

샛강에서의 복원공법 적용에 따른 생태환경 개선 효과²⁹⁾

Assesment of ecological condition improvement by
eco-technological restoration in a small stream

권태호¹□이정호²□김동욱^{3*}

대구대학교 산림자원학과¹□대구대학교 과학교육학부²□대구대학교 대학원³

I. 연구목적

최근 들어 하천 복원은 그간의 치수기능을 중심으로 한 획일적이고 인공적인 개수 수준을 넘어서 하천의 생태적, 환경적 기능의 복원을 위한 생태공학적 하천공법이 다양하게 검토되고 또 현장에 적용되는 사례도 많아지고 있다. 이와 함께 생태공학적 하천복원공법의 적용이 하천의 생태 환경을 어떻게 변화시키고 또 개선할 수 있는가에 대한 연구에도 관심이 모아지고 있다.

하천의 수중 생태계의 건전성은 수질오염과 함께 수자원 및 생물서식 환경의 개선 필요성으로 인해 중요한 문제로 등장하고 있으며, 이를 위한 정확한 상황 진단 또는 평가가 시급한 과제가 되고 있는 실정이다.

하천 수질환경을 조사하는 방법으로는 BOD나 COD 등의 화학적 분석법이 대표적으로 널리 사용되어 왔으나, 근래에는 생물을 지표로서 사용하여 그 수역의 고유의 수질환경을 분석함과 아울러 생태학적 건강도까지 평가할 수 있는 생물평가법, 즉 bio-assessment가 매우 중요하게 활용되고 있다(Oberdoff와 Hughes, 1992; Hocutte 등, 1994; Harris, 1995; Huguency 등, 1996; Ganasand와 Hughes, 1998). 이러한 bio-assessment는 각 하천의 독자적 환경 특성에 적응하는 특정 생물군이 우점적으로 형성하는 군집의 구조를 유추하여 수질환경 및 생태학적 건강도를 평가하는 것이다.

본 연구에서는 특히 몇가지 하천복원공법이 적용된 샛강의 생태환경 개선 효과를 검증하기 위하여 미국의 U.S. EPA의 하천 건강도 평가를 위한 Rapid Bio-assessment Protocol (RBP ; U.S. EPA, 1999)에서 제시하는 metrics들을 활용하여 결과의 신뢰도를 높이고자 하였다.

29) 이 연구는 농림부 지원 농특 첨단기술개발과제(203093-3)로 수행한 연구결과의 일부임.

II. 연구방법

1. 조사 지점 및 개요

돌망태틀농기공법(2004년 9월 시공) 및 버드나무울짙기공법(2005년 4월 시공)을 적용한 경북 군위군 효령면 화계리 소재 경북대학교 군위농장을 통과하여 남천으로 유입되는 샛강을 대상으로 하천 생태환경 개선 효과를 평가하기 위하여 그림 1과 같이 처리구간 전후의 유입, 유출 구간을 포함하여 3개의 관측점을 선정하고, 2006년 4월 25일에 현장조사 및 시료 채취를 하였다.



그림 1. 시료 채취 지점

ST. 1 : 처리 구간 상류 유입부(내통교 상류 20m 지점)

ST. 2 : 처리 구역 중앙부

ST. 3 : 처리 구간을 통과한 하류부

2. 환경요인 측정 및 구조 시료 처리

샛강의 수환경요인으로 수온과 pH, 전기전도도는 현장 수질측정기인 D-24(HORIBA)로 측정하였으며, BOD와 NH₃, NO₃, PO₄는 수질오염 공정시험방법

(환경부, 1996)에 준하여 측정하였으며, 그 결과는 표 1과 같다.

표 1. 셋강의 수환경요인

Environmental factors	ST. 1 (유입부 상류)	ST. 2 (처리 구간 내)	ST. 3 (유출부 하류)
Temp. (°C)	12.3	14.1	16.6
DO (mg/L)	9.43	10.00	9.90
pH	7.80	8.04	8.20
EC (μ s/cm)	246	257	253
BOD (mg/L)	1.19	1.95	1.50
NO ₃ (mg/L)	1.90	2.33	2.43
NH ₃ (mg/L)	N.D.	0.033	0.023
PO ₄ (mg/L)	0.147	0.117	0.117

한편, 구조 시료는 하천 내 수면과 평행한 돌의 상면부를 솔로서 긁어 채집하였다. 종의 동정과 계수를 위하여 영구표본을 작성하였는데, 이를 위한 시료의 세정은 KMnO₄법 (Hendey, 1974)을 사용하였으며, pleurax로 봉입하여 제작하였다. 제작된 슬라이드는 Zeiss Apophot 광학현미경으로 1,000배로 관찰하였다. 구조 군집의 상대빈도를 위한 계수는 임의로 선정된 현미경 하의 시야에서 피각의 수가 500개 이상이 되도록 하였다.

