수변벨트 조성에 따른 하천 단절성 개선 효과 분석

Analysis of Ecological Fragmentation Improvement Effect from the Riverine Restoration

강형식* · 박민영**

Kang, Hyeongsik · Park, Min Young

Abstract

In this study, an ecological fragmentation improvement effect from different riverine ecobelt width was analyzed. The target river for this study is the Hongcheon river in Kangwondo. This section of 11 km among the Hongcheon river was reported to be seriously fragmented in the previous literatures. The Hongcheon river of 11 km was divided longitudinally into subsections of 1 km. The analysis through map and aerial photograph as well as field surveys were performed in 11 subsections(A-K). Using the fragmentation index, the connectivity fragmentation such as river bank, road, and land use and the ecological functional fragmentation were evaluated. The results showed that I-section has the highest fragmentation rate. The Hongcheon river in the present status without ecobelt was analyzed to have the fragmentation of 2nd rate from the mean fragmentation value of 11-subsections. Also, when the riverine ecobelt of 10 m-50 m was restored, the improvement effect of connectivity fragmentation was relatively small, while for the ecological fragmentation, the improvement effect of 12.4-25.1% was predicted. Also, the ecobelts of 10 m and 30 m were evaluated to have a relatively great improvement effect. Especially, for the ecobelt of 30m width, the fragmentation rate was mitigated from 2nd rate to 3rd rate.

Keywords : fragmentation index, riverine ecobelt, hongcheon river, ecobelt width

요 지

본 연구에서는 홍천강 11 km를 대상으로 수변생태벨트를 조성할 경우 벨트 폭에 따른 하천 단절성 개선 효과를 분석하였다. 홍천강 대상구간은 기존의 연구에서 하천 단절성이 심화되었다고 보고된 구간으로, 대상지의 생태적 연결성을 증진시키기 위해 필요한 수변생태벨트의 적정 폭을 선정하고자 하였다. 이를 위해 하천을 1 km의 구간으로 구분하여 A-K의 총 11개 구간에 대한 도상조사 및 현장조사를 수행하였다. 또한 단절지수를 적용하여 도로, 제방 및 주변 토지이용 등에 의한 연결성 단절과 생태적 기능성 단절 항목을 평가하였다. 그 결과, I 구간에서 연결성과 생태 기능성 단절이 가장 큰 것으로 분석되었으며, 수변벨트를 조성하지 않은 현 상태에서는 구간별 평균값이 단절 2등급을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 폭 10-50 m의 수변벨트를 조성하였을 경우, 연결성 단절에 대한 개선 효과는 미비하였으나 생태적 기능성 단절에 대해서는 12.4-25.1%의 개선효과가 있는 것으로 예측되었다. 한편, 10m와 30 m를 조성하였을 경우 단절성 저감효과가 크게 나타났으며, 특히 30 m 조성시 단절등급이 2등급에서 3등급으로 완화되는 효과를 보이는 것으로 나타났다.

핵심어 : 단절지수, 수변생태벨트, 홍천강, 벨트 폭

1. 서 론

생태네트워크 구축의 측면에서 하천은 매우 중요한 공간이다. 하천은 전 국토를 단절 없이 나뉘지 형태로 구석구석 엮고 있으며, 생태적 기능과 관련된 목표로서 네트워크 개념은 개별 하천의 복원에서 강조되고 있는 하천 연속성(river continuum) 개념과 합치된다(한승호와 조용현, 2009). 특히, 수변지역 내 수변림 및 습지 등을 포함하는 녹지띠 형태의 수변생태벨트는 하천으로 유입되는 유해한 물질 제거뿐만 아니라 하천의 종 · 형적 생태적 연결성을 높여주는 공간으로

서 그 중요성이 매우 크다고 할 수 있다. 이러한 수변생태벨트 혹은 수변완충녹지대는 수질정화기능 외에 생물다양성 및 생산성 등 생태적 기능이 높은 지역이다. 수변지역은 수상-육상, 습지-육지 등 생태학적 이행지대로서 많은 야생동식물이 서식하기 때문이다. 또한 하천변을 따라 존재하는 수변지역은 야생동물의 중요한 서식지를 제공해주는 것 외에도 야생동물의 개체수를 유지하기 위해 필요한 이동을 가능하게 하는 통로를 제공해 주기도 한다(최지용과 정유진, 2000). 이러한 이동통로가 단절될 경우, 서식지 사이에 연결고리가 없어져 야생 동물이 감소하거나 극단적 상황에서는

*정회원 · 교신저자 · 한국환경정책 · 평가연구원 물환경연구실 부연구위원 (E-mail : hskang@kei.re.kr)

**한국환경정책 · 평가연구원 물환경연구실 연구원 (E-mail : mypark@kei.re.kr)

멸종하게 될 우려도 있다. 많은 종류의 야생동물들은 먹이를 구하고 번식 활동을 하기위해 수변과 새로운 서식지 간을 이동해야 하는데, 동물들이 한 서식지로부터 다른 서식지로 안전하게 이동하기 위해서는 충분한 폭의 자연적인 수변식생대가 필요하다. 그러나 단절된 수변에 생태벨트를 도입할 경우 수변림의 적정한 규모가 어느 정도인지에 대한 연구는 현재 미흡한 실정이다. 이는 향후 수변벨트 조성을 포함하는 하천복원 사업에 있어 중요한 연구 주제가 될 것으로 보인다.

