

하천생태복원대상우선권선정의 한가지 방법

김광범, 김철우

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.》

하천생태복원사업을 성과적으로 진행해나가자면 생태적안정성이 낮고 복원효과가 큰 대상들부터 먼저 생태복원사업을 진행하여야 하며 이를 위하여서는 현존하천의 생태적안정성을 고려하여 복원대상의 우선권을 평가하여야 한다.

논문에서는 관련도분석법을 적용하여 하천의 생태적안정성을 고려하는 복원대상우선권선정방법에 대하여 고찰하였다.

1. 하천생태복원대상의 우선권선정지표체계

하천의 생태적안정성에 영향을 주는 지표들은 생태복원의 목적과 하천생태계에 영향을 미치는 인자들을 종합적으로 고려하여 물리적 및 화학적, 생물학적, 사회경제적지표들로 나눌수 있다.

① 물리적지표

하천생태계의 물리적지표에는 하천의 공간적인 형태구조적특성과 식물피복상태를 반영하는 지표들과 하천에서 일어나는 수문학적과정들을 반영하는 지표들이 있다.

하천의 공간적인 형태구조적특성과 식물피복상태를 반영하는 지표에는 하천의 만곡도, 습지보존률, 강기습식물피복률, 류역의 식물피복률 등이 있다.

하천생태계의 수문학적과정들을 반영하는 지표에는 해당 류역의 년평균강수량과 증발산량, 삼투량, 물흐름량, 물흐름의 련속성 그리고 하천의 물온도, 물깊이, 물흐름속도, 강바닥물매, 물흐름량 및 지하수위변화 등이 있다.

② 화학적지표

하천생태계의 화학적지표는 생태계변화의 질적특성을 반영하는 지표로서 여기에는 하천의 물살이 및 육지생태계의 수질, 바닥감탕질을 반영하는 지표들이 있다. 특히 수질은 하천의 생태적안정성을 평가하는 가장 중요한 지표의 하나이다.

수질평가지표에는 BOD, COD, TOD, DO, TOC, 부유물질, 유기물질, 영양염류, 알칼리도, 중금속함량, pH 등이 있는데 여기서 기본은 산소를 소비하는 유기물질량을 반영하는 BOD, COD와 영양물질함량을 반영하는 DO, 부영양화정도이다.

바닥감탕질평가지표에서 기본은 총질소함량, 총린함량, 유기물질함량, 중금속함량 등인데 앞의 세 지표는 수질평가지표들에 의하여 충분히 반영된다고 볼수 있으므로 중금속함량만을 고려하면 된다.

③ 생물학적지표

하천생태계의 생물학적지표에서는 하천의 동식물상, 생물서식지와 물가환경을 기본으로 고찰한다.

하천의 동식물상에는 물고기류, 포유류, 조류, 랑서류, 떠살이생물, 마름류, 초본류 등 여러가지 지표들이 있는데 이 지표들은 생물다양성과 총생물량에 의하여 종합적으로 평가할수 있다. 생물서식지와 물가환경에서는 물고기서식상태를 기본지표로 선택할수 있다.

④ 사회경제적지표

하천생태계의 사회경제적지표에는 류역의 물자원리용률과 토지개발 및 토지리용률, 하천수로의 변화률, 수리구조물배치상태, 환경오염 등이 있다.

이상과 같은 하천의 생태적안정성에 영향을 주는 지표들중에서 영향성정도가 큰 지표들은 모호계층분석법[2, 3]을 리용하여 선정한다.

선정된 지표들로 하천생태복원대상의 우선권선정지표체계를 작성하면 그림과 같다.

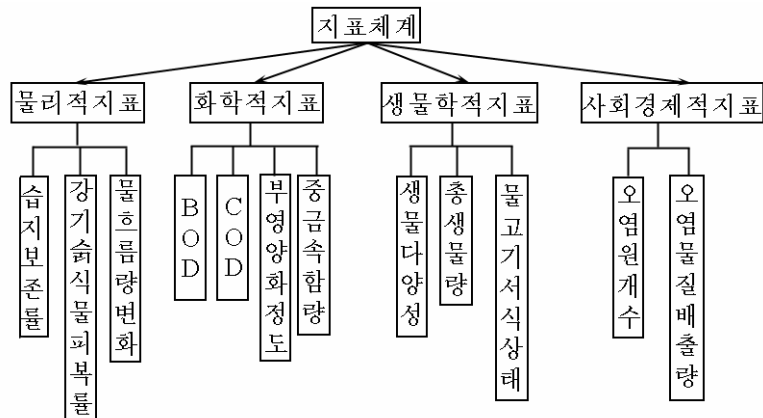


그림. 하천생태복원대상우선권선정지표체계

2. 관련도분석법에 의한 하천생태복원대상우선권선정방법과 응용

일반적으로 관련도분석법[1]은 어떤 결과에 대하여 그에 미치는 요인들의 변화발전동태의 상대적류사성과 차이성에 따라 결과와의 관련정도를 평가하는 하나의 체계분석방법이다. 하천생태복원대상우선권선정에서 기준값(리상값)과 모든 생태적안정성평가지표들의 조사자료값과의 관련정도를 분석하여 하천생태복원대상의 우선권을 평가할수 있다. 이때 하천생태복원대상단위는 하천, 또는 하천구간으로 설정할수 있다.

관련도분석법에 의한 하천생태복원대상우선권선정방법은 다음과 같다.

