

한국형 하천환경 평가체계 정립을 위한 유형화 및 적용성 검토 연구†

전승훈* · 김우람** · 박상길**

*가천대학교 조경학과 · **가천대학교 대학원 생태조경전공

I. 연구배경 및 목적

독일·영국·호주·미국 등 선진국에선 오래전부터 하천환경 개선을 위해 자국의 하천환경에 적합한 하천환경 유형화와 평가체계에 대한 연구가 이루어져 왔다. 하지만, 우리나라의 경우 우리나라 하천환경 특성을 고려하거나 선행적으로 축적된 연구성과를 통한 기술개발 및 실무적용이 부족한 가운데 무조건적으로 선진국의 체계를 적용하는 한계에 직면해 있다. 그 결과, 생태하천 조성과 사업 후 평가 시 지역별로 고유하게 나타나는 자연·문화적 하천환경 특성이 반영되지 못함(김혜주, 2011)과 동시에 국가 차원의 통합적이고 표준화된 체계의 부재로 인한 문제점 해결이 중요한 과제로 대두되고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 국내·외 선행연구의 방법론을 고찰한 후 국내 하천 환경의 특성에 적합한 한국형 하천환경 평가 체계의 구축방향을 제시하는 데 있다.

이를 위하여 본 연구에서는 하천환경 평가 및 유형화 방법론의 시·공간적 단위가 되는 하천구간(Segment) 적용의 타당성과 그 기준이 되는 경사도와 하상재료의 상관성을 중심으로 하여 검토해 보고자 한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

먼저, 하천환경 유형화 및 평가체계와 관련된 국내·외 사례의 기본특성과 발달과정을 정리하여 국내에 적용할 수 있는 사항을 파악하였다.

다음으로 한국하천환경특성에 맞는 적용성을 검토하기 위하여 한국 주요 5대강 중 낙동강 대권역에 속한 내성천 중권역을 대상으로 하천환경의 물리적 구조특성 요소인 하상재료와 경사도의 상관관계를 종단연속성 분석을 통하여 살펴보았다. 또한 유역단위 하천망 교란요인을 분석·적용하여 상관성 분석 결과

를 보정하였다.

2. 연구방법

1) 기존문헌 고찰

하천환경 유형화와 평가체계는 국가별 하천환경 특성을 반영한 결과 개별 방법론과 평가 항목 등 세부적인 사항에서는 상이한 양상을 보이지만, 정립된 기본 체계와 개발과정은 공통된 특성을 보여준다. 이러한 특성 파악을 위하여 로스겐(Rosgen)과 후지타(藤田; Fujita)의 하천유형 분류 시스템을 먼저 비교해 보았다. 다음으로, 미국 델루스 지역에 적용된 하천 유형분류를 살펴보고, 이후 하천 유형화에 기초한 평가체계의 대표적인 사례에 해당하는 독일의 LAW와 호주의 AusRivAS를 비교해 보았다. 그 결과, 서로 다른 하천 환경에 따른 각국의 고유한 특성과 함께 방법론의 공통점을 정리하여 국내 하천환경에 적합한 유형화와 평가체계 확립을 위한 적용점을 설정할 수 있었다. 아울러, 국내 사례 한 편을 외국의 사례와 비교해 봄으로써 성과와 한계점을 검토해 보았다.

2) 국내 적용성 검토: 내성천

한국수자원관리종합정보시스템(WAMIS)의 GIS 속성정보를 ArcMap10으로 열람하여 유역정보를 활용하였다. 국토해양부의 하천정비기본계획서를 참조하여 하천중단면 제작 및 경사도, 하상재료, 횡단구조물 자료를 수집하였다. 또한 한국지질자원연구소의 지질정보검색 시스템에서 1:250,000 지질도를 사용하였다. 수집된 자료들을 엑셀로 자료화 한 후 이를 Adobe Illustrator CS5로 도면화하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 국내외 사례 검토 결과

1) 미국 로스겐(Rosgen)과 일본 후지타(藤田; Fujita)의 하

† 본 논문은 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(12기술혁신C02)에 의해 수행되었습니다.

