

수질정화 및 생태서식처 조성을 위한 수변완충지대 설계 및 운영 방안 기초연구

A Preliminary Research of Design and Operation of Riparian Buffer Zones for Reduction of Water Pollutants and Construction of Wildlife Habitat

정상준*, 우효섭**, 오종민***, 최이송****, 안홍규*****

Sang Joon Chung, Hyo Seop Woo, Hong Gyu Ahn, Jong Min Oh, I Song Choi

요 지

급속한 산업화로 인한 오염물질의 증가와 생물서식처의 감소는 수자원과 생태계를 위협하고 있다. 국내의 경우 수자원의 질을 개선하기 위해 '90년대 초부터 하수처리시설 등의 저감시설을 대폭 확충하였으나 현재 까지 팔당호 등 주요상수원이 목표수질에 못 미치고 있으며 그 원인은 유입오염물질의 22~37%를 차지하는 비점오염원으로 지목되고 있다. 또한 생태경관적 가치가 높은 수변지역은 각종 개발로 생물서식처가 급속도로 감소하여 종 다양성 보전 측면에서 대책마련이 시급한 실정이다. 이와 유사한 상황에 직면한 선진외국에서는 '하천회랑(river corridor)' 또는 '토양 및 생태시스템을 포함하는 수역과 육역의 점이(漸移)지대'를 의미하는 이른바 '수변완충지대(Riparian Buffer Zones)'의 오염정화 및 생태조성 효과 등의 연구를 통해 효율적 조성방안을 제시하고 있으며 다양한 형태로 현장에 적용하고 있다. RBZs의 일반적인 기능으로는, 유사나 오염물질의 여과 및 차단(필터링 효과), 영양염류의 저감, 하천변 식생을 통한 수자원의 정화 및 강터의 안정화, 홍수로 인한 하천침식의 방지, 수변 생물 서식처 제공, 수변 그늘 제공에 의한 수온상승 방지, 심미·교육·위락 공간 제공 등이다. 본 연구에서는 외국의 RBZs(Riparian Buffer Zones)가이드라인을 참고하여 국내실정에 맞는 파일럿 규모의 시험완충지를 설계 및 조성하였다. 시험완충지는 남한강 연안에 초본류, 갈대류, 관목류, 자연식생, 혼합식생 등 5가지 'dry biotope' 형태로 설치하여 1년간 계절별로 운영하였다. 또한 실험의 정량화와 다양한 조건변화를 위해 차수막, 위어, 유량·농도 조절장치, 라이시미터 등 보조시설을 설치하였고, 정기적인 모니터링을 실시하였다.

조사결과 외국사례를 살펴보면 RBZs의 적정 폭은 수질정화기능의 경우 15~30m, 생태서식처 기능은 최소 90m이상으로 제시되며, 시험완충지의 수질정화효과는 SS, T-N, T-P, TOC의 평균저감율이 각각 50%이상으로 나타났다. 식생모니터링 결과, 환삼덩굴 등 우점종의 잠식속도는 약 15일이며 갈대와 갯버들의 경우 우기시 인공목책호안과 동일한 침식방지 효과를 보이는 것으로 관찰되어 식생의 주기적인 모니터링과 지역 특성에 적합한 우점종 선정이 매우 중요한 것으로 판단된다.

핵심용어 : 생물서식처, 수질정화, 비점오염원, 수변완충지대(RBZs), 시험완충지

1. 서론

국내외적으로 맑은 물에 대한 욕구가 높아지면서 수자원의 질 향상을 위한 다양한 방안이 시도

* 정회원 · 한국건설기술연구원 국토환경연구부 연구원 · E-mail : jsj@kict.re.kr
** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구위원 · E-mail : hswoo@kict.re.kr
*** 정회원 · 경희대학교 환경응용화학부 교수 · E-mail : jmoh@khu.ac.kr
**** 정회원 · 경희대학교 환경응용화학부 선임연구원 · E-mail : isongchoi67@hotmail.com
***** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : ahnhk@kict.re.kr

