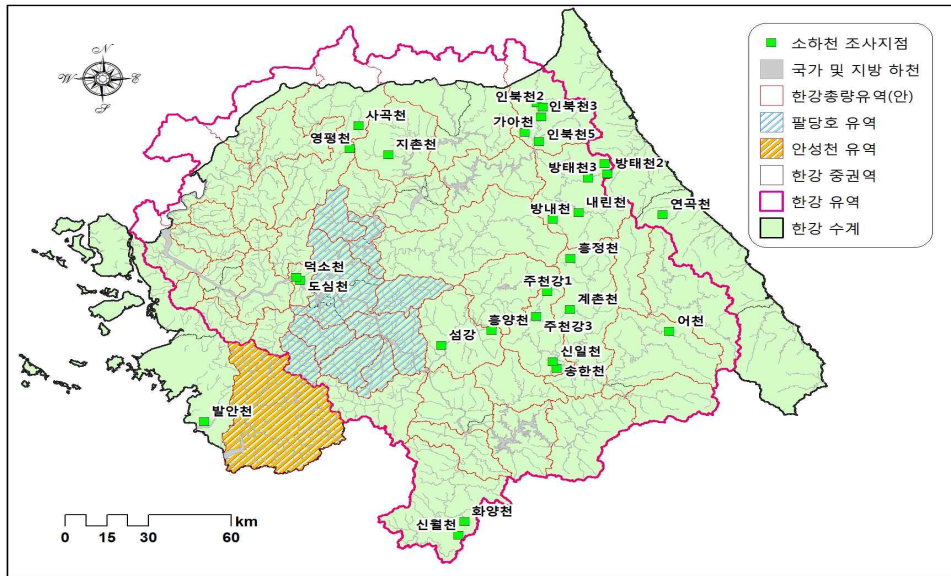


그림 2. 소하천 수생태 조사지점과 팔당호 및 안성천 유역

3. 분석 결과

3.1 소하천 수생태계 건강성 분석 결과

소하천에 대한 종합분석 결과 사곡천 및 영평천(한탄강), 신월천(달천), 방태천2(소양강) 등의 소하천 생태환경이 가장 높았으며 도심천 및 덕소천, 인북천1(인북천), 지촌천(평창강), 발안천 등이 가장 낮게 평가되었다. 저서성 대형무척추동물의 생태환경이 가장 높았으며 부착조류와 어류 등급은 상대적으로 낮았다.

부착조류를 이용한 유기물 오염을 평가하는 DAI_{PO} 는 보통이하(C, D 등급)가 18개 지점(64.3%)으로 나타나 소하천에서 유기오염물질의 관리대책이 필요한 것으로 판단되었으며 남한강 유역의 섬강과 평창강을 따라 소재한 소하천들의 TDI 등급은 DAI_{PO} 보다 모든 낮은 등급으로 조사되어 영양염관리가 필요한 것으로 나타났다. 어류 등급은 인위적 간섭이 적은 지역(예: 한탄강 인근)을 제외하고는 최적의 상태는 아닌 것으로 평가되었다. 서식환경과 수변환경 또한 몇 개 지점의 소하천을 제외하고는 대체적으로 양호 이상의 소하천이 많았다. 전반적인 수질(BOD, TP)은 도심 소하천을 제외하고는 매우 나쁘지 않았다.

3.2 소하천 수변 토지피복변화의 영향 분석

3.2.1 소하천 구간스케일

소하천 30m의 수변거리에서 토지이용변화 경향을 산림항목 감소(약 -10% 이상)가 큰 소하천, 경작지 중 밭 면적 증가가 높은(약 +5% 이상) 소하천, 30m 거리의 전체 수변 면적에서 밭의 면적이 높은(약 20% 이상) 소하천, 도시화율이 가장 높은 소하천, 토지피복변화가 거의 없었던 소하천 등을 구분하여 검토하고 그 결과를 표 2에 나타내었다.

밭 면적이 큰 소하천의 수생태 건강 등급의 경우 저서생물을 제외하고는 다른 소하천에 비하여 매우 열악한 것을 알 수 있었다. 또한 산림 면적이 밭 면적으로 전환되는 경우 BOD, TP가 가장 높게 나타나 물환경에 직간접적인 영향을 주는 것으로 분석되었다. 지촌천(+5.8%)의 경우 도심 소하천(덕소천, 도심천)을 제외하고 가장 높은 도시화 변화율을 보이고 있는데 전반적인 수생태 건강성은 상대적으로 낮게 나타난 것으로 보아 도시화율이 소하천 건강성에 영향을 주는 것으로 판단된다. 토지피복변화가 거의 없었던 소하천은 저서생물(A등급; 최적)과 어류(B등급; 양호)의 서식 상태가 똑같으며 서식환경이나 수변환경도 잘 보전되고 있는 것으로 나타났다. 본 분석을 통해 하천 수생태 건강성은 거시적으로 산림, 도시화, 밭 등의 피복변화에 민감한 것으로 나타났다.

