

농업용저수지 재개발 우선순위 산정기법 연구

Study for Establishing Reconstruction Priorities of Agricultural Reservoirs

이광야* · 김해도** · 고보성***
Kwang Ya Lee · Hae Do Kim · Bo Sung Koh

Abstract

Reservoir Reconstruction Priority(RRP) model is constituted both possibility and restriction criteria for establishing reconstruction priorities and their subdivisions that can be extracted each priorities from the GIS data and by using AHP as the multi-criteria method, it can extract the weighting parameters each criteria of the model. As such, RRP model appeared to provide reasonable criteria in determining the priority of agricultural reservoirs for reconstruction.

Key words: AHP, Priority, Reconstruction, Agricultural Reservoir, GIS System

1. 서론

전국적으로 약 17,000여개의 농업용 저수지의 경우 현재 홍수조절이 가능한 저수지는 불과 10% 이내로서 재해에 매우 취약하므로 농업용저수지 재개발을 통한 재해대비 기능보강이 필요한 실정이다. 아직 국내에서는 저수지의 재개발에 관한 특별한 선정기준이 정립되어 있지 않다. 현재까지는 대부분 지형적 및 사회경제적 여건 그리고 지역주민의 여론 등에 의해 시행되고 있어 재개발 의사결정을 위한 기술적 자료나 분석결과의 중요성이 결여된 것이 사실이다. 따라서 지형자료와 속성자료의 정확한 분석 등 과학적 방법에 의한 재개발 선정기준 및 재개발 우선순위가 반드시 검토되어야 한다. 본 연구는 전국에 산재되어 있는 기존 농업용저수지의 재개발 우선순위를 선정하기 위한 평가기법을 개발하였다. 이를 위해 재개발 우선순위 평가기준치를 설정하였고, 각 기준치별 우선순위 산정방법을 제시하였다. 본 연구는 기존 농업용 저수지의 재개발계획 수립을 위한 의사결정을 보다 객관적이고 과학적으로 판단할 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 재료 및 방법

2.1 우선순위 평가 모델

저수지 재개발 우선순위(RRP : Re-construction Reservoir Priority)모델은 저수지 재개발 계획 시 가장 재개발 효율이 높은 저수지 즉 용수이용 및 개발 가능성과 지역 및 지형학적 제한성에 대해 가장 효율이 높은 저수지를 우선순위로 하는 것을 가정하고 있다. RRP 모델의 첫 번째 기준은

* 한국농촌공사 농어촌연구원 책임연구원 · E-mail : kylee@ekr.or.kr
** 한국농촌공사 농어촌연구원 주임연구원 · E-mail : searoad@ekr.or.kr
*** 농림부 농촌정책국 시설관리과 · E-mail : bskoh@maf.go.kr

Fig 1에서 제시한바와 같이 재개발 우선순위의 기준이 되는 가능성기준치(possibility), 제한성기준치(Restriction)로 구성되어 각 항목별로 저수지재개발에 영향을 미치는 토지이용, 지형, 용수수요량, 유역배출 그리고 홍수위험여부 등에 대해 각각 기준치 등급을 결정한다. 또한 전문가 견해를 통해서 앞서 결정한 각각의 기준치등급의 가중치를 결정하여 최종적으로 우선순위지수를 산정한다. 우선순위지수는 가능성기준치와 제한성기준치별 우선순위와 전문가 견해 항목이 결합된 다음 식(1)으로 표현 될 수 있다.

