

# 기존댐 상류 소규모댐 위치선정을 위한 비매개변수적 지수화 방안 연구

## A study for the selection of small-dam locations in existing dam's basin by nonparametric index estimation

안병선\*, 박주범\*\*, 나봉길\*\*\*, 김한중\*\*\*\*, 차영일\*\*\*\*\*

Ahn Byeng-Sun, Park Joo-Bum, Na Bong-Kil, Kim Han-Jung, Cha Young-Il

### 요 지

최근의 기상이변 및 집중호우 등에 대응하기 위해 기존 다목적댐 상류지역에 대한 홍수를 저감시키고, 용수공급, 퇴사 및 탁수저감, 부유물 차단 및 레크레이션 등 기존댐의 효용 증진과 그 가치를 제고하기 위하여 다목적댐 상류에 소규모댐 설치 필요성이 커지고 있다.

따라서 본 연구에서는 소양강, 충주, 횡성, 안동, 임하, 합천, 남강, 밀양, 대청, 용담, 섬진강, 주암(본,조), 부안, 보령, 장흥 등 전국의 다목적댐 15개소의 상류 하천 및 유역을 대상으로 국내외 사례를 조사하여 소규모댐의 정의, 역할, 기능 및 효과를 제시하고 소규모댐의 필요성 및 사업의 타당성을 정립하며, 상류 소규모댐 개발 가능지점 선정을 위하여 댐별 특성을 고려한 수문현황, 환경기초현황 등의 문헌조사와 이를 토대로 도상검토 및 현장조사를 통한 홍수조절, 상류 용수공급, 퇴사, 탁수, 부유물, 레크레이션 등의 소규모댐의 필요성을 제시하여 지자체 및 지역의견 수렴 후 개발지점을 선정하는 것이다.

개발지점 선정을 위하여 이수부분 및 치수부분으로 조사목적은 구분하였으며, 이수부분은 인구현황 및 상수도 이용실태 등을 각 댐별 관련보고서 및 현황 자료를 조사 분석하여 개발의 필요성 및 지점을 결정하였고, 치수부분은 홍수피해액, 수해상습지 및 재해위험지구 등을, 소규모댐의 설치 목적별로 지표들을 핵함수를 이용한 비매개변수적 확률밀도함수법으로 지수화하여 우선순위를 결정하였다.

**핵심용어 : 소규모댐, 다목적댐, 효과분석, 핵함수, 비매개변수, 지수화**

### 1. 서 론

최근 정부의 댐건설 정책방향이 과거 이수 및 치수위주의 대규모 다목적댐 건설에서 한정적인 수자원의 효율적 이용과 지역과 환경을 배려한 새로운 댐건설 정책 방향이 제시되었으며, 이에 본 연구에서는 기존 다목적댐 상류지역에 유역관리의 일환으로 소규모댐 건설을 통한 기존댐의 홍수조절 능력 증대 및 용수공급 향상 등 효용 증진과 그 가치를 제고하기 위하여 다목적댐 상류에 소규모댐 개발가능지점을 선정하는데 그 목적이 있다.

본 연구는 수리·수문요소뿐만 아니라 사회·경제적인 요소까지 포괄하여 이수 및 치수목적

\* 정회원 · 한국종합기술 수자원부 이사 · E-mail : sunrise@kecc.co.kr  
\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원계획팀 차장 · E-mail : jbum@kwater.or.kr  
\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원계획팀 차장 · E-mail : nbk08@kwater.or.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원계획팀 팀장 · E-mail : hjkim@kwater.or.kr  
\*\*\*\*\* 정회원 · 한국종합기술 수자원부 과장 · E-mail : ycha@kecc.co.kr