천유형 분류 시스템

로스겐(Rosgen)은 하천환경을 하폭대 수심비, 만곡도, 경사도 및 하상재료를 기준으로 하여 8개의 하천유형으로 분류(1994)하였다. 그러나, 후지타는 로스겐의 상세한 분류가 일본의 하천 환경에 적합하지 않다고 판단하여 하천경사와 하상재료의 조합을 통한 하천유형 분류를 위하여 하천구간(Segment)이라는 개념을 제시하였다. 그 결과, 로스겐의 A, B 하천유형은 Segment M으로, E, G, F 하천유형은 Segment 1로, C, D 하천유형은 Segment 2로 통합되었다.

2) 미국 미네소타주 델루스 지역 하천의 지형적 특성과 분류 불(Bohle)은 몽고메리와 버핑턴이 제시한 산지형(山地形) 하천 유형분류 방법(Montgomery 등, 1997)을 빙하지형에 맞게 수정하였으며, 이후 델루스시에서는 이러한 유형분류가 지역의 특성에 맞게 재수정되었다. 이 과정에서 하천 구간(Segment)에 대한 정의가 다음과 같이 정립되었다. 하천구간은 합류부(Confluence)와 합류부를 기본 단위로 하면서, 경사도·지질·계곡유형·하상재료와 같은 지형학적 연속성에 따라 구분된다. 이에 따라 15개의 유형분류가 제시되었으며, 지질 및 경사도와 하상재료의 상관성이 하천구간을 분류하는 중요한 기준이 되었다(USGS, 2006).

3) 독일의 LAWA와 호주의 AusRivAS

독일은 하천의 수질 개선에서 한 걸음 더 나아가 1989년부터 1995년까지 6년간 하천의 생태적 복원을 목표로 한 방법론 개발이 자치주 중심으로 이루어졌다. 그 결과, '하천 자연도 평가'가 등장하였으며, 이 과정에서는 앞서 언급한 바와 같이 독일 하천의 유형화와 참조하천 설정 작업이 이루어졌다(조용현, 1997). 2000년에 이르러 이와 같은 성과는 독일연방정부의 '하천환경 구조 평가'의 두 가지 체계, 즉 LAWA-FS(Field Survey)와 LAWA-OS(Overview Survey)의 확립으로 이어졌다(Annet Weiß 외, 2007). 중·소하천 규모의 하천평가를 주목적으로 한 LAWA-FS에는 독일의 6개 하천 유형(Otto, 1991)이 동일 조사항목의 비교를 위한 요소로 반영되었고, 대규모 하천을 주대상으로 하여 전략적 평가를 위해서 LAWA-FS 중 실내조사가 가능한 일부 조사항목을 도입하여 개발된 LAWA-OS에서는 위계에 따른 하천 환경 평가방법이 제시되었다(Ulrich Kamp 등, 2006).

호주 또한 독일과 같이 하천의 서식처 기능을 평가하기 위하여 국가차원의 표준화된 하천 환경 평가를 위한 체계를 개발하게 된다. 이를 위하여 이전까지 주별로 개발되어 있던 4개의 서식처 평가체계 중 교란된 하천의 물리적 특성에 대한 예측가능성, 생물·기능적 변인과의 상관성, AUSRI VAS와의 상관성, 국가차원에서의 적용가능성 등의 요건을 가장 잘 충족시키는 Habitat Predictive Modeling을 채용하고, 정성적 평가 특성을 보완하기 위하여 미국 환경부의 정량적 서식처 평가 체계인 HABSCORE를

도입하여 2000년도에 AusRivAS(Austrain River Assessment Scheme)를 정립한다. 주요 특징은 참조하천의 유형화 과정에서 정립된 통계적 모델에 따른 기댓값(Expected Value)을 기준으로 하여 실제 측정된 하천 환경의 측정값(Observed Value)의 편차 즉, O/E율의 개념을 도입하였으며 (Melissa Parsons 등, 2003), 이는 독일 LAWA의 7등급 평가의 기준이 되는 실제 하천의 참조하천에 대한 편차 개념과 상통한다. 더불어, 호주 AusRivAS의 26개의 조절변인(Control Variables)과 66개의 반응변인(Response Variables) 또한 독일 LAWA-OS의 상위계-하위계 평가방법과 유사한 특징이 된다.