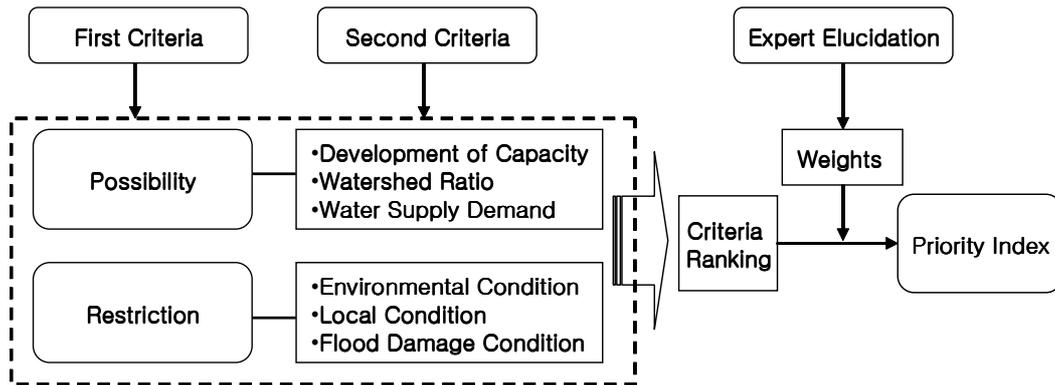


Fig 1. Components of the RRP model

$$\text{Priority Index} = \sum_{i=1}^3 (PC_i \times WC_i) + \sum_{i=1}^3 (RC_i \times WC_i) \quad (1)$$

Where, PC = Possibility Criteria, RC = Restriction Criteria, WC = Weight Coefficient

각 요인별 가중계수는 다중의사결정기법의 하나인 계층분석과정(AHP: Analytic Hierarchy Process)을 통해 산정하게 된다. 이를 통해 저수지 재개발에 대한 중요도가 높은 요인일수록 가중계수가 커지게 되어 최종적인 우선순위 지수를 산정하게 된다.

가. 우선순위 기준치

재개발 가능성항목 기준치는 저수지 재개발시 지형적으로 가능한 개발가능용량과 유역면적과 수해면적의 비율인 유역배출 그리고 각 지역별 향후 용수수요량으로서 저수지 재개발과 연관된 사항 중 지형, 지역적으로 재개발 효과를 발휘할 수 있는 항목으로 설정하였다. 제한성항목의 기준치는 환경여건, 지역여건, 홍수위험도로서 재개발로 인하여 영향을 받을 수 있는 생태보존지구나 국립공원의 존재 여부를 판단하는 '환경여건'과 재개발시 수몰될 수 있는 침수지역 내 거주지 및 농지 면적을 기준으로 하는 지역여건과 기존의 침수실적을 바탕으로 각 저수지별로 산정할 수 있는 '홍수위험도' 등이 포함되었다. 재개발 우선순위지수산정에서 주요 현안은 위에서 선정한 6가지 기준치별 우선순위를 산정하기위해 필요한 도형데이터와 문자데이터를 편집·가공하여 데이터 인자 간의 상관관계를 파악하고 수치화하여 저수지별로 정량적 비교가 가능하게 하는 것이다.

나. 전문가 선택 모델

본 연구에서는 각 기준치별 중요도에 관한 전문가 견해를 정량적으로 표현하는 계층분석법을 이용하여 계산하였다. AHP를 적용하는데 있어서 중요한 문제는 크게 두 가지로 볼 수 있다. 첫째는 계층구조를 문제에 적합하도록 만드는 것과 둘째는 우선도(가중치 및 상대점수)를 부여하는 것이다. 우선순위를 부여하는 방법은 쌍쌍비교를 통한 고유벡터 방법이 사용되는데, 그 대상이 기준치의 가중치이건 대안들의 상대점수이건 상관없이 같은 방법을 사용할 수 있다(Saaty, 1980).