III. 결과 및 평가

1. 종풍부도(species richness)

종풍부도는 시료 내 구조 종수를 나타낸 값으로서, 높은 종풍부도는 그 하천의 높은 생태적 보존도를 반영하는 것으로 이해할 수 있는데, 만일 수질 오염이 심화되면 그 지역의 생물종들의 스트레스 증가에 따라 종풍부도가 감소하는 경향을 나타낸다(U.S. EPA, 1999). 본 조사에서 처리 구간 상류의 ST. 1에서는 24에 불과하였으나, 처리 구간의 말단인 ST. 3에서는 32로 증가하여 25%의 개선 효과를 나타냈다(표 1 및 표 2).

표 2. 생태학적 건강도 평가를 위한 metric 항목 및 개선율

Metrics	ST. 1	ST. 2	ST. 3	Reforming effect(%) ^{**}
1. Species richness	24	29	32	+ 25.0
2. Diversity index	0.970	0.842	1.175	+ 17.4
3. Saprobic index by DAipo [*]	59.6	74.7	69.1	+ 13.7
4. Percent sensitive taxa	21.2	54.3	41.3	+ 48.7
5. Percent of <i>Achananthes minutissima</i>	38.2	20.9	16.4	- 57.1
6. Dominance index	0.181	0.268	0.106	- 41.4

주) Metric 중 1~4번은 증가할수록 생태학적 건강도가 높으며, 5와 6은 반대임

* DAipo (Diatom Assemblage Index of water organic pollution)

** 처리 구간 유입 상류지점(ST. 1)과 유출 하류지점(ST. 3) 간의 metric 값의 변화율

2. 종다양도지수(Shannon diversity)

종다양도는 시료 내 종의 수와 이들 종들 사이의 개체들의 분포도를 평가하는 항목으로, 수질환경에 따라 민감하게 반응하는 것으로 보고되고 있다(U.S. EPA, 1999).

본 조사에서는 처리 구간 상류인 ST. 1에서 0.970이었으나 처리 구간 통과 후에는 1.175로 크게 증가하여 17.4%의 처리 효과가 확인되었다(표 2). 이와 같은 결과는 종풍부도와 함께 본 셋강에서의 생태공학적 처리가 다양한 생물종들의 생육을 지원할 수 있도록 다양한 생육 공간을 원활히 확보해 주는 매우 긍정적 결과로 사료된다.

3. 규조 군집 수질 오염도지수(saprobic index by DAipo)

DAipo (Diatom Assemblage Index of organic water pollution)는 생태학적인 기준으로 유기오염도에 대한 내성 그룹을 나눈다는 점에서 특이하다. 먼저 규조류의 생태적 특성에 따라 수질이 청정한 수역에서 주로 출현하는 호청수성종(好清水性種, saproxenous taxa)과와 유기오염도가 높은 수역에서 흔히 출현하는 호오염성종(好汚染性種, saprophilous taxa), 양쪽 모두에서 비슷하게 출현하는 광적응성종(廣適應性種, indifferent taxa) 등 3가지 생태군으로 분류한다. 이 결과를 근간으로

조사대상지에서 채집된 규조 군집 내 각 생태군의 구성비를 기준으로 DA_{Ipo} 값을 계산한다. DA_{Ipo}는 0에서 100까지의 범위로 나타내며, 값이 클수록 수계가 청정함을 나타낸다. 100은 오염이 전혀 진행되지 않은 가장 청정한 수역을, 0은 오염이 가장 심한 수역을 의미한다.

세 관측점 모두 비교적 양호한 수질 오염도를 보이는 값으로 조사되었으나, 처리 구간 전후를 비교할 때 약 14%의 변화가 있었다(표 2). 본 조사에서는 하천의 오염도가 비교적 낮아 처리 효과가 뚜렷하지 않고 미세하게 발현된 것으로 추측된다.

4. 오염 민감종의 구성비(percent sensitive diatoms)

이는 어떤 조사지점의 규조 군집에서 오염도에 민감하게 반응하는 종들의 구성비를 나타내는 것으로서, 특히 하천 차수가 높은 작은 하천의 오염도 평가에 매우 중요하게 활용된다(U.S. EPA, 1999). 본 조사에서는 처리 전 구간인 ST. 1이 21.2%에 불과하였으나, 처리 후인 ST. 3에서는 41.3%에 달하여 무려 48.7%의 개선 효과가 확인되었다(표 2).