우리나라 하천의 경우 하천변 주거지, 상업시설, 경작지 등 여러 가지 토지이용으로 인해 산림 등 주변의 녹지와 단절된 곳이 많으며, 하천 변 도로 및 하천 내 인공적인 시설물로 인해 하천의 생태적인 단절이 심각한 구간이 많다. 이러한 하천 단절 지점에 대한 생태적 연결성을 높이는 방안으로서 하천변으로부터 일정부분의 공간을 수변벨트로 조성하는 방안을 고려할 수 있다. 그러나 임의 하천에 대해 수변벨트를 조성할 때 벨트폭을 어느 정도로 해야 할 것인가에 대한 결정이 필요하다. 이는 토지매입과 관련된 것이고, 실제 수변구역의 토지매입이 행정 절차상 까다롭기 때문에 많은 토지를 확보하는 것은 사실상 어려운 일이기 때문이다. 기존에 제시된 연구를 살펴보면, 주로 해외연구가 대부분이며 수변벨트 조성을 통한 수질 저감효과 분석에 초점을 맞추었다. Desbonnet 등(1994)은 다양한 방법으로 행해진 연구자료를 근거로 하여 침식물 제거를 위한 가장 효율적인 식생 완충지 너비는 25 m라 제안하였다. 한편, Dillaha 등(1988)은 측사 아랫사면에 있는 잔디완충지를 이용한 연구에서 4.6 m와 9.1 m의 완충지가 평균 81%와 91%의 TSS 감소에 효과가 있다고 보고하였다. 이외에도 Magette 등(1989), Young 등(1980)의 연구에서 식생 완충지에 의한 침식물 제거 효과를 관찰한바 있다. 또한 인과 질소에 대해서도 National Research Council(2000), Mander 등(1997), Fennessy와 Cronk(1997) 등의 연구가 있으며, 수변 폭별로 제거 효율이 다양하게 나타났다. 한편, 지금까지 수질개선을 고려한 수변녹지 폭 산정을 위한 계산식으로는 Nieswand 등(1990), Trimble과 Sartz(1957) 등이 있다. Nieswand 등(1990)은 침식물과 연관된 오염물질을 가두는데 수변녹지의 효율성에 영향을 미치는 주요 요인이 경사와 너비라고 결정하여 수변녹지 폭(W)은 $W = ks^{0.5}$ (여기서, $k=50ft$ 상수, s 는 경사[%])를 제안하였다. 또한 Trimble과 Sartz(1957)는 침식물 운반 제어를 기준으로 시험산림지역에서의 실험결과 $25ft + 2ft \times (\%경사)$ 를 제안하였다. 이상의 연구 결과에 의하면 각 지역별, 특히 토양 및 바닥 경사별로 수변완충 식생대에 의한 수질 저감 효과가 다양하게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 특히, 수변완충대에 의한 수질저감 효과가 크기 위해서는 오염원이 면상흐름(sheet flow) 형태로 유입되어야 그 차단효과가 크지만, 국내의 경우 하천주변 개발로 인해 면상흐름 보다는 파이프를 통한 직접유입 형태로 되어 있어 이럴 경우 수질개선 효과가 크지 않을 것으로 예상된다. 위와 같이 기존의 연구동향을 살펴본 결과 수변완충지대의 폭 설정에 있어 수질개선 효과 외에 생태적 기능성 개선 및 하천 단절성 개선 효과에 대해서는 그 연구 성과가 매우 미흡함을 알 수 있다.

수변벨트의 기능이 하천 연결성을 증진시키는 것을 고려해

볼 때, 특정 하천에 대해 단절된 구간을 찾고 이를 수변벨트로 연결시키기 위해서는 하천 단절성과 관련된 매우 복잡한 요소에 대한 종합적인 검토가 필요하다. 일반적인 하천평가를 위해 국외의 경우 Leopold(1972), NRA(1992), Fry(1994), LAWA(2000) 평가방법이 대표적이다. 국내에서 제시된 평가방법(김동찬 등, 2000; 이상호, 2000; 박병철 등, 2002; 박진원과 마호섭, 2003; 박봉진, 2003 등)의 대부분은 하천의 물리구조 특성평가를 채택하고 있다. 조용현(1997)은 독일 라이판드팔츠 주의 지침을 이용하여 평가기법을 제시하였으며, 김동찬(2000), 이상호(2000), 박병철 등(2002)은 이를 다소 변형하여 제안하였다. 또한 박봉진(2003)은 조용현(1997)을 바탕으로 일부를 수정 추가하여 한평천에 적용하였다. 이외에도 건설기술연구원(2005)은 독일의 LAWA 기법 중 하천물리적 구조등급을 국내 하천 특성에 맞게 수정 보완하여 적용하였다. 또한, 생태벨트 구축을 위한 연구에 초점을 맞춰 하천 단절성을 산정하기 위한 연구로는 강원도(2011)가 유일하며, 이는 생태벨트 조성방안 연구에서 보, 제방 및 도로, 토지이용 등에 의한 선과 면적단절에 더하여 조용현(1997)의 하천자연도 평가 중 생태적 기능성 평가 항목을 수정, 보완하여 하천 단절지수 평가기법을 제안하고 홍천강과 섬강 지류에 적용하였다. 그러나 강원도(2011)의 연구에서는 하천에 대해 30-50 m의 벨트 폭을 제시하였으나, 벨트 폭 변화에 따른 하천 단절성 개선에 대해서는 언급되지 않았다. 따라서 임의 단절된 하천을 대상으로 수변벨트를 조성하였을 경우, 어느 정도의 벨트 폭이 단절성 완화에 효과적인가를 분석하는 것이 본 연구의 목적이다.

본 연구에서는 생태적 연결성 증진을 위한 수변벨트 조성시, 벨트 폭에 따른 하천 단절성 개선 효과 분석에 대해 초점을 맞추었다. 대상하천은 홍천강으로 하였으며, 먼저 하천경관 조사 및 GIS 분석을 수행하였다. 또한 홍천강 11 km 구간을 대상으로 하여 수변벨트가 없는 현재 상태에서의 단절지수와 생태벨트를 조성하였을 경우 수림대의 폭에 따른 단절지수를 평가하여 단절성 개선 효과를 분석하였다.

2. 대상하천 현황분석

하천 단절성 평가를 위한 대상 하천은 강원도 홍천군 일대를 지나는 홍천강 11 km 구간으로 선정하였다. 그림 1(a)는 연구 대상지 위성사진을 보여주며, 본 대상지는 홍천읍 중심 시가지를 통과하는 구간으로서, 굴운교에서부터 오안천이 합류되는 홍천IC까지이다. 또한 그림 1(b)는 본 연구에서 단절성 분석을 위한 segment 구분 현황도를 보여준다. 본 연구에서는 하천 단절성 평가를 위해 흐름방향으로 1 km의 segment를 구분하였다. 선행연구에 따르면 이 구간은 홍천강 전체 구간 중에서 단절등급이 가장 열악한 곳으로 이에 대한 개선이 시급한 구간이기 때문에(강원도, 2011; 국립환경과학원, 2009), 본 구간을 대상으로 선정하여 수변생태벨트 조성을 계획하고 효과를 분석하였으며, 대상구간에 대한 하천현황 조사 및 토지이용 변화 분석 결과는 다음과 같다.