3. 결과 및 고찰

3.1 지표별 우선순위산정

가능성 기준치 요소인 저수지개발용량, 유역배율 및 용수수요량과 제한성기준치인 환경여건, 지역여건, 홍수위험도에 대해 GIS지형정보 공간정보 및 속성정보를 이용하여 우선순위를 산정하였다. 각 저수지별 개발가능용량을 산정하기 위해 기존의 독 높이에 20m를 높였을 경우 증가하는 유효 저수량을 기준으로 우선순위를 산정하였다. 유역배율의 경우는 식과 같이 유역면적과 수혜면적의 비율인데 유역배율이 작을수록 개발가능성이 높은 것으로 설정하였다. 그 이유는 재개발시 유역배율이 작을수록 추가되는 용수수요량을 저수지가 감당할 수 있고 상대적으로 유역면적이 클수록 재개발에 따르는 용수확보가 용이하기 때문이다. 용수수요량의 경우는 수자원 장기종합계획 보고서상의 물수지 분석도와 대상저수지 위치자료를 오버레이시켜 각 저수지별 용수수요량을 결정하여 우선순위를 결정하였다. 제한성기준치인 지역여건의 우선순위를 산정하기 위해 가능성기준치의 요소인 저수지개발용량에서 산정한 증고별 유효저수량 산정에 사용하였던 증고별 만수면적에 포함되는 경지 면적을 기준으로 하여 적을수록 우선순위를 높게 선정하였다. 각 저수지별 경지면적을 산정하기 위해 국립지리원에서 작성한 토지이용현황도를 이용하였다. 환경여건 경우 역시 각 저수지별 개발가능용량 산정시 구축한 증고별 수몰면적과 댐, 농공단지, 산업단지, 국립공원 및 공간정보를 오버레이(overlay)시켜 각 저수지가 각각의 범위에 포함되는 여부를 가려 우선순위를 선정하였다.

Table 1. GIS data

First Level	Second Level	Geometry data(data format)	Attribute data
Possibility	Development of capacity	<ul style="list-style-type: none"> • DEM(grid) • Reservoir(polygon) • Contour (line) 	<ul style="list-style-type: none"> • Storage water of each level • Filled water area of each level • Bank's information(height, length)
	Watershed ratio	<ul style="list-style-type: none"> • Watershed area(polygon) • Irrigation area (polygon) 	Irrigation area/Watershed area
	Water supply demand	-	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultural, Industry, Domestic * (1998, 2001, 2006, 2011, 2016 2020)
Restriction	Environmental condition	<ul style="list-style-type: none"> • National park(point) • Agricultural and Industry complex(point) 	-
	Local condition	• Land use map(polygon)	• Submerged areas of Each stage
	Flood damage condition	• Flooded boundary(polygon)	• From 1984 to 2000 year's flood scale

* Source : Water Vision 2020(Ministry of Construction and Transportation, 2000)

3.2 가중계수의 산정

저수지재개발을 위한 우선순위 기준치별 가중계수를 산정하기 위해 전 단계에서 고찰한 계층적 분석과정(AHP) 기법 과정을 통해 먼저 의사결정문제인 우선순위 평가기준 항목을 도출 하였고 이를 설문조사의 형식으로 전문가 그룹을 대상으로 의사결정자의 주관적 판단으로 평가를 하도록 하였으며, 이를 취합하여 항목별 중요도(가중치)를 산정하였다.

가중치 산출 및 일관성 판단은 ①쌍체비교 행렬 검정, ② 대적가중치(W)계산, ③최대고유치

(λ_{max})계산, ④일관성지수(CI) 계산, ⑤일관성비율(CR) 계산을 따르게 되고, 쌍체비교는 가장 상위의 계층에서부터 시작하며 바로 아래에 있는 레벨에서 비교되어할 요소를 취한다.(이, 2004). 본 계층에서 가장먼저 비교되는 단계는 우선순위 기준항목인 “가능성”과 “제한성” 항목이고 이 후 각 기준치의 세부항목에 대해 가중치 산정 및 일관성 검정계산을 한 결과 다음과 같다.