되고 있다. 국내의 경우 공공수역 유입 오염물질의 22~37%를 차지하는 비점오염원 문제의 심각성을 인식하고 정부는 이른바 ‘한강법’을 제정하여 팔당호 상류 북한강, 남한강, 경안천 등 주요 하천 연안 500~1,000m를 수변구역으로 지정하여 행위규제와 환경보전을 통해 팔당호 유입 오염물질의 저감을 정책적으로 유도하고 있다. 국외의 경우 1970년대 ‘맑은 물 법(Clean Water Act)’을 처음 제정하여 점오염원 대책 위주의 강력한 공공수역 수질개선사업에 앞장선 미국에서도 1990년대까지 목표수질을 달성하지 못한 원인으로 비점오염원을 지목하고 있다. 이에 따라 비점오염원 저감 및 제어를 위한 대책, 기법 등이 활발히 제시되고 있으며, ‘수변완충지대(Riparian Buffer Zones)’를 이용한 수질개선 기법은 생태적, 경관적 기능까지 갖춘 다목적 기법으로서 선진국에서는 수질개선과 생태복원의 최적관리기법(BMP)으로서 다양한 형태로 현장 적용되고 있다.

본 연구에서는 국외에서 제시된 RBZs가이드라인의 조사, 국내 실정에 맞는 RBZs설계 및 파일럿 규모의 시험완충지 조성을 통해 수변완충지대의 효율적 운영방안을 모색해 보고자 하였다.

2. 수변완충지대의 설계 및 조성

2.1 수변완충지대의 기능

수변완충지대는 지형적으로 띠 형태의 회랑(corridor)으로서(그림 1 참조), 토양, 동식물 등 생태시스템을 포함하는 수역과 육역의 점이(漸移)지대이며 기능적으로는 수질오염물질 제거, 생태서식처 제공 등의 역할을 한다(그림 2 참조).



그림 1. 수변완충지대(매릴랜드 주)

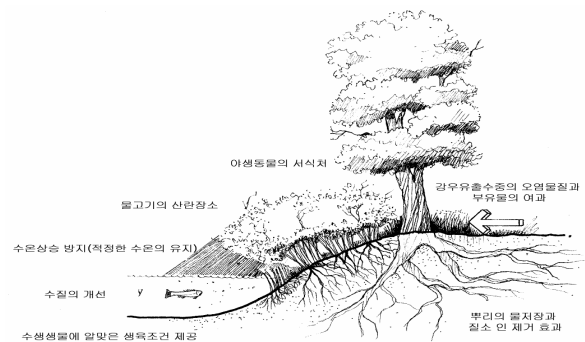


그림 2. 수변완충지대의 기능(USDA, 1998)

2.2 국외 가이드라인 사례

미국의 수변완충지대는 보통 농경지나 삼림을 대상으로 하기 때문에 연방정부 차원에서는 농무성 자연자원보전국, 내무부 국립산림청에서 담당하며 비점오염원과도 관련되므로 환경청과도 밀접하다. 또한 각 주별로 지역실정에 적합한 권고안을 제시하기도 한다.

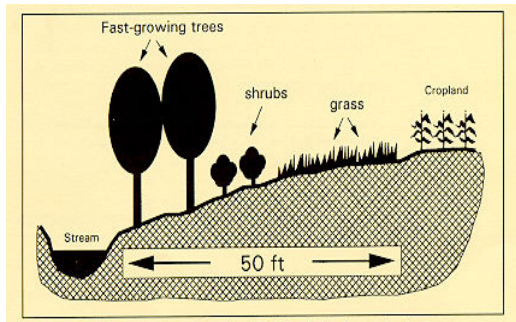


그림 3. 식생배열 권장안(USDA, 1998)

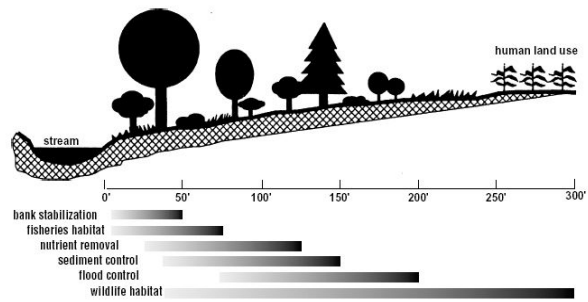


그림 4. 수변완충지대 기능별 폭(CRJC, 2000)