홍천강은 홍천군 서석면 생곡리에서 발원하여 홍천군 중앙부를 동서쪽으로 흐르다가 청평호로 흘러드는 북한강의 제1지류이다. 연구 대상 하천 구간은 홍천군 홍천읍, 남면, 동

(a) 연구 대상 하천

(b) 대상 하천 조사를 위한 segment 구분

그림 1. 대상 하천 구간

그림 2. 대상하천의 토지이용 변화

그림 3. 대상하천의 토지이용분류별 변화 추이

면, 북방면, 화촌면을 지난다. 홍천군의 총면적은 1,817.96 km²이며 이 중 홍천읍은 107.15 km²로 행정구역 중 가장 작은 면적을 차지하고 있으나 인구는 36,027명으로 전체 인구의 약 50%를 차지하고 있다. 인구는 2001년에서 2009년 사이 74,429명에서 70,264명으로 점차 감소하는 추세를 보였다(홍천군, 2010). 한편, 그림 2와 3은 연구 대상지역에서의 년도별 토지이용 변화에 대한 GIS 분석 결과를 보여준다. 연구 대상지역의 토지이용 변화를 살펴본 결과, 1980년대부터 2000년대까지 과거 20년 사이에 홍천강 주변의 시가지는 327.11% 증가, 산림 10.14% 감소, 농경지가 27.25%

감소하는 현상을 보였는데, 이는 하천 주변의 도시화와 개발로 인해 야생동식물 생육 및 서식환경 감소에 직접적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

사진 1은 대상 하천의 경관현황을 보여준다. 각 구간별 조사된 하천경관 현황을 살펴본 결과 상류로부터 A-D 구간은 비교적 양호한 자연환경을 가지고 있었다. 달뿌리군락 및 버드나무 등 자연적인 식생 군락이 형성되어 있었으며, 저수로 호안부에는 갯버들 등의 관목 식생이 우점하고 있었다. 좌안에는 넓게 농경지가 위치하고 있어 주변 산림으로부터 하천이 단절된 구간이 있었다. 일부구간 제방사면의 식생이 불량한 곳이 있었으며, 농경지로 사용하는 곳이 있었다.

E-F 구간은 우안에 취락시설과 군부대, 공장 등이 수변구역과 인접하여 넓게 분포하고 있으며 제외지 내 토지를 경작지로 사용하고 있어 비점 오염원 유입의 문제점이 있을 것으로 판단되었다. 갈마곡교 인근은 상수원 보호구역으로 지정된 지역이나, 주변에 군부대와 주거지 등으로 인해 하수가 유입되어 수질이 악화되어 있었다. 또한 단이 높은 보가 있어 갈수기에는 수생물의 이동이 어려운 상황이었다.

G-I 구간은 홍천읍 시가지를 통과하는 구간으로서 가장 심각한 단절이 예상되는 구간이었다. 우안 고수부지에는 콘크

(a) A구간 전경

(b) E구간에 위치한 보

(c) G구간 고수부지 호안

(d) H구간 우안에서 바라본 전경

(e) H-I구간 고수부지 주차장 전경

(f) J구간 전경

(g) K구간 하천변 공업단지

사진 1. 대상지 경관 현황

리트 호안이 길게 자리잡고 있으며, 주차장으로 이용되고 있었다. 홍수터 구간 내에는 식생교란이 진행 중이며, 인공 호안정비로 인해 식생의 발달을 저해하고 생물서식처로서의 기능을 상실한 상태였다. 또한 일부 구간에서는 하수가 여과 없이 하천으로 유입되고 있었다.

J-K 구간에는 백로 서식처인 송학정 등 양호한 산림이 우안으로 자리 잡고 있으나 반대편 시가지에 조류 서식처가 노출되어 있었고, 홍천대교 등 고속도로와 공업단지로부터 미세먼지가 유입되며 경관이 열악한 상태였다. 또한 하천변 공터를 경작지로 이용하는 곳이 많아 오염원 유입 문제가 있을 것으로 판단되었다.

3. 단절성 평가기법

하천 단절성 평가는 도상조사를 통한 면적 및 선적 연결성 단절 평가와, 현장조사를 통한 생태기능성 단절 평가를 점수로 산출하여 이를 등급화하였다. 위 방법은 강원도(2011)의 하천 단절성 평가 방법을 도입하여 사용하였다.

3.1 연결성 단절

연결성 단절 중 선적단절은 하천 제방, 도로 등과 같은 선적 형태의 단절요소로서 도로와 제방 유무에 따라 표 1과 같은 방법으로 평가한다. 또한 면적단절은 하천 주변 토지이

표 1. 선적 단절 유형별 평가 점수

좌안 \ 우안	도로있음 제방있음	도로없음 제방있음	도로있음 제방없음	도로없음 제방없음
도로있음 제방있음	10	7	5	3
도로없음 제방있음	7	5	5	3
도로있음 제방없음	5	5	5	3
도로없음 제방없음	3	3	3	0

표 2. 면적 단절 유형(토지이용)별 평가 가중치

구분	가중치
산림	0
수역	0
내륙습지	0
논, 밭 등 경작지	3
기타 재배지	3
기타 초지	3
하우스 및 과수원	5
기타 나지	7
취락 및 시설	10

용 현황에 따른 단절로서 표 2와 같이 산림, 습지 및 취락 시설 등 토지이용에 따른 단절 점수를 부여하여 산정한다. 본 연구에서는 선적단절을 위해 도상분석 및 현장조사를 통해 평가하였으며, 좌안 및 우안 한 곳이라도 제방이 있으면 없는 지역보다 단절 평가 점수를 높게 하였고, 양안 모두 도로나 제방이 있으면 가장 높은 단절성 점수를 부여 하였다. 또한, 면적단절은 환경부 토지피복분류도 데이터를 이용하여 분석하였다. 종단상 범위는 하천 Segment 단위로 하여 약 1 km 간격으로 조사 단위를 설정하고, 횡단상 범위는

하천 중심선을 기준으로 좌우 각각 250 m 범위를 설정하여 약 0.5 km²지역(면적 단위)을 조사 및 분석의 기본 단위로 설정하였다. 각 segment의 토지이용 분류별 면적을 계산하고 이에 해당하는 가중치를 각각 곱하여 단절점수를 산출하였다.

3.2 생태적 기능성 단절

생태적 기능성 단절은 하천 자연성 평가(조용현, 1997) 항목에서 생태벨트의 서식처 및 여과, 장애물 등의 기능성에 관련한 내용을 대상지 현황 및 수생태벨트의 생태적 기능성에 알맞도록 도출하여 사용하였다. 표 3은 본 연구에서 사용된 평가지표를 보여준다. 하천 현장조사 및 도상 조사를 통하여 조사하였으며, 조사 구간은 연결성 평가와 동일하게 종단상 1 km로 나누어 총 11개의 구간에 대하여 평가하였다.

분석한 공간적 연결성 단절점수와 생태적 기능성 단절점수를 합하여 각 구간별 최종 단절점수를 산정하였다. 산정된 최종 단절점수는 표 4와 같이 7점 이상은 단절 1등급, 5.5-7점은 2등급, 4-5.5점은 3등급, 2.5-4점은 4등급, 0-2.5점은 5등급으로 분할하였다. 1등급은 단절지수 점수가 가장 높은 등급으로 단절성이 높고, 생태적 연결성이 낮은 등급이며, 5 등급은 단절지수가 가장 낮아 단절성이 낮고, 생태적 연결성이 가장 높은 등급이 되도록 설정하였다.

4. 단절 개선효과 분석

생태벨트 조성 전후의 단절지수를 비교하기 위하여 현 상태의 하천 단절지수를 산출하고, 생태벨트 조성 이후 대상하천의 상태를 예측하여 단절지수를 분석하였다. 수변녹지 폭에 따른 단절지수 개선 효과를 분석하기 위하여 수변녹지의 폭을 각각 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m로 조성했을 경우의 단절지수를 계산하였다.