4) 국내 사례

국내하천의 유형분류 중 규모·고도·하상재료를 기준으로 26개의 유형이 제시된 사례(김혜주, 2011)가 있다. 하지만, 위 분류에 사용된 기준 중 고도는 하상재료보다는 식생분포와 직접적인 관계가 있으므로, 하천 환경의 특성 중 유수력(Stream Power)을 보다 잘 반영하기 위해서는 고도가 아닌 하상재료와의 상관성이 높은 경사도가 기준으로 제시되는 것이 바람직한 것으로 판단하였다.

2. 국내 적용성 검토 결과: 내성천

한국하천환경 특성에 맞는 하천환경서식처유형화를 위하여 한국 주요 5대강 중 낙동강 대권역에 속한 내성천 중권역을 대상으로 하천환경의 물리적 구조특성 요소인 하상재료와 경사도의 상관관계를 종단연속성 분석을 통하여 살펴보았다. 또한 유역단위 하천망 교란요인을 분석·적용하여 상관성 분석결과를 보정하였다.

1) 종단연속성 분석 결과

내성천을 대상으로 경사도 기반의 하천종단 연속성에 따라 지질과 하상재료의 분포를 살펴보았다. 내성천 중권역은 화강암 56.41%, 흑운모 편마암 11.62% 등으로 구성되어 있으며, 내성천은 화강암기반의 하천환경을 이루어 모래하천이 발달되었다. NS-M-150을 기점으로 자갈하천과 모래하천이 분명하게 구분되지만, 불연속적으로 NS-M-20, NS-M-40 지점에서 자갈하천이 나타났다.

2) 유역 내 하천망 교란요인 분석 결과

유역 내 하천망 교란요인을 분석해본 결과, 지류와 분류가 만나는 합류지점, 횡단구조물(낙차공, 보)에 의한 교란에 따라 하상재료의 특이한 분포가 관찰됐다(그림 1 참조).

내성천 유역 내 지질환경을 기반으로 한 하천의 종·횡적 연속성에 따른 경사도와 하상재료의 상관관계를 살펴보고, 교란요

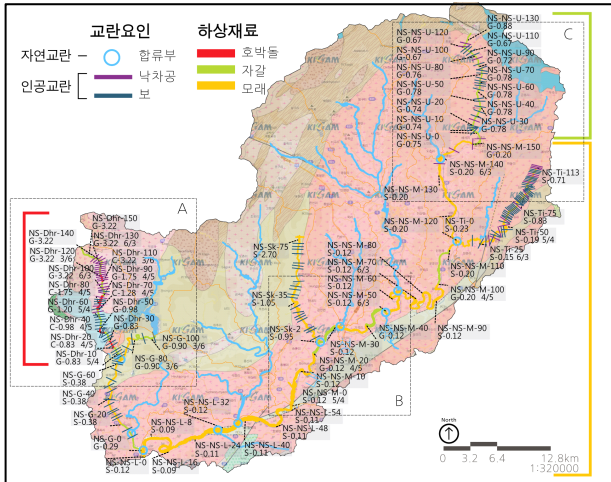


그림 1. 내성천 중권역의 교란요인을 반영한 하상재료와 경사도 상관관계분석도

표 1. 내성천 중권역의 하상재료와 경사도 상관관계

하상재료	경사도
호박돌	1.20~3.22
자갈	0.75~1.20
모래	0.11~0.38

인들을 분석해본 결과, 호박돌은 경사도 1.20~3.22(%)에서 나타나고, 자갈은 0.75~1.20(%), 모래는 0.11~0.38(%)에서 나타났다(표 1 참조). 따라서 후지타와 로스겐 그리고 델루스 지역의 하천분류방법에서 고찰한 바와 같이 경사도와 하상재료가 하천 환경 물리적 환경의 주요 결정 요인임을 확인할 수 있었다.

