

하천의 생태적안정성평가를 위한 주요지표선정방법

김철우, 김광범

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《국토관리와 환경보호부문의 과학연구기관들에서는 강성국가건설의 요구에 맞게 과학연구사업을 힘있게 벌려 국토관리와 환경보호사업에서 나서는 과학기술적문제들을 제때에 높은 수준에서 원만히 풀어나가야 합니다.》

하천생태의 복원은 생태계의 순환원리에 기초하여 여러가지 방법을 구체적인 조건에 맞게 선택리용함으로써 이미 손상된 하천의 물생태환경에서 서식하는 생물군체와 생태구조를 복원하며 물생태환경의 주요기능을 높여주어 하천생태계가 자연정화, 자체유지, 자체조절의 양성순환에 놓이게 하는것을 말한다.[2-4]

이러한 하천생태복원사업을 성과적으로 진행해나가자면 무엇보다먼저 현존 하천의 생태적안정성을 평가하여야 하며 그러자면 그 평가지표들을 바로 선정하여야 한다.

론문에서는 하천의 생태적안정성을 종합적으로 평가할수 있는 평가지표체계를 작성하고 주요평가지표를 선정하는 방법에 대하여 서술하였다.

1. 하천의 생태적안정성에 영향을 주는 지표

하천의 생태적안정성을 평가하는 지표체계의 작성원칙은 다음과 같다.

우선 하천생태복원의 목적에 맞게 작성하여야 한다.

다음으로 하천생태계에 영향을 미치는 여러가지 자연적 및 인공적작용을 구체적으로 반영하여 작성하여야 한다.

지표체계의 작성원칙에 준하여 하천의 생태적안정성에 영향을 주는 지표들을 물리적, 화학적, 생물학적, 사회경제적지표로 나누어 고찰할수 있다. 이때 물리적, 화학적, 생물학적지표들은 자연적지표로, 사회경제적지표는 인공적지표로 볼수 있다.

① 물리적지표

하천생태계의 물리적지표에는 하천의 공간적인 형태구조적특성을 반영하는 지표들인 하천의 만곡도, 습지보존률, 강기습식물피복률, 류역의 식물피복률 등이, 하천생태계의 수문 및 수리학적과정들을 반영하는 지표들인 해당 류역의 년평균강수량과 증발산량, 삼투량, 물흐름량, 물흐름의 련속성 그리고 하천의 물온도, 물깊이, 물흐름속도, 강바닥물매, 물흐름량 및 지하수위변화 등이 있다.

② 화학적지표

하천생태계의 화학적지표에는 하천의 물살이 및 육지생태계의 수질을 반영하는 지표들인 생물학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 총산소요구량(TOD), 용존산소(DO), 총유기탄소(TOC), 부유물질, 유기물질, 영양염류, 중금속, pH 등이, 바닥감탕질을 평가하는 지표들인 총질소합량, 총린합량, 유기물질합량, 중금속합량 등이 있다.

수질을 반영하는 지표들 가운데서 기본은 BOD, COD, DO, 부영양화정도이며 바닥감탕질평가지표들인 총질소, 총린, 유기물질합량은 수질평가지표들에 의하여 충분히 반영된다

고 볼수 있으므로 중금속함량만을 고려한다.

③ 생물학적지표

생물학적지표는 하천의 동식물상, 생물서식지와 물가환경을 기본으로 고찰한다.

하천의 동식물상에는 물고기류, 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 곤충류, 조개류, 바닥살이생물, 떠살이생물, 물속뿌리식물, 마름류, 초본류, 키나무류, 떨기나무류 등의 지표들이 있는데 이 지표들은 생물다양성과 총생물량에 의하여 종합적으로 평가할수도 있다.

생물서식지와 물가환경에서는 물고기서식상태를 기본지표로 선택할수 있다.

④ 사회경제적지표

하천생태계의 사회경제적지표에는 류역의 물자원이용률과 토지개발 및 토지이용률, 하천물길의 변화률, 수리구조물, 환경오염 등이 있다. 환경오염과 관련한 지표로서 환경오염의 종류와 오염원천, 배출되는 오염물질의 종류와 양을 들수 있다.

2. 하천의 생태적안정성평가지표선정

하천의 생태적안정성을 과학적으로 현실성있게 평가하자면 위에서 언급한 지표들 가운데서 하천의 생태적안정성에 주는 영향이 큰 지표들을 선정하여야 한다.

매개 평가지표들이 하천의 생태적안정성에 주는 영향정도는 지표들의 무게에 의하여 평가할수 있다. 지표들의 무게는 모호계층분석법[1, 5]을 리용하여 결정한다.

모호계층분석법에 의한 지표무게결정방법은 다음과 같다.

① 목표층에 대한 준칙층요소들의 판단행렬을 1—9척도법에 의하여 작성한다.