표 3. 생태벨트의 기능성 평가 항목 도출

구분	수변생태벨트의 기능성 관련 평가 항목 및 내용	1	3	5	7	10
I 하상구조 및 지형특성	고수제방 호안재료의 인공화 정도	인공 제방이 없는	인공 흙 제방 (자연 식생, 잔디 식재 등)	버드나무, 목책, 자연석 인공제방	투수성비자연소재인 공제방, 자연형 인공 제방 (식생 없는)	불투수 콘크리트 호안
	특수한 수로구조 (자연적으로 형성된 특이하고 희귀한 수로 내 구조) ^{*1)}	3종이상	3종	2종	1종	없음
	하상저질의 다양성 ^{*2)}	매우 큰	큰	적당한	경미한	없음
	자연적으로 발생하는 특수 한 지형들의 출현 종류 수 ^{*3)}	3종이상	3종	2종	1종	없음
II 식생	수림대 형성	완전한 90%이상	경미하게 다공성, 70~90%	다공성, 30~70%	과도하게 없는, 10~30%	없는 10% 미만
	저수로변 식생 (어류 서식처, 산란처 제공)	자연조건에 의해 없는	갈대, 갈대리풀 등 순 군락	초지, 저관목	침식에 의해 없는	차단공 때문에 없는
	저수로변 미지형과 식생의 종방향 배열 ^{*4)}	매우 큰	큰	적당한	경미한	없는

표 3. 계속

구분	수변생태벨트의 기능성 관련 평가 항목 및 내용	1	3	5	7	10																																																																						
III 장애물	보와같은하천구조물	횡단구조물이 없음	우회보가 있는 경우 또는 경사형 돌보	어류이동이 가능한 어도가 설치된 보	보의 높이가 높아 어류이동을 방해 (0.3~0.7 m)	보의 높이가 높아 어류 이동 방해 (0.7 m 이상)																																																																						
	하천상부구조물	하천 상부 구조물 없음	수류를 좁게하지 않고 강변을 차단하지 않음	수류를 좁게함	강변을 차단함	수류를 좁게하고 강 변을 차단함																																																																						
	제내지인접토지이용	자연 상태의 산림	자연초지 혹은 저목림	목초지, 과수원 등	논, 밭 등 경작지	시가지, 주거지 등 밀 집 이용시설																																																																						
	제외지홍수터의 토지이용	자연식생	자연식생, 인공식생 혼재	경작지 (논, 밭 등)	초지공원, 잔디, 등 공원화 및 1/2 정도 운동시설	주차장, 불투수성 인공구조물 설치																																																																						
	인접도로에 의한 단절 현황 (하천으로부터 제내지 까지 100 m이내)	좌우안에 도로가 인 접하지 않음	인접한 도로가 있으나 이동이 빈번하지 않음	제방상단이나 제방에 연결하여 연속적으로 이어짐 (인간의 이동)	좌안이나 우안에 도로가 인접하여 있으며 가끔 차량의 이동이 있음	차량의 이동이 빈번한 도로 인접하 여연속적으로이어짐																																																																						
조사 항목 (일부)	<div>2.1 수림대<table><tr><td></td><td>R</td><td>L</td></tr><tr><td>완전한, 90% 이상</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>경미하게 다공성, 70~90%</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>다공성, 30~70%</td><td>5</td><td>5</td></tr><tr><td>과도하게 없는 10~30%</td><td>7</td><td>7</td></tr><tr><td>없는 10%미만</td><td>10</td><td>10</td></tr></table></div> <div>3.3 인접토지이용<table><tr><td rowspan="2"></td><td colspan="2">R</td><td colspan="2">L</td></tr><tr><td>50% 이상</td><td>10 ~50%</td><td>50% 이상</td><td>10 ~50%</td></tr><tr><td>자연 상태의 산림</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>자연초지 혹은 저목림</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>목초지, 과수원 등</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr><tr><td>논, 밭 등 경작지</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr><tr><td>시가지, 주거지 등 밀집 이용시설</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr></table><div>※해당되는 곳에 모두표기</div></div> <div>3.4 제외지 홍수터 이용<table><tr><td></td><td>R</td><td>L</td></tr><tr><td>인공식생, 인공구조물이 없는 자연식생</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>자연식생, 인공식생 혼재</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>경작지(논, 밭)</td><td>5</td><td>5</td></tr><tr><td>초지공원, 잔디, 등 공원화 및 1/2 정도 운동시설</td><td>7</td><td>7</td></tr><tr><td>주차장, 불투수성 인공구조물 설치</td><td>10</td><td>10</td></tr></table></div>							R	L	완전한, 90% 이상	1	1	경미하게 다공성, 70~90%	3	3	다공성, 30~70%	5	5	과도하게 없는 10~30%	7	7	없는 10%미만	10	10		R		L		50% 이상	10 ~50%	50% 이상	10 ~50%	자연 상태의 산림	1	1	1	1	자연초지 혹은 저목림	3	3	3	3	목초지, 과수원 등	5	5	5	5	논, 밭 등 경작지	7	7	7	7	시가지, 주거지 등 밀집 이용시설	10	10	10	10		R	L	인공식생, 인공구조물이 없는 자연식생	1	1	자연식생, 인공식생 혼재	3	3	경작지(논, 밭)	5	5	초지공원, 잔디, 등 공원화 및 1/2 정도 운동시설	7	7	주차장, 불투수성 인공구조물 설치	10	10
		R	L																																																																									
	완전한, 90% 이상	1	1																																																																									
	경미하게 다공성, 70~90%	3	3																																																																									
다공성, 30~70%	5	5																																																																										
과도하게 없는 10~30%	7	7																																																																										
없는 10%미만	10	10																																																																										
	R		L																																																																									
	50% 이상	10 ~50%	50% 이상	10 ~50%																																																																								
자연 상태의 산림	1	1	1	1																																																																								
자연초지 혹은 저목림	3	3	3	3																																																																								
목초지, 과수원 등	5	5	5	5																																																																								
논, 밭 등 경작지	7	7	7	7																																																																								
시가지, 주거지 등 밀집 이용시설	10	10	10	10																																																																								
	R	L																																																																										
인공식생, 인공구조물이 없는 자연식생	1	1																																																																										
자연식생, 인공식생 혼재	3	3																																																																										
경작지(논, 밭)	5	5																																																																										
초지공원, 잔디, 등 공원화 및 1/2 정도 운동시설	7	7																																																																										
주차장, 불투수성 인공구조물 설치	10	10																																																																										