댐의 계획을 수립하는 데에 있어 전체적인 틀을 세우고 지역적 특성을 고려한 계획이 가능하도록 2차원적인 면 개념을 도입하여 공간적인 비교가 가능하도록 평가항목을 지수화 하였다. 평가항목에 대한 가중계수는 지역의 특성에 따라 변화하는 값으로 시행착오 방법으로 결정하였다. 이수 및 치수 목적별로 필요한 각각 5개의 세부항목으로 평가를 실시하였으며 토지피복도에 근거한 도시화 등 읍면동 자료를 이용하였다. 각기 다른 단위를 가진 세부항목들을 하나의 목적으로 다루기 위해서는 세부항목들의 무차원화가 필요한데, 이를 위해 세부항목별로 구축된 자료에 대하여 비매개변수적 확률밀도함수를 이용하여 자료를 무차원화 하였다.

## 2. 연구대상 및 분석방법

### 2.1. 목적별 세부항목 및 가중계수

본 연구에 대한 검토범위는 기존 다목적댐 15개소 상류 하천 및 유역전체를 대상으로 25개 중권역 및 30개 단위유역과 9개 시도, 71개 시군구, 293개 읍면동 자료가 사용되었고, 목적별 세부항목의 산정방법은 표1과 같다. 이수 및 치수목적별 세부항목에 대한 가중계수는 지역의 특성에 따라 변화하는 값으로, 수자원장기종합계획(건설교통부, 2006) 및 댐건설장기계획(건설교통부, 2007)의 가중값 등을 고려하여 결정하였다. 세부항목별 가중계수는 지수별 중요도를 고려하여 초기값을 부여한 후, 시행착오 방법으로 결정하였다.

표 1 목적별 세부항목 산정방법 및 가중계수

목적	세부항목	단위	산정방법	가중계수
이수	상수도보급율	%	상수도통계2007(환경부) 자료의 급수인구를 총인구로 나눈 값	0.2
	상수도미급수인구밀도	명/km <sup>2</sup>	상수도통계2007(환경부) 미급수인구를 면적으로 나눈 값	0.3
	1인당수자원량	천m <sup>3</sup> /명	행정구역별로 수자원총량을 인구로 나눈 값	0.1
	개발저수율	%	행정구역별로 개발저수용량을 수자원총량으로 나눈 값	0.3
	용수이용률	%	행정구역별로 용수이용량을 수자원총량으로 나눈 값	0.1
치수	인구밀도	명/km <sup>2</sup>	통계연보에 의하여 읍면동별 인구현황을 단위면적당 인구로 나눈 값	0.1
	도시화율	%	전국 토지피복자료를 조사하여 도시지역을 추출, 읍면동별 시가지면적을 총면적으로 나눈 값	0.1
	홍수피해액밀도	백만원/km <sup>2</sup>	재해연보 평균피해액을 산정하여 시군별로 읍면동 홍수피해액을 총면적으로 나눈 값	0.3
	개수율	%	읍면동별로 편입하천 등급 및 개수현황을 조사, 개수연장을 하천총연장으로 나눈 값	0.2
	재해예방사업율	%	전국의 수해상습지, 수계치수사업 중 신규사업량 및 기사업 잔여사업량을 조사하여 읍면동별 편입하천연장으로 나눈 값	0.3

### 2.2. 비매개변수적 확률밀도함수를 이용한 무차원화

세부항목별 자료는 동일한 행정구역이지만 각 항목별로 단위 및 값의 범위가 다르므로 항목별 자료를 0~1 까지의 값으로 무차원화하여 가중계수를 적용함으로써 자료의 일관성을 유지하여야 한다. 금회 연구에서는 기존의 매개변수적 확률밀도함수법의 여러 가지 제약들을 해결할 수 있는 비매개변수적 확률밀도함수법을 이용하여 효율적으로 무차원화를 실시하였다. 비매개변수적 확률밀도함수는 Rosenblatt(1956)에 의해 처음 소개되었고 그 내용은 다음과 같다.