5. *Achnanthes minutissima* 의 구성비

이 메트릭은 하천의 물리적 교란 정도를 반영하는 매우 특징적인 항목이다. 예를 들어 심한 강우에 의한 유속 증가는 하천의 부착 기질을 교란시키게 되며, 그 결과 하천의 부착 조류의 생육은 크게 방해받게 된다. 이와 같은 하천의 1차 생산자인 부착생물의 생육 불량은 전체 수중생태계의 교란을 야기하게 되어 결국 하천의 생태학적 건강도를 저하시키게 된다. *Achnanthes minutissima*는 부착조류 중 교란된 부착 기질에 가장 조기에 부착 생육하는 생태학적 개척종의 역할을 한다. 즉 *Achnanthes minutissima*의 출현도가 높으면 높을수록 최근 하천의 물리학적 훼손도가 높았다는 것을 반영하는 것으로 유추할 수 있는 것이다 (U.S. EPA, 1999). 본 조사에서는 처리 구간 상류의 ST. 1에서 매우 높은 38.2%의 구성비를 보였으나, 처리 구간 내에서는 평균 18.7%에 불과하게 나타났다(표 2). 이는 처리 구간이 강우 등의 물리적 교란 요인에 대해 잘 보호되고 있음을 반영하는 것으로써, 셋강의 생태학적 건강도를 유지시키는 데 있어 생태공학적인 안정화 기술이 매우 효과적임을 시사해 주는 결과로 사료된다.

6. 우점도지수(dominant index)

하천 훼손도를 평가함에 있어 우점도지수는 매우 중요한 항목이다. 즉 어떤 수역이 특정한 훼손 요인에 크게 영향을 받고 있다면, 그 요인에 잘 적응하는 소수의 종만이 잘 생육할 수 있게 되어 군집의 다양도를 크게 저하하는 효과를 나타내기 때문이다. 우점도지수는 낮을수록 생태학적으로 긍정적으로 이해되는데, 본 조사에서는 41.4%의 개선 효과가 있었다(표 2).

IV. 결 론

처리 구간의 유입 상류부(ST. 1)와 처리 구간 내 지점(ST. 2) 및 유출 하류부(ST. 3)를 대상으로 6개 메트릭의 변화값을 종합하면 평균 33.9%의 높은 개선 효과를 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 본 조사에서 적용된 셋강의 생태공학적인 안정화기술이 하천의 생태학적 건강도를 보존하는 데 있어 효과적임을 시사해주는 것으로 평가할 수 있었다.

다만 이번 평가가 실험지 중간에 위치한 간이교량의 개수 및 남동쪽 통로의 확장공사의 영향이 가라앉는 시간이 필요했던 까닭에 1회 조사에 국한될 수밖에 없었다. 공사 후 시간이 경과함에 따라 더 많은 변화가 있을 것으로 예상되는 바, 보다 더 구체적이고 객관적인 결과의 도출을 위해서는 향후 다양한 환경 요인의 변화에 대한 장기적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

인용문헌

- 환경부. 1996. 수질오염, 폐기물, 토양오염 공정시험방법. 환경부고시 제96-32호. 동화기술.
- Ganasan, V. and R.M. Hughes. 1998. Application of index of biological integrity (IBI) to fish assemblages of the rivers Khan and Kshipra(Madhya Pradesh). *Freshwater Biology* 40(2), India.
- Harris, J.H. 1995. The use of fish in ecological assessments, *Australian Journal of Ecology*, 20: 65-80.
- Hendey N.I. 1974. The permanganate method for cleaning using diatoms. *Nova Hedwigia Bein* 64:305-323.

- Hocutt, C.H., P.N. Johnson, C. Hay and B.J. VanZyl. 1994. Biological basis of water quality assessment: the Kavango River, Namibia. *Reviews Hydrobiologie Tropical* 27: 361-384.
- Hugueny, B., S. Camara, B. Samoura and M. Magassouba. 1996. Applying an index of biotic integrity based on fish assemblages in a West African river. *Hydrobiologia* 331: 71-78.
- Oberdorff, T. and R.M. Hughes. 1992. Modification of an index of biotic integrity based on fish assemblages to characterize rivers of the Seine Basin, France, *Hydrobiologia* 228: 117-130.
- Oklahoma Conservation Commission(OCC). 1993. Development of rapid bioassessment protocols for Oklahoma utilizing characteristics of the diatom community. Oklahoma Conservation Commission, Oklahoma City, Oklahoma.
- U.S. Environmental Protection Agency(U.S. EPA). 1999. Rapid bio-assessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish, (2nd). EPA 842-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C.