표 4. 단절지수 등급 기준

지수	7이상	5.5~7미만	4~5.5미만	2.5~4미만	0~2.5미만
등급	1	2	3	4	5

4.1 현 상태에 대한 단절성 분석

표 5는 대상하천내 수변벨트를 조성하지 않은 현 상태에
서의 토지이용에 따른 면적 단절지수를 평가한 결과이다. 먼
저, 그림 1(b)와 같이 구분된 각 구간별 면적단절 점수를

표 5. 구간별 면적 단절지수 평가 결과

구분		산림	논	밭	취락 및 시설	하우스 및 과수원	기타 재배지	기타초지	내륙습지	기타나지	수역	합계
A	면적	29,313.46	265,609.86	19,216.55	103,019.84	-	8,658.84	17,447.05	129,093.04	4,943.76	71,803.84	649,106.24
	비율	4.52	40.92	2.96	15.87	0.00	1.33	2.69	19.89	0.76	11.06	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	122.76	8.88	158.71	0.00	4.00	8.06	0.00	5.33	0.00	307.7
	구간지수											3.08
B	면적	39,392.57	213,301.09		97,955.99	707.82	6,335.35	52,814.90	112,461.56	33,402.14	102,287.64	658,659.06
	비율	5.98	32.38	0.00	14.87	0.11	0.96	8.02	17.07	5.07	15.53	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	97.15	0.00	148.72	0.54	2.89	24.06	0.00	35.50	0.00	308.8
	구간지수											3.09
C	면적	57,849.19	155,444.81	9,433.37	84,950.32	14,383.95		41,004.03	74,397.60	23,884.71	82,147.37	543,495.35
	비율	10.64	28.60	1.74	15.63	2.65	0.00	7.54	13.69	4.39	15.11	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	85.80	5.21	156.30	13.23	0.00	22.63	0.00	30.76	0.00	313.9
	구간지수											3.14

표 5. 계속

구분		산림	논	밭	취락 및 시설	하우스 및 과수원	기타 재배지	기타초지	내륙습지	기타나지	수역	합계
D	면적	-	256,852.33	63,975.86	134,981.65	1,441.47		96,461.59	79,903.30		63,553.81	697,170.01
	비율	0.00	36.84	9.18	19.36	0.21	0.00	13.84	11.46	0.00	9.12	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	110.53	27.53	193.61	1.03	0.00	41.51	0.00	0.00	0.00	374.2
	구간지수											3.74
E	면적	9,504.06	255,086.43	65,169.45	8,495.62	3,094.02	33,370.17	36,066.53	39,923.42	57,926.44	57,247.64	565,883.78
	비율	1.68	45.08	11.52	1.50	0.55	5.90	6.37	7.06	10.24	10.12	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	135.23	34.55	15.01	2.73	17.69	19.12	0.00	71.66	0.00	296.0
	구간지수											2.96
F	면적	1,125.79	231,558.05	33,533.94	187,578.76	2,344.57	73.58	25,216.37	89,335.72	37,226.53	107,548.25	715,541.56
	비율	0.16	32.36	4.69	26.21	0.33	0.01	3.52	12.49	5.20	15.03	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	97.08	14.06	262.15	1.64	0.03	10.57	0.00	36.42	0.00	422.0
	구간지수											4.22
G	면적	2.06	80,106.45	42,371.42	239,964.22	-		56,782.10	101,407.16	31,874.15	81,364.77	633,872.33
	비율	0.00	12.64	6.68	37.86	0.00	0.00	8.96	16.00	5.03	12.84	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	37.91	20.05	378.57	0.00	0.00	26.87	0.00	35.20	0.00	498.6
	구간지수											4.99
H	면적	120,544.36	39,179.86	8,829.05	137,986.88	-		43,622.46	108,731.05	1,042.06	65,980.32	525,916.04
	비율	22.92	7.45	1.68	26.24	0.00	0.00	8.29	20.67	0.20	12.55	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	22.35	5.04	262.37	0.00	0.00	24.88	0.00	1.39	0.00	316.0
	구간지수											3.16
I	면적	23,443.47		1,864.56	323,641.91	-		47,678.67	73,126.20	69,758.78	79,665.59	619,179.18
	비율	3.79	0.00	0.30	52.27	0.00	0.00	7.70	11.81	11.27	12.87	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	0.00	0.90	522.70	0.00	0.00	23.10	0.00	78.86	0.00	625.6
	구간지수											6.26
J	면적	126,558.03	43,648.66	67,931.73	138,514.70	-		85.10	93,046.85	38,017.01	86,020.98	593,823.06
	비율	21.31	7.35	11.44	23.33	0.00	0.00	0.01	15.67	6.40	14.49	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	22.05	34.32	233.26	0.00	0.00	0.04	0.00	44.81	0.00	334.5
	구간지수											3.34
K	면적	157,898.98	54,508.88	19,018.44	201,385.24	-		24,206.52	92,420.75	40,954.39	107,756.35	698,149.55
	비율	22.62	7.81	2.72	28.85	0.00	0.00	3.47	13.24	5.87	15.43	100.0
	평가등급	0	3	3	10	5	3	3	0	7	0	
	등급값	0.00	23.42	8.17	288.46	0.00	0.00	10.40	0.00	41.06	0.00	371.5
	구간지수											3.72

표 6. 현 상태에서의 구간별 연결성 단절 평가 결과

구간	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	평균
면적단절	3.08	3.09	3.14	3.74	2.96	4.22	4.99	3.16	6.26	3.34	3.72	3.79
선적단절	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
연결성 단절평균	6.54	6.54	6.57	6.87	6.48	7.11	7.49	6.58	8.13	6.67	6.86	6.89

표 7. 현 상태에서의 생태적 기능성 단절 평가 결과

구간	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	평균
하상구조 및 지형특성	4.60	6.60	3.80	3.80	3.80	3.80	5.40	5.40	8.00	4.60	3.80	4.87
식생	4.00	5.33	5.00	4.67	4.67	4.67	4.33	6.00	7.33	5.00	4.33	5.03
장애물	4.63	5.50	5.22	5.88	5.56	3.63	6.22	7.56	7.88	3.25	4.89	5.47
평가지수	4.41	5.81	4.67	4.78	4.67	4.03	5.32	6.32	7.74	4.28	4.34	5.12