미국 농무성(USDA)은 수변완충지대 조성 시 식생배열은 수역에서 육역방향으로 교목류, 관목류, 초본류의 순서로, 수변완충지대 폭은 약 15m를 권장하고 있다(그림 3 참조). 한편 코네티컷 주에서는 수변완충지대의 기능별 폭으로 영양물질 제거에 최소 23m, 치수측면의 홍수제어는 최소 60m, 야생동물 서식처로 최소 90m이상을 권장하는 등 오염물질 저감뿐만 아니라 치수와 생태측면의 기능까지 고려하고 있다. 오클라호마 주에서는 폭 약 28.5m의 수변완충시스템을 길이별로 3개 구간으로 구분하였고, 각 소구역별 특징과 고려사항을 다음 표 1과 같이 제시하고 있다.

표 1. 수변완충시스템의 각 소구역별 특징 (OCES, 2005)

소구역	목적	식생	관리상 고려 사항
구역 1 (강터에서 최소 4.5m)	<ul style="list-style-type: none"> - 물가에 안정된 생태시스템 창출 - 유출영양염류 저감 - 물에 그늘 제공 - 물 속에 유기물과 통나무 부유물 제공 	<ul style="list-style-type: none"> - 습지 환경에 적합한 고유의 수목, 관목, 잎이 넓은 풀, 잔디풀 - 강터를 안정화시키기 위해 빨리 성장하는 수종 채택 	<ul style="list-style-type: none"> - 중장비 사용 제한 - 위험요소의 제거를 위한 경우만 수목제거 - 가축의 출입 금지 - 물 분산기 등을 이용하여 집중류 억제
구역 2 (최소 18m)	<ul style="list-style-type: none"> - 영양염류의 안정과 저장을 위한 접촉 시간과 탄소/에너지 제공 	<ul style="list-style-type: none"> - 지배적으로 고유 수변 수목, 관목, 잎이 넓은 풀, 잔디풀 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 식생과 경사를 유지하여 고랑 형성 억제 - 목재나 야생동물의 관리는 필요하나, 물에 나뭇잎이 떨어지고 그들이 생기도록 유도
구역 3 (최소 6m)	<ul style="list-style-type: none"> - 집중류를 박층류로 바꾸어 주는 역할 - 유사 퇴적, 유출수의 침투, 식생에 의한 영양염류의 흡수 등의 증진 	<ul style="list-style-type: none"> - 촘촘한 다년생 잔디와 잎이 넓은 풀 	<ul style="list-style-type: none"> - 식생이 잘 자라도록 유지 - 잡초 제거 필요 - 고랑 형성을 방지하기 위해 주기적으로 표면 정지 작업 필요

2.3 수변완충지대 설계 및 조성

위에서 살펴본 여러 가이드라인을 참고하여 국내 실정에 적합하고 지역 토착 식생종으로 구성된 시험완충지를 설계하였고(그림 참조), 남한강 연안에 조성하였다. 시험완충지의 구성은 시험지 1~5로서 잔디, 갈대, 갯버들, 자연식생, 혼합식재 구간으로 구성되며, 규격은 시험지별로 각각 가로×세로 = 20m × 15m로 조성하였다.

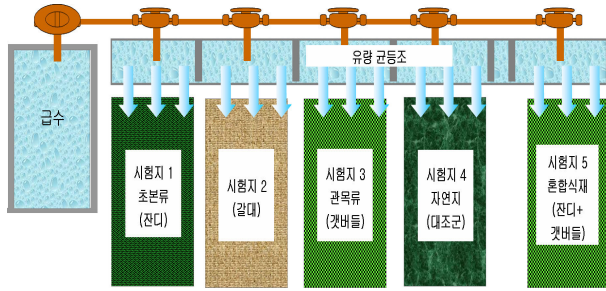


그림 5. 시험완충지의 구성도



그림 6. 시험완충지 전경(조성직후)