3. 고찰

하천환경은 기후, 지질, 식생 및 지형적 특성에 의해 영향을 받는다(Charlton, 2007). 그 결과, 하천환경은 국가별로 다른 특성을 보일 뿐만 아니라, 한 국가 내에서도 지역별 고유한 특성을 보이게 된다. 이러한 특성을 반영한 결과 국가별로 고유한 하천 유형이 나타나게 된다. 따라서, 해외의 하천유형화는 자국 하천의 고유한 특성을 최대한 반영하기 위한 노력의 결과였음을 확인하였다.

하지만, 하천 유형화를 위한 방법론 중 국내 하천 환경에 적용 가능한 사항을 검토하는 것이 본 연구의 중요한 목적이었기에 그와 같은 사항을 정리해본 결과, 하천구간(Segment)이라는 단위를 적용하고 그 기준으로 경사도와 하상재료를 사용하는 것의 타당성을 후지타, 볼, 델루스 지역의 사례연구를 통해 확인하게 되었다. 이에 따라, 한국 하천의 적용성을 검토하기 위하여 내성천을 대상으로 하천구간별 경사도와 하상재료의 상관성을 조사·분석한 결과, 유의미한 결과를 얻을 수 있었다. 다만, 우리나라 하천정비기본계획에서 조사된 하상경사와 하상재료 자료는 하천별 조사방법의 차이로 인해 일부 구간에서 신뢰도가 떨어지는 한계점이 있었다. 예를 들어, 석관천은 지질에 따른 경사도와 하상재료의 상관성이 부족하기에 이후 위성 사진판독 또는 현장 조사 등의 검증이 필요하다고 판단하였다.

또한, 국내의 사례 검토를 통해 평가체계는 독립적이지 않고 하천유형과의 상호작용 속에 있음을 확인하였다. 이는 독일 LAWA-FS에서 하천 유형에 따라 서로 다른 평가점수가 부여되는 하천환경 평가체계에서도 입증되었다. 본 연구는 이와 같은 사례 및 적용성 검토 결과에 따라, 외국의 평가체계를 국내 여건에 맞게 적용하면서 한국형 하천환경 평가체계를 정립하기 위하여 한국 하천의 유형화는 생략할 수 없는 중요한 과정임을 재확인할 수 있었다.

참고문헌

- 김혜주(2011) 국내하천유형과 잠재 자연하천의 식생. ECORIVER21.
- 조용현(1997) 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- Allan, J. David and Maria M. Castillo(2007) Stream Ecology. Springer.
- Charlton, Ro(2007) Fundamentals of Fluvial Geomorphology. Routledge.
- Kamp, Ulrich *et al.*(2006) River Habitat Monitoring and Assessment in Germany.
- Montgomery, David R. and John M. Buffington(1997) Channel-reach Morphology in Mountain Drainage Basins.
- Norton, Gale A.-U.S. Department of the interior, P. Patrick Leahy-U.S. Geological Survey(2006) Geomorphic Characteristics and Classification of Duluth-Area Streams, Minnesota.
- Otto, A.(1991) Grundlagen einer morphologischen Typologie der Baeche, Mitt. d. Inst. F. Wasserbau u. Kulturtechnik der Uni. Karlsruhe.
- Parsons, Melissa *et al.*(2003) Development of a Standard Approach to River Habitat Assessment in Australia.
- WeiB, Annet *et al.*(2001) Hydromorphological Assessment Within the EU-Water Framework Directive.
- 藤田(2007) 호안의 역학적 설계. 산해당.