표 8. 수변녹지 폭에 따른 구간별 단절지수 변화

구분			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	평균
연결성	현재	면적단절	3.08	3.09	3.14	3.74	2.96	4.22	4.99	3.16	6.26	3.34	3.72	3.79
		선적단절	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		평균	6.54	6.54	6.57	6.87	6.48	7.11	7.49	6.58	8.13	6.67	6.86	6.89⁽²⁾
	10 m	면적단절	2.93	2.86	2.96	3.49	2.85	2.85	4.72	2.93	5.95	3.29	3.48	3.59
		선적단절	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		평균	6.46	6.43	6.48	6.74	6.42	7.00	7.36	6.47	7.97	6.64	6.74	6.79⁽²⁾
	20 m	면적단절	2.89	2.64	2.79	3.41	2.70	3.78	4.45	2.75	5.65	2.94	3.25	3.39
		선적단절	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		평균	6.44	6.32	6.40	6.70	6.35	6.89	7.22	6.38	7.83	6.47	6.63	6.69⁽²⁾
	30 m	면적단절	2.65	2.58	2.71	3.32	2.61	3.57	4.17	2.55	5.36	2.83	3.04	3.22
		선적단절	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		평균	6.33	6.29	6.35	6.66	6.31	6.78	7.08	6.27	7.68	6.42	6.52	6.61⁽²⁾
	40 m	면적단절	2.54	2.25	2.46	3.04	2.45	3.35	3.89	2.35	5.08	2.69	2.84	2.99
		선적단절	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		평균	6.27	6.12	6.23	6.52	6.22	6.67	6.94	6.17	7.54	6.34	6.42	6.50⁽²⁾
	50 m	면적단절	10.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82
		선적단절	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		평균	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.91⁽²⁾
생태 기능성	현재	하상구조 및 지형특성	4.60	6.60	3.80	3.80	3.80	3.80	5.40	5.40	8.00	4.60	3.80	4.87
		식생	4.00	5.33	5.00	4.67	4.67	4.67	4.33	6.00	7.33	5.00	4.33	5.03
		장애물	4.63	5.50	5.22	5.88	5.56	3.63	6.22	7.56	7.88	3.25	4.89	5.47
		평균	4.41	5.81	4.67	4.78	4.67	4.03	5.32	6.32	7.74	4.28	4.34	5.13⁽³⁾
	10 m	하상구조 및 지형특성	4.60	6.60	3.80	3.80	3.80	3.80	5.40	5.40	8.00	4.60	3.80	4.87
		식생	3.33	4.33	4.00	3.33	3.67	3.67	3.33	4.33	5.17	4.33	3.33	3.89
		장애물	4.30	4.10	4.30	5.30	4.60	3.50	5.20	6.40	6.90	3.20	4.00	4.71
		평균	4.08	5.01	4.03	4.14	4.02	3.66	4.64	5.38	6.69	4.04	3.71	4.49⁽³⁾
	20 m	하상구조 및 지형특성	4.60	6.60	3.80	3.80	3.80	3.80	5.40	5.40	8.00	4.60	3.80	4.87
		식생	3.33	4.33	4.00	3.33	3.67	3.67	3.33	4.33	5.17	4.33	3.33	3.89
		장애물	4.30	4.10	4.30	5.30	4.60	3.50	5.20	6.40	6.90	3.20	4.00	4.71
		평균	4.08	5.01	4.03	4.14	4.02	3.66	4.64	5.38	6.69	4.04	3.71	4.49⁽³⁾
	30 m	하상구조 및 지형특성	4.60	6.60	3.80	3.80	3.80	3.80	5.40	5.40	8.00	4.60	3.80	4.87
		식생	3.33	4.33	4.00	3.33	3.67	3.67	3.33	4.33	5.17	4.33	3.33	3.89
		장애물	3.20	3.30	3.50	3.90	3.80	2.40	4.10	5.90	5.50	2.70	3.50	3.80
		평균	3.71	4.74	3.77	3.68	3.76	3.29	4.28	5.21	6.22	3.88	3.54	4.19⁽³⁾
	40 m	하상구조 및 지형특성	4.60	6.60	3.80	3.80	3.80	3.80	5.40	5.40	8.00	4.60	3.80	4.87
		식생	3.33	4.33	4.00	3.33	3.67	3.67	3.33	4.33	2.33	4.33	3.33	3.64
		장애물	2.80	2.90	3.10	3.50	3.40	2.00	3.70	5.50	5.10	2.30	3.10	3.40
		평균	3.58	4.61	3.63	3.54	3.62	3.16	4.14	5.08	5.14	3.74	3.41	3.97⁽⁴⁾
	50 m	하상구조 및 지형특성	4.60	6.60	3.80	3.80	3.80	3.80	5.40	5.40	8.00	4.60	3.80	4.87
		식생	3.33	4.33	4.00	3.33	3.67	3.67	3.33	4.33	2.33	4.33	3.33	3.64
		장애물	2.40	2.50	2.70	3.10	3.00	1.60	3.30	5.10	4.70	1.90	2.70	3.00
		평균	3.44	4.48	3.50	3.41	3.49	3.02	4.01	4.94	5.01	3.61	3.28	3.84⁽⁴⁾

주) 여기서 평균의 괄호안 값은 등급을 의미함

계산하였다. 각 구간별 면적단절 점수 평가방법은 토지이용별 면적을 산정하고, 각 구간별 총면적에 대한 토지이용별 면적비율을 계산한 후 앞의 표 2와 같은 면적단절 점수를 곱하여 산정할 수 있다. 구간별로 살펴보면 E 구간의 면적 단절 점수가 2.96으로 가장 낮게 나타났으며, A(3.08), B(3.09), C(3.14), H(3.16), J(3.34), K(3.72), D(3.74) 순으로 나타났고, F(4.22), G(4.99), I(6.26)구간에서 높게 나타났다. 또한, 전체 대상구간의 면적 단절지수의 평균은 3.79로 나타났다.

한편, 선적 단절 평가 결과 홍천강 대상지는 좌·우안 모두 도로와 제방이 함께 분포하고 있어 표 2에 따라 선적단절 점수는 10점을 부여하였다. 대상하천 중 홍천군 내 도시화 지역은 대부분이 이·치수의 문제로 제방의 높이가 약 2 m 이상으로 비교적 높았으며, 차량의 통행이 빈번한 도로가 하천과 인접하고 있었다. 면적 단절과 선적 단절지수를 합산하여 연결성 단절지수를 산출한 결과 현 상태의 대상하천 전체의 연결성 단절지수 평균은 6.89로 평가되었다(표 6). 각 구간별로는 I구간이 8.13으로 가장 높게 나타났으며, G구간이 7.49, F구간이 7.11로 높게 나타나 홍천읍 시가지와 고수부지 주차장 등이 입지해있는 구간에서 연결성 단절이 심각한 것으로 나타났다.

현 상태에 대한 생태적 기능성 평가 결과는 표 7과 같다. 대상구간의 기능성 단절지수는 평균 5.13으로 나타났으며, F구간이 4.03으로 가장 낮았고 J(4.28), K(4.34), A(4.41), C와 E(4.67), D(4.78), G(5.32), B(5.81)구간 순으로 낮게 나타났다. 가장 높은 점수를 보인 구간은 I구간(7.74)과 H구간(6.32)이었다. 대상 하천의 상류와 하류의 자연적인 식생과 주변 산림을 유지하고 있는 구간에서 생태적 기능성이 양호하게 평가되었으며, 인공적인 하천 구조물로 정비되어있는 도심 구간의 생태적 기능성이 가장 열악한 것을 알 수 있다.