### 2.2.1 비매개변수적 확률밀도함수법

비매개변수적 확률밀도함수법의 기본 원리는 모든 자료의 발생되어진 각각의 위치에 막대그래프의 box 중앙을 위치하도록 하여 구간을 이동시킬 수 있는 이동 히스토그램을 발달시킨 이론이며, 후에 핵밀도함수 추정법이 발표되어 완성되었고 모든 실수  $x$ 에 대하여 식(1)과 같이 정의된다.

$$\hat{f}_h(x) = n^{-1} \sum_{i=1}^n K_h(x - X_i) \quad (1)$$

여기에서,  $K_h(\cdot) = \frac{1}{h} K\left(\frac{\cdot}{h}\right)$ 인 핵함수이고,  $X_1, X_2, \dots, X_n$ 은 독립적으로 동일하게 분포된 실관측치이고  $h$ 는  $n$ 이 무한대로 갈 때 영(zero)으로 접근하는 값을 갖는 양의 광역폭(bandwidth)이다. 비매개변수적 핵밀도 함수법에서 광역폭(bandwidth)  $h$ 의 선택은 매우 중요한 문제이다. 광역폭을 선택하는 방법에는 rule of thumb, least squares cross validation, biased cross validation, cross validated IMSE(Integrated Mean Squared Error), maximum likelihood, 또는 Adamowski Criterion, smoothed bootstrap, plug-in method(Sheather et al., 1991) 등이 있고, 이들로부터 최적의  $h$ 를 구할 수 있다.

### 2.2.2 핵함수

핵함수(kernel function)들은 일반적으로 다음의 조건을 만족한다.

$$\int K(t) dt = 1 \quad (2)$$

여기서,  $t = \frac{x - X_i}{h}$  이고, 이 때  $x$ 는 임의의 점이고,  $X_i$ 는 실 관측된 자료이다. 핵함수들은  $t=0$ 에서 최대치를 갖고 연속이며 방정식의 형태가 대칭적이다. 즉, 식 (2)와 같이 핵함수의 면적은 1이고 기대값은 영 ( $\int tK(t) dx = 0$ )과 유한한 분산 ( $\int t^2K(t) dt = \text{constant}$ )을 갖는 특징이 있다.

본 연구에서는 기존의 핵함수의 단점들을 보완한 새로운 핵함수인 Modified Cauchy 핵함수(차영일 등, 2006)를 적용하였고, 식 (3)과 (4)는 각각 Modified Cauchy 핵함수의 확률밀도함수와 누가분포함수이다.

$$k(x) = \frac{8}{3\sqrt{5}\pi(1+x^2/5)^3} \quad (3)$$

$$K(x) = \frac{1}{2} + \frac{5x + \frac{3x^3}{5}}{3\sqrt{5}\pi\left(1 + \frac{x^2}{5}\right)^2} + \frac{1}{\pi} \tan^{-1}\left(\frac{x}{\sqrt{5}}\right) \quad (4)$$

## 3. 목적별 분석 결과

### 3.1. 무차원화 및 평가 결과

항목별 무차원화 시 기존의 매개변수적 확률밀도함수를 이용할 경우 상수도보급률과 개발저수율 등은 실행 자체가 불가능 하였고(5개), 미급수인구밀도와 인구밀도 홍수피해액밀도는 실행은 가능하나 적합도 검정에 통과된 분포형이 하나도 없는 경우(3개) 등 여러 가지 제약조건들로 인하

여 이수 및 치수목적의 10가지 항목 중 2개 항목만이 결과를 제시하고 있다.