표 1. 수변에서의 토지피복변화

분류항목	경계값(%)	해당소하천	DAI _{PO}	TDI
산림감소	-10	계촌천, 내린천, 신월천, 주천천, 어천, 연곡천, 흥정천 등	C/B/A/C/B/C/B	D/A/B/C/B/C/B
밭 증가	+5	계촌천, 내린천, 덕소천, 도심천, 신월천, 주천천, 흥정천 등	C/B/D/D/A/C/B	D/A/D/D/B/C/B
밭 면적 (2007)	+20	계촌천, 도심천, 신일천, 화양천, 흥양천 등	C/D/C/B/C	D/D/D/C/B
도시화 증가		덕소천, 도심천, 내린천, 송하천, 지촌천, 흥양천 등	D/D/B/B/C/C	D/D/B/D/D/C
무변화		인북천5, 방내천, 방태천2, 방태천3 등	C/C/B/C	D/A/A/A

수변에서 거리별(30m와 60m) 토지피복변화율(도시화율)을 분석한 결과, 분석가능 대상 소하천의 경우 30m 내에서 더 큰 변화율이 15개, 60m 내에서 더 큰 변화율은 5개, 변화율이 같은 것은 5개로 나타나 수변에 인접한 도시화 토지피복(이용)이 3배가량 되었다. 비슷한 해석으로 방태천2, 주천천 등을 제외하고는 대부분의 소하천 수변 30m 내에서의 토지피복변화율이 60m보다 큰 것으로 분석되었다.

3.2.2 유역 스케일

팔당호 유역에서 도시화는 0.54%(1975)에서 3.03%(2000)으로 +2.49% 증가하였으며, 혼효립(산림)은 -3.54% 감소하였다. 기타 전반적인 농업은 감소하는 추세이고 초지는 가장 많은 변화(+4.31%)를 보였는데, 상수원 보호대책이나 인근의 골프장 신설 등에 기인한 것으로 사료된다.

소하천 수변 30, 60, 90m에서 도시화율은 각각 +3.05, +2.99, +2.91%로 미약하나마 소하천 수변에 제일 가까이 도시화가 많이 진행된 것을 알 수 있었다. 농업은 -0.46, -1.10, -1.95%로 감소, 산

림의 변화율은 -9.64, -8.60, -7.35%로 가장 많이 감소하였다. 결론적으로 팔당호 유역에서는 지난 수십 년간 자연보호 정책이 시행되면서 유역 전체에서의 도시화 진행을 보다 소하천 수변에서의 진행율이 약 0.56% 높은 것으로 나타났다.

안성천 유역에서 도시화는 2.91%(1975)에서 11.14%(2000)으로 +8.23 증가하였는데 이는 팔당호의 3.3배로 도시화 진행율이 빠르게 나타났다. 산림은 -5.84% 팔당호 유역보다 더 감소하였다. 기타 전반적인 농업은 1980년 이후에는 감소하는 추세이고, 특히 논 면적은 -5.32%로 밭 면적(-0.68%)보다 더 많이 감소하였다.

안성천 소하천 수변 30, 60, 90m에서 도시화율은 각각 +6.63, +6.46, +6.45%로 미약하나마 소하천 수변에 제일 가까이 도시화가 많이 진행된 것을 알 수 있었다. 농업은 -0.22, -1.10, -3.47%로 감소, 산림의 변화율은 각각 -11.97, -10.66, -8.00%로 두 유역 모두 분석 항목 중에서 지난 25년간 가장 많이 감소하였으며, 특히 안성천 유역에서의 산림손실이 더 높아 서식환경은 더 훼손되었을 것으로 예상되었다.

4. 결론 및 고찰

소하천 수생태 건강성 분석을 통해 첫째 수생태계 보호를 위한 도심 소하천에 대한 낮은 건강성을 확인할 수가 있었다. 둘째 비록 상류에 위치하지만 유기물이나 영양염류에 의한 부착조류의 낮은 서식환경이 확연한 차이가 발견되어 관리대책이 필요한 것으로 조사되었다.

소하천구간 스케일의 수변 토지피복변화 분석에서는 소하천 수생태 건강성은 거시적으로 산림, 도시화, 그리고 밭 등의 피복변화에 민감한 것으로 결론지을 수 있었다. 특히 일부 건강성이 낮은 소하천에서의 산림 면적의 감소는 밭 또는 도시화 면적의 증가로 전환되는 것으로 이해할 수 있었으며 이는 도심 소하천의 수변 토지피복변화에서도 잘 나타나 있었다. 특히 도시화 피복은 수변 30m에서 60m보다 3배 정도 큰 것으로 산정되었다.

팔당호와 안성천 유역 소하천 수변의 비교에서는 예상대로 개발이 많이 된 안성천 소하천의 수생태계의 건강성이 낮은 것으로 이해할 수 있었다.

결론적으로 각 토지피복 항목별 분석결과를 통해 토지이용도 변화율의 증감이 소하천을 포함하여 하천 생태계와 기타 내륙생태계에 직접적인 위해성이나 훼손 및 교란을 가져온다는 것을 간접적으로 평가할 수 있었으며 평가지표로써의 기능이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 더불어 본 연구를 통해 소하천 복원 및 관리는 소하천 특성을 고려한 장기적인 계획과 관리대상의 우선순위를 바탕으로 점진적인 대안마련이 필요할 것으로 사료된다.

감 사 의 글

본 연구는 한국환경정책·평가연구원 고유 기본사업(KEI RE2008-09)에 의한 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 김익재, 한대호(2008). 수생태계 보호를 위한 소하천 관리 방안, 한국환경정책·평가연구원.
2. 국립환경과학원(2008). 수생태 건강성 조사 및 평가연구.