② 모호호상보충판단행렬 B 를 얻는다.

$$B = (b_{ij})_{n \times n} = (a_{ij} / a_{ij} + 1)_{n \times n}$$

여기서 a_{ij} 는 지수기준[1]에 의하여 작성한 판단행렬값이다.

③ B 로부터 그에 대응하는 모호일치성행렬($R = (r_{ij})_{n \times n}$)을 계산한다.

$$r_i = \sum_{k=1}^n b_{ik}, \quad r_{ij} = \frac{r_i - r_j}{2(n-1)} + 0.5$$

④ 일치성검사지표(δ, σ)[3, 4]를 리용하여 B 의 일치성을 검사한다.

$$\delta = \max\{|b_{ij} - r_{ij}|\}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (b_{ij} - r_{ij})^2}{n}}$$

$\delta < 0.2, \sigma < 0.1$ 이면 행렬 B 가 일치성을 만족시키고 반대이면 만족시키지 않는것으로 한다.

⑤ 모호일치성행렬 R 를 리용하여 지표무게벡토르를 계산한다.

먼저 R 의 행의 합 r'_i 를 구한 조건에서 무게값 w_i 는 다음과 같이 계산한다.

$$w_i = r'_i / \sum_{i=1}^n r'_i$$

⑥ 우와 같은 방식으로 목표층에 대한 준칙층, 준칙층에 대한 지표층요소들의 지표무게벡토르들을 계산한 다음 목표층에 대한 지표층요소들의 총무게 W 를 구한다.

$$W = W_i W_{ij}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n_B}$$

여기서 W_i 는 목표층에 대한 준칙층요소들의 무게벡토르, W_{ij} 는 준칙층에 대한 지표층요

소들의 무게벡토르, n_B 는 준칙층에 따르는 지표층의 지표개수이다.

우의 원리와 방법을 리용하여 지표무계순위에 따르는 총무계합이 0.8이상인 지표들을 하천의 생태적안정성평가를 위한 주요지표로 선정할수 있다.

하천의 생태적안정성평가지표체계에서 목표층에 대한 준칙층요소들의 판단행렬, 준칙층에 대한 지표층요소들의 판단행렬을 1-9기준법에 의하여 작성하고 모호계층분석법에 의한 지표무계계산방법을 적용하여 지표무계를 계산하였다.(표)

No.	지표	표. 지표무계				총무계	무계순위
		B1 0.260 0	B2 0.297 7	B3 0.231 2	B4 0.211 1		
1	하천의 만족도	0.110 3				0.028 7	20
2	습지보존률	0.173 1				0.045 0	8
3	강기습식물피복률	0.160 0				0.041 6	9
4	류역식물피복률	0.136 0				0.035 4	15
5	류역평균강수량	0.125 7				0.032 7	17
6	년평균흐름량	0.144 1				0.037 5	13
7	물흐름량변화	0.150 8				0.039 2	11
8	BOD		0.240 0			0.071 4	5
9	COD		0.260 0			0.077 4	3
10	부영양화정도		0.283 9			0.084 5	1
11	중금속함량		0.216 1			0.064 3	7
12	생물다양성			0.363 5		0.084 0	2
13	총생물량			0.303 2		0.070 1	6
14	물고기서식상태			0.333 3		0.077 1	4
15	류역물자원리용률				0.151 1	0.031 9	18
16	토지리용률				0.136 8	0.028 9	19
17	하천물길변화률				0.172 5	0.036 4	14
18	수리구조물배치				0.160 9	0.033 9	16
19	오염원개수				0.182 2	0.038 5	12
20	오염물질배출량				0.196 5	0.041 5	10

표에서 보는바와 같이 하천의 생태적안정성에 주는 영향이 큰 지표들은 부영양화정도, 생물다양성, COD, 물고기서식상태, BOD, 총생물량, 중금속함량, 습지보존률, 강기습식물피복률, 오염물질배출량 등이다. 즉 이 지표들을 리용하여 하천의 생태적안정성과 하천생태계의 변화상황을 정량적으로 평가할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김철우 등; 지질 및 지리과학, 2, 42, 주체102(2013).
- [2] M. A. Palmer; River Conservation Challenges and Opportunities, BBVA, 279~300, 2013.
- [3] C. Nilsson et al.; Ecohydrology, Cambridge University Press, 170~208, 2004.
- [4] www.iowarivers.org rlehman@iowarivers.org (515) 724-4093, 2015.
- [5] 李刚军 等; 自然资源学报, 22, 6, 872, 2007.

주체108(2019)년 10월 5일 원고접수

A Method of Choosing Main Indicator to Measure Ecological Safety of the Rivers

Kim Chol U, Kim Kwang Bom

In this paper we studied a method of choosing main indicator to measure ecological safety of the rivers. In order to choose the main indicator, we have estimated the weight of several indicators by using Fuzzy AHP.

Keywords: river ecosystem, ecological safety