① 하천생태복원대상들가운데서 매개 생태적안정성평가지표들의 최량값들로 리상적인 기준대상을 설정하고 그것을 첨부한 초기자료행렬을 만든다.

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & x_{02} & \cdots & x_{0n} \\ x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

여기서 $x_{0t}(t=1, \overline{n})$ 은 기준대상의 지표값이며 $x_{it}(i=1, \overline{m}, t=1, \overline{n})$ 은 평가대상들의 지표값들이다.

② 이상적인 기준대상을 포함하는 초기자료행렬에서 평가지표들의 단위가 서로 다르므로 자료를 정규화한다.

$$x'_i(t) = \frac{x_i(t)}{\overline{x(t)}}, \quad \overline{x(t)} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i(t)$$

③ 매개 평가대상들의 지표들에 대하여 관련결수를 계산한다.

$$l_i(t) = \frac{\Delta_{\min} + P\Delta_{\max}}{\Delta_i(t) + P\Delta_{\max}}$$

여기서 $\Delta_i(t) = |x_i(t) - x_0(t)|$, $\Delta_{\min} = \min_i \min_t |x_i(t) - x_0(t)|$, $\Delta_{\max} = \max_i \max_t |x_i(t) - x_0(t)|$, P 는 식별결수($0 < P < 1$)인데 관련도의 정의로부터 P 가 클수록 대응하는 관련도값은 크다. 따라서 수많은 인자들사이의 관련도를 동시에 고찰할 때 P 값을 크게 취하면 각 요인들간의 관련도값차이는 더욱 크게 되며 관련도의 크기를 쉽게 식별할수 있다. 흔히 $P=0.5$ 를 취한다.

④ 매개 평가대상들의 관련도를 계산하고 각 대상들에 대하여 기준대상과의 관련도값크기에 의하여 하천생태복원대상들의 우선권순위를 결정한다.

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n l_i(t)$$

즉 관련도값이 제일 큰 대상이 하천생태복원대상들가운데서 생태적으로 가장 안정한 대상으로 되며 반대로 제일 작은 대상은 생태적으로 가장 불안정한 대상으로 된다. 따라서 관련도값이 제일 작은 대상이 우선권은 제일 크며 반대로 관련도값이 제일 큰 대상이 우선권은 제일 작다.

지표들의 영향성정도 즉 하천의 생태적안정성평가지표들의 무게를 고려한 관련도계산식은 다음과 같다.

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n W(t)l_i(t)$$

여기서 $W(t)$ 는 하천생태복원대상우선권선정지표체계에서 지표들의 무게이다.

논문에서는 8지역에 있는 4개의 소하천들을 대상으로 하여 생태복원대상우선권선정을 진행하였다.

먼저 하천생태복원대상우선권선정지표체계의 지표무게를 모호계충분석법을 리용하여 결정하였다.

습지보존률, 강기습식물피복률, 물흐름량변화, BOD, COD, 부영양화정도, 중금속함량, 생물다양성, 총생물량, 물고기서식상태, 오염원개수, 오염물질배출량 지표들의 무게값계산 결과는 다음과 같다.

$\bar{w} = (0.093 \ 9, 0.080 \ 0, 0.066 \ 2, 0.053 \ 1, 0.060 \ 3, 0.065 \ 3, 0.071 \ 3, 0.081 \ 9, 0.107 \ 2, 0.098 \ 6, 0.100 \ 5, 0.120 \ 8)$

4개의 소하천(ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ천)에 대한 매 지표들의 조사자료초기행렬을 만들고 이상적인 기준대상을 지표특성에 따라 선정한 다음 지표무게를 고려한 관련도계산을 진행한 결과는 다음과 같다.

$$r_1 = 0.074\ 4, r_2 = 0.081\ 3, r_3 = 0.077\ 2, r_4 = 0.074\ 0$$

결과에서 보는바와 같이 관련도값의 크기순서는 $r_2 > r_3 > r_4 > r_1$ 이다.

이 순서는 하천의 생태적안정성순위이다. 결국 하천생태복원대상의 우선권순위는 그와 반대인 $r_1 > r_4 > r_3 > r_2$ 이다. 다시말하여 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ 하천의 순서로 하천생태복원사업을 진행해야 한다는것을 보여준다.

ㄱ하천은 ㄴ지역의 소재지에 위치한 하천으로서 읍지구의 공업기업소들과 주민지구들에서 많은 량의 폐수와 오수가 하천에 흘러들며 하천의 습지보존률도 다른 하천들에 비하여 낮은 상태에 있다. 반면에 ㄹ하천은 습지보존률이 다른 하천들에 비하여 상대적으로 높고 오수배출량도 적다.

맺 는 말

하천생태복원대상의 우선권선정은 하천의 생태적안정성을 고려하여 진행하여야 하는데 관련도분석법을 비롯한 체계분석방법들을 충분히 적용할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김철우 등; 물리용계획, 김일성종합대학출판사, 183~186, 주체104(2015).
- [2] 김철우 등; 지질 및 지리과학, 2, 42, 주체102(2013).
- [3] 李剛军 等; 自然资源学报, 22, 6, 872, 2007.

주체107(2018)년 10월 5일 원고접수

A Method Giving Priority to the Object for Ecological Restoration in River

Kim Kwang Bom, Kim Chol U

We studied a method for giving priority of the object for ecological restoration in river.

Giving priority of the object for ecological restoration must be so set that the effect for restoration gets the greatest in careful consideration to the ecological safety of current river.

Key words: river ecosystem restoration, priority