표 2. 매개변수적 방법에 의한 무차원화 현황

구 분	이수					치수				
	상수도 보급률	미급수 인구밀도	1인당수 자원량	개발 저수율	용수 이용률	인구 밀도	도시화 율	홍수피해 액밀도	재방예방 사업율	하천 개수율
실행여부	×	○	○	×	○	○	×	○	×	×
적합도검정 통과 분포형	×	×	LN3,GEV, GUM	×	LP3	×	×	×	×	×
채택 분포형	×	×	GEV	×	LP3	×	×	×	×	×

그러나 비매개변수적 확률밀도함수법은 원자료의 특성을 그대로 표현해주기 때문에 매개변수적 방법의 제약조건과 상관없이 모든 항목에 대하여 합리적인 무차원화 값을 제시하고 있다. 그림 1은 비매개변수적 확률밀도함수법에 의한 무차원화 결과로 X축은 항목 값이고 Y축은 항목에 대한 무차원값이다. 이수 및 치수목적별 평가점수를 도식화하면 그림 2이며, 적색으로 갈수록 댐 설치 필요성이 큰 지역이고 초록색에 가까울수록 댐의 필요성이 작은 지역이다.

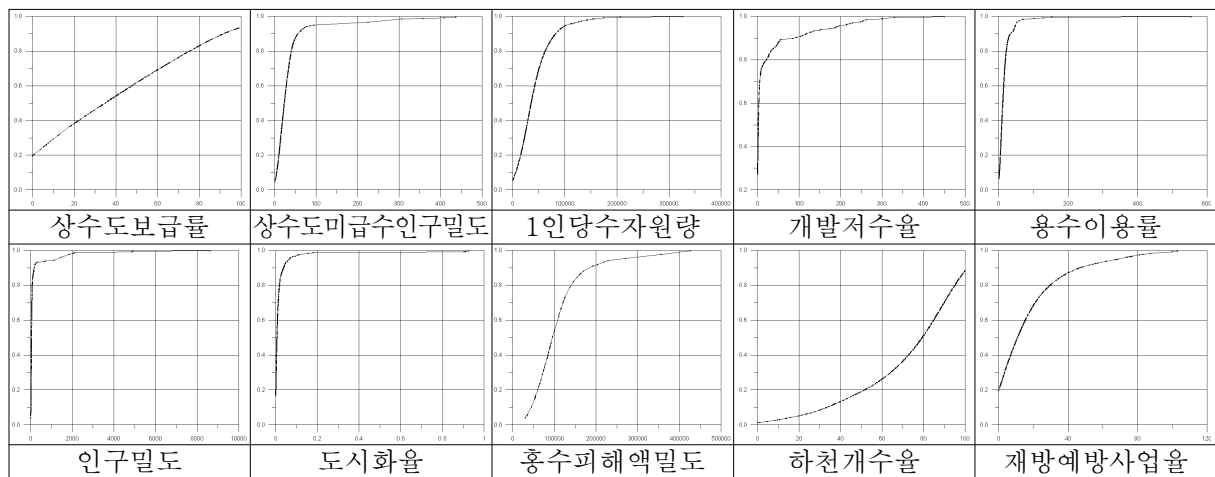


그림 1. 비매개변수적 확률밀도함수법에 의한 항목별 무차원화 결과

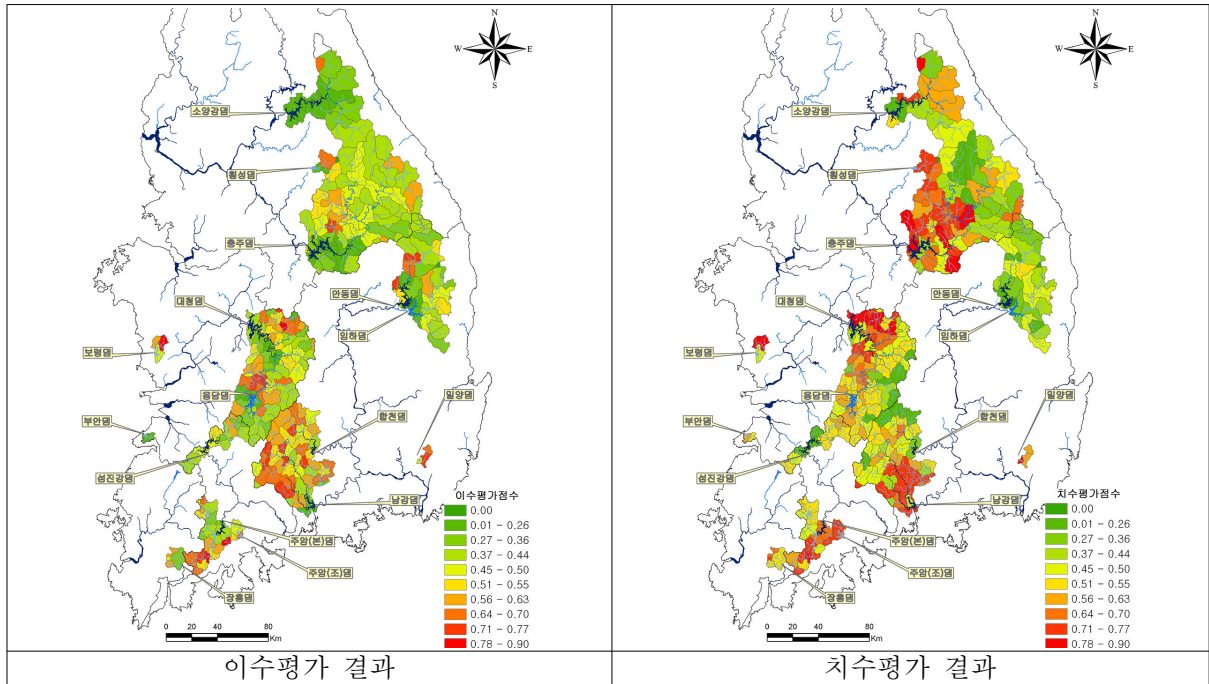


그림 2. 항목별 평가 결과

#### 4. 결 론

본 연구에서는 소규모댐 개발지점의 객관적 선정을 위하여 이수과 치수분야의 주요 목적과 10개 세부항목을 설정하였으며, 293개 행정구역별로 분석을 실시하였다. 세부항목들은 각기 다른 단위를 가짐으로 상호간 상관관계를 도출할 수 없었으며, 하나의 목적으로 다루기 위해서 비매개변수적 확률밀도함수를 이용하여 자료를 무차원화 하였다.

세부항목별 무차원화시 기존의 매개변수적 확률밀도함수를 이용할 경우 ①실행 자체가 불가능하거나 ②적합도 검정이 통과된 분포형이 없는 경우가 대부분이어서 분석하는데 어려움이 있으나, 비매개변수적 확률밀도함수법은 이러한 제약조건과 상관없이 모든 항목에 대하여 합리적인 무차원값을 제시하였다.

향후 본 연구와 같이 비매개변수적 확률밀도함수법을 이용, 필요항목별로 가중계수들을 무차원하여 지수화 한다면 의사결정시에 여러 경우에 대하여 합리적인 값을 제시할 것으로 사료된다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 한국수자원공사의 “기존댐 상류 소규모댐 조사(2008)”용역에 의하여 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2007). 댐건설장기계획(2007~2011), pp. 50-54.
2. 건설교통부(2006). 수자원장기종합계획(2006~2020), pp. 112-116.
3. 차영일, 김순범, 문영일(2006). 극치값 추정에 적합한 비매개변수적 핵함수 개발, 한국수자원학회 논문집, 제39권6호, pp. 495-502.
4. Sheather, S. F., and Jones, M. C.(1991). A reliable data-based band-width selection method for kernel density estimation. J. Roy. Statistical Soc, Vol. 53, pp. 683-690.

5. Adamowski, K., and Labatiuk, C.(1987). "Estimation of flood frequencies by a nonparametric density procedure." Hydrologic Frequency Modeling, pp. 97~106.
6. Rosenblatt, M.(1956). "Remarks on some nonparametric estimates of a density function." Ann. Math. Statist., Vol. 27, pp. 832~837.