4.2 단절성 개선효과 평가

표 8은 수변녹지 조성폭에 따른 각 구간별 연결성 및 생태적 기능성 단절점수 변화도를 보여준다. 표 8에서 수변녹지 조성 폭에 따른 연결성 단절지수는 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m로 조성했을 경우 각각 6.79, 6.69, 6.61, 6.50, 6.40으로 폭이 넓어질수록 연결성 단절지수가 일정하게 감소하는 경향을 보였으며, 저감률은 각각 1.5%, 2.9%, 4.2%, 5.8%, 7.2%로 크지 않음을 알 수 있다. 이에 대한 계산은 각 segment에 벨트 폭별 변화되는 토지이용 면적을 산정하고 이를 앞에서 언급된 것과 동일한 방법으로 점수화 하였다. 그러나 도로 및 제방의 경우는 이동 및 대체가 어려운

구조물이므로 선적 연결성 단절은 그대로 유지되는 것으로 하였다. 따라서 선과 면적으로 구성된 연결성 단절점수 중 주로 토지이용에 따른 면적단절이 개선되는 것으로서, 전반적으로 벨트 폭에 따른 연결성 단절 개선 효과는 크지 않음을 알 수 있다. 또한, 벨트 조성에 따른 단절지수는 2등급으로 변화 없는 것으로 나타났다.

한편, 수변벨트 조성에 따른 생태적 기능성 단절점수 평가는 표 3의 항목에서 수림대 형성, 체내·외지 토지이용 등 벨트 조성에 따른 항목 중 수변녹지화에 따른 녹지 면적을 고려하여 산정하였다. 따라서 평가 부문별로는 하상구조 및 지형특성 분야에서는 점수 변화가 없었으며, 식생과 장애물 항목에서 녹지 조성폭이 넓어질수록 낮은 점수를 나타내는 것으로 나타났다. 표 8에서 생태벨트 조성 폭에 따른 생태적 기능성 단절지수의 변화를 살펴본 결과 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m 조성 시 각각 4.49, 4.50, 4.19, 3.97, 3.84로 나타났으며, 저감률은 각각 12.4%, 12.4%, 18.3%, 22.5%, 25.1%로 상대적으로 개선효과가 큼을 알 수 있다. 특히, 10 m를 조성했을 경우와 30 m를 조성했을 경우의 단절지수 저감률이 비교적 큰 것으로 나타났다. 또한, 40 m 폭을 기준으로 기능성 단절지수가 3등급에서 4등급으로 완화되는 것으로 나타났다.

표 9는 수변벨트를 조성하지 않았을 경우와 조성하였을 경우, 연결성 단절과 생태적 기능성 단절을 통합하여 최종적으로 산출된 단절점수 및 단절지수를 보여준다. 현 하천 상태에서의 단절점수는 평균 6.01을 나타내었으며, 단절 등급으로는 2등급으로 평가되었다. 구간별로는 A구간과(5.47) J구간(5.48)에서 3등급의 가장 낮은 단절지수를 나타냈으며, F(5.57), E(5.58), K(5.60), C(5.62), D(5.83), B(6.18), G(6.41), H(6.45) 순으로 높게 나타났으며, 2등급의 단절을 보였다. 가장 높은 단절지수를 나타낸 구간은 I구간으로 7.93으로 1 등급을 나타내고 있다. 생태벨트를 조성한 경우의 결과는 10 m일 때 5.64로 2등급, 20 m일 때 5.59로 2등급을 나타내었으며, 30 m로 조성할 경우 5.40으로 3등급으로 감소하였다. 40 m와 50 m로 조성할 경우도 각각 5.23, 5.12로 3 등급을 나타내었다. 저감률을 보면 각각 6.1%, 6.9%, 10.2%, 12.9%, 14.8%로, 10 m를 조성했을 경우와 30 m를 조성했을 경우의 저감률이 비교적 큰 것으로 나타났다. 이에 대한 각 구간별 개선효과를 그림 4에 나타내었다. 그림 4를 살펴보면, 현 상태인 경우, I구간에서 단절 1등급, B-H 및 K 구간에서는 단절 2등급을 보이고 있으며, 30 m의 수변벨트를 조성할 경우 C-F 및 K 구간에서 단절 3등급으로 완화된 것을 볼 수 있다. 또한 30 m와 50 m를 비교할 경우,

표 9. 수변녹지 확보 폭에 따른 구간별 통합 단절지수 변화

구간	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	평균	등급
기존	5.47	6.18	5.62	5.83	5.58	5.57	6.41	6.45	7.93	5.48	5.60	6.01	2
10 m	5.27	5.72	5.26	5.44	5.22	5.33	6.00	5.92	7.33	5.34	5.23	5.64	2
20 m	5.26	5.67	5.21	5.42	5.19	5.27	5.93	5.88	7.26	5.26	5.17	5.59	2
30 m	5.02	5.52	5.06	5.17	5.03	5.04	5.68	5.74	6.95	5.15	5.03	5.40	3
40 m	4.92	5.37	4.93	5.03	4.92	4.92	5.54	5.63	6.34	5.04	4.92	5.23	3
50 m	4.76	5.26	4.82	4.92	4.83	4.80	5.40	5.52	6.23	4.94	4.82	5.12	3

그림 4. 수변녹지 조성에 따른 구간별 단절등급 변화

B와 G구간에서만 단절 등급이 3등급으로 완화되어, 30 m와 50 m 벨트 폭 조성에 대한 차이는 크지 않음을 알 수 있다. 따라서 대상하천의 경우 하천의 단절성을 기인한 폭 결정시 최소 10 m 이상 30 m 이하가 적당하다고 판단할 수 있다. 한편, 최지용과 이지현(2001)이 제안한 다음의 식을 통해 대상하천에서의 벨트 폭을 산정하였다.

$$W = 15 + 0.5 \times s(\%) \quad (1)$$

여기서 s 는 바닥경사이다. 대상하천의 주요 교량 위치에서 제내지 경사를 측정한 결과, 와동교 16%, 태학교 5%, 갈마곡교 7%, 홍천대교 3%, 굴운교 5%인 것으로 나타났고, 각 지점별 식 (1)에 의한 벨트 폭은 각각 23 m, 17.5 m, 18.5 m, 16.5 m, 17.5 m인 것으로 계산되었다. 이에 대한 평균값은 18.6 m이다. 따라서 본 연구에서 산정한 10-30 m의 벨트 폭과 식 (1)에 의한 벨트 폭의 범위가 서로 유사한 범위를 갖는 것을 볼 수 있다.

5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 홍천강 11 km를 대상으로 수변벨트를 조성할 때, 벨트 폭 변화에 따른 단절성 개선효과에 대해 분석하였다. 기존의 연구에서 제안된 단절지수를 본 연구에 도입하여 토지이용 및 제방과 도로 등에 의한 연결성 단절과 생태벨트의 기능성 단절에 대한 현 상태와 10-50 m 폭의 수변벨트 조성 이후 폭 변화에 따른 개선 효과에 대해 분석하였다. 대상 하천을 11개의 segment로 구분하여 도상조사 및 현장조사를 수행하였다.