3. 운영 및 결과

시험완충지 조성 후에는 식생의 뿌리활착 기간을 고려하여 약 6개월 경과 후인 2005년 봄(4월 초순)부터 초겨울(12월 중순)까지 본격적인 조사와 운영을 실시하였다. 오염부하 저감효과 분석을 위한 실험결과에서는 SS, T-N, T-P, TOC의 평균저감율이 각각 50%이상으로 나타나 오염저감효과가 뚜렷한 것으로 나타났으며 하절기의 저감율이 다소 높게 나타났다. 생태서식처를 위한 식생의 성장율은 갈대의 경우 표면길이가 4월 초순에 평균 10cm에서 11월 중순에는 평균 2m로서 다른 식생에 비해 매우 빠른 성장을 보이는 것으로 조사되었다(그림 7, 그림 8 참조). 타 식생에 의한 잠식을 조사에서는 갈대구간을 제외한 전 구간에서 환삼덩굴에 의한 잠식이 진행되었으며(그림 9 참조), 주로 6월~8월에 집중적으로 발생하여 특히 갯버들의 성장을 현저히 저하시키는 것으로 조사되었다. 잠식속도는 하절기의 경우 약 15일로 나타났으며 환삼덩굴 제거 후 양호한 성장상태를 보였다(그림 10 참조).



그림 7. 갈대구간 모습(4월 초)



그림 8. 갈대구간 모습(11월 중순)



그림 9. 환삼덩굴로 잠식된 모습



그림 10. 환삼덩굴 제거 후 모습

4. 결론

국내여건에 맞는 수변완충지대 설계를 위해 국외 가이드라인을 조사한 결과 수질정화기능을 위한 최소폭으로 보통 15~30m를 제시하고 있으며 남한강 연안에 파일릿 규모의 시험완충지를 조성하였다. 시험완충지를 통한 오염물질 저감효과 분석에서는 시험지 전 구간에서 SS, T-N, T-P, TOC 항목 모두 평균저감율이 50%이상을 보여 오염물질의 뚜렷한 감소현상이 관찰되었다. 그러나 조성초기의 결과이므로 아직 식생에 의한 저감보다는 토양에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다. 식생모니터링을 통한 운영결과에서는 갈대구간을 제외한 전 구간에서 환삼덩굴에 의한 잠식으로 식재식물의 생장율이 현저히 감소하거나 고사하는 것으로 관찰되었다. 이에 따라 하절기의 경우 15일 주기로 환삼덩굴을 제거한 결과 양호한 생장상태를 나타내어 식재식물의 충분한 조성효과를 위해서는 잡초, 침입종 제거 등 주기적인 식생관리가 요구된다. 결론적으로 수변완충지대의 효율적 조성 및 관리를 위해서는 식재식물 선정 시 토착식생 및 우점종을 충분히 고려해야 할 것으로 사료되며, 식생에 의한 오염부하 저감효과 분석결과는 식물뿌리가 충분히 활착되는 2006년 하반기에 지속적인 실험분석을 통해 정량적으로 도출될 예정이다.

감사의 글

본 연구는 한강수계관리위원회·국립환경과학원 한강물환경연구소에서 시행하는 환경기초조사사업의 일환으로 진행되었으며 본 연구를 지원해 주신 관계당국에 감사드립니다.

참고문헌

1. 관계부처합동((2004). 물관리 종합대책의 추진강화를 위한 4대강 비점오염원 관리 종합대책
2. USDA Natural Resources Conservation Service Plant Material Service (1998), *The Practical Stream Bioengineering Guide*, Aberdeen, Idaho, USA.
3. Connecticut River Joint Commission, CRJC (2000). [http://www.crjc.org/buffers/Introduction'. pdf#search='riparian%20buffer%20zone'](http://www.crjc.org/buffers/Introduction.pdf#search='riparian%20buffer%20zone')
4. Oklahoma Cooperative Extension Service, OCES (2005). <http://osuextra.com/pdfs/F-1517web.pdf>