먼저, 대상하천의 1구간에서 연결성 및 생태적 기능성 단절이 가장 큰 것으로 나타났으며, 각 구간별 평균값에 대한 단절등급은 2등급으로 산정되었다. 한편, 10 m-50 m의 벨트를 조성할 경우, 녹지의 폭이 넓어짐에 따라 단절성이 완화되는 경향을 보였다. 그러나 제방 및 도로, 토지이용 등에 따른 연결성 단절점수는 폭에 따른 완화효과가 10% 미만으로서 비교적 작게 나타났으며, 생태적 기능성 단절은 12.4-25.1%의 개선효과가 있는 것으로 나타났다. 한편, 단절지수의 저감율을 보면 초기 10 m를 조성했을 경우 큰 저감효과를 나타내었으며, 20 m 조성 시에는 저감율이 크지 않았고, 30 m 이후 다시 큰 변화를 보였다. 또한 30 m를 조성한 경

우 단절 등급이 2등급에서 3등급으로 한 단계 낮아지는 현상을 보였다. 이를 통하여 대상하천의 경우, 생태벨트의 폭은 최소 10 m 이상이 적당하며, 토지매입비를 고려할 경우 최대 30 m 폭의 벨트 조성이 타당할 것으로 판단된다.

본 연구는 수변벨트를 조성하기 위해 필요한 벨트폭을 산정하기 위한 연구로서 그 의미가 있다. 그러나 하천의 지역적 특성을 고려하지 않고 일괄적으로 일정한 넓이를 조성한다고 가정한 점이 연구의 한계점이라 할 수 있을 것이다. 본 연구에서 사용된 평가 기법 및 항목은 향후 다양한 유형의 하천에 추가 적용·검토하여 이에 대한 보완이 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한 본 연구의 기법은 생태적 단절성을 위한 개선 효과를 분석한 것으로서, 수질보전이나 친수효과 등 수변생태벨트의 타 기능을 고려하지 못하였으므로, 향후 다양한 기능을 고려한 벨트 폭 선정에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 한국환경정책평가연구원의 “홍천강 생태하천 복원사업 기본계획 및 타당성 검토연구”의 일부이며, 연구비를 지원해 주신 홍천군청 관계자 분께 감사드립니다.

참고문헌

- 강원도(2011) 한강수계 수생태벨트 조성방안 연구.
- 김동찬, 이정, 박익수(2000) “자연형 하천복원을 위한 하천자연도 평가”, 한국조경학회지, 한국조경학회, 27(5), 138-149.
- 국립환경과학원(2009) 제3차 전국자연환경조사.
- 박봉진, 서영두, 강태호(2003) “우리나라의 하천 특성을 고려한 하천자연도 평가의 제안”. 한국수자원학회지, 한국수자원학회 제36권 제6호, 92-103.
- 박병철, 신영철, 서애숙(2002) “GIS를 이용한 하천의 자연성 평가 -청주시 무심천 지역을 중심으로-”. 한국지리정보학회지, 한국지리정보학회, 제5권 제1호, 48-57.
- 박진원, 마호섭(2003) “양재천의 식생현황과 하천자연도 평가”. 농업생명과학연구, 제37권 제2호, 57-70.
- 이상호(2000) “안양천의 자연형 하천 설치구간 선정을 위한 하천 평가 기법적용에 관한 연구”. 산업과학연구, 제9권, 90-103.
- 조용현(1997) “우리나라 중소하천 코리도의 자연성 평가기법 연구”. 한국조경학회지, 한국조경학회, 제25권 제2호, 73-82.
- 최지용, 정유진(2000) 수질개선을 위한 수변녹지의 조성 및 관리 방안 연구. 한국환경정책평가연구원.

- 최지용, 이지현(2001) 도시지역의 수변녹지 조성 및 관리방안 연구. 한국환경정 책평가연구원.
- 건설기술연구원(2005) 다기능하천실험사업.
- 한승호, 조용현(2009) 하천 수변녹지 및 생태벨트 조성기술 개발, *하천과 문화*, 제5권 제4호, 118-125.
- 홍천군(2010) 통계연보.
- Desbonnet, A., Pogue, P., Lee, V., and Wolff, N. (1994) Vegetated Buffers in the Coastal Zone: A Summary Review and Bibliography, Rhode Island Sea Grant, University of Rhode Island, Narragansett, RI. Coastal Resources Center Technical Report.
- Dillaha, T.A., Reneau, R.B., Mostaghimi, S. and Lee, D. (1989). Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source pollution control. *Transactions of the ASAE*, Vol. 32, No. 2, 513-519.
- Fennessy, M.S. and Cronk, J.K. (1997) The effectiveness and restoration potential of riparian ecotones for the management of nonpoint source pollution, particularly nitrate. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Vol. 27, No. 4, 285-317.
- Fry, J., Steinerm, F.R., and Green, D.M. (1994) Riparian evaluation and site assessment in Arizona. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 28, pp. 179-199.
- Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser(LAWA) (2000) Gewaesser-strukturkartierung in der BRD. 1. Auf. Schwerin
- Leopold, L.B. (1969) Landscape aesthetics. in Coast, D.R.(ed.), *Landscape Assessment Stroudsberg, Penn. Down Hutchinson & Ross*, pp. 46-58.
- Magette, W.L., Brinsfield, R.B., Palmer, R.E., and Wood, J.D. (1989) Nutrient and sediment removal by vegetated filter strips. *Transactions of the ASAE*, Vol. 32, No. 2, 663-667.
- Mander, U., Kuusemets, V. Lõhmus, K., and Mäuring, T. (1997). "Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. *Ecological Engineering*, Vol. 8, 299-324.
- National Research Council (2000). *Watershed Management for Potable Water Supply*
- National Rivers Authority (1992) River corridor surveys, methods and procedures, Conservation Technical Handbook, No. 1, NRA, Bristol.
- Nieswand, G.H., Hordon, R.M., Shelton, T.B., Chavooshian, B.B., and Blarr, S. (1990) Buffer strips to protect water supply reservoirs: A model and recommendations. *Water Resources Bulletin*, Vol. 26, No. 6, 959-966.
- Trimble, G.R. and Sartz, R.S. (1957) How far from a stream should a logging road be located?, *Journal of Forestry*, Vol. 55, 339-341.
- Young, R.A. Huntrods, T., and Anderson, W. (1980) Effectiveness of vegetated buffer strips in controlling pollution from feedlot runoff. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 9, No. 3, 483-487.

(접수일: 2012.2.13/심사일: 2012.10.12/심사완료일: 2012.11.9)