① 쌍체비교 행렬 결정

가능성 부분에 대해서는 저수지 재개발에 필요한 지형적여건과 지역적 공익성 여부를 평가지표의 기본 방향으로 삼고 세부항목별 고려 사항으로 저수지의 개발가능용량, 홍수조절능력, 그리고 용수수요량 등이 되며 우선적으로 재개발 기준 영역에 대한 중요도 평가를 실시한 후 세분 기준영역별 중요도를 평가하였고, 제한성 부분에 대해서는 저수지 재개발시 지역의 토지이용상황 또는 국립공원 등 제한성의 중요도를 기본방향으로 설정하여 세부항목으로 환경여건, 지역여건, 그리고 유역배출 별 중요도를 평가하였다. Table 2는 가능성의 세부항목에 대한 쌍체비교를 실시한 표로서 기본척도(Saaty, 1980)를 기준으로 하여 16명의 수문전문가의 설문을 통해 작성하였다.

Table 2. Comparison matrix

Possibility	Development of capacity	Watershed ratio	Water supply demand
Development of capacity	1	3	5
Watershed ratio	1/3	1	4
Water supply demand	1/5	1/3	1

② 상대적 가중치 계산

Table 2에 근거하여 행렬식을 작성한 뒤 기하평균하고 이를 전체 합으로 각 행을 나누어 가중치를 구한다. 각 요인별 가중치는 개발가능용량, 유역배출, 용수수요량 순으로 0.627, 0.280, 0.094로 계산되었다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 0.33 & 1 & 4 \\ 0.2 & 0.33 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = (1 \times 3 \times 5)^{1/3} \\ V_2 = (0.33 \times 1 \times 4)^{1/3} \\ V_3 = (0.2 \times 0.33 \times 1)^{1/3} \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} 2.47 \\ 1.10 \\ 0.37 \end{bmatrix}, \quad w_i = \frac{V_i}{\sum_i V_i} = \begin{bmatrix} 2.47/3.94 \\ 1.10/3.94 \\ 0.37/3.94 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.627 \\ 0.280 \\ 0.094 \end{bmatrix} \quad (2)$$

③ 최대고유치(λ_{max}) 계산

일관성지수 및 비율을 계산하기 위해 λ_i 를 계산하여 최대고유치를 계산하였다.

$$\lambda_i = \frac{A W_i}{W_i} = \begin{bmatrix} 1.934/0.627 \\ 0.863/0.280 \\ 0.289/0.094 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.086 \\ 3.086 \\ 3.086 \end{bmatrix}, \quad \lambda_{max} = \frac{\sum \lambda_i}{n} = 3.086 \quad (3)$$

④ 일관성지수 계산

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3.086 - 3}{3 - 1} = 0.043 \quad (4)$$

⑤ 일관성비율계산

$$CR = \frac{CI}{ARI} = \frac{0.043}{0.58} = 0.07 \leq 0.1 \quad (5)$$

일관성비율계산을 통해서 일관성비율이 0.07로서 일관성기준의 척도인 0.1보다 작으므로 전문가의 판단이 일관성이 있는 것으로 검정되었다. 상위판단기준인 가능성과 제한성에 대한 가중계수를 본 절차에 따라 산정하였고, 제한성의 하위판단기준역시 가중계수를 산정하여 다음 Table 3과

같이 최종 가중계수를 산정하였다.

Table 3. Relative and overall weights for objectives

First level	Criteria	Relative weight	Overall weight
	Second Level		
Possibility W=0.609	Development of capacity	0.461	0.281
	Watershed ratio	0.313	0.191
	Water supply demand	0.226	0.137
Restriction W= 0.391	Environmental condition	0.463	0.181
	Local condition	0.271	0.106
	Flood damage condition	0.265	0.104

5. 결론

본 연구는 기존의 농업용저수지에 대해 재개발 우선순위를 결정할 수 있는 과학적 기준을 제시하고자 하였다. 이를 위해 기존의 연구자료에서 재개발 가능지역으로 선정한 저수지를 종합하여 재개발에 영향을 미치는 주요 요인들을 선정하여 다중요인의사결정기법 중 하나인 계층분석법을 통해 기준치에 대한 중요도를 산출하였고, 공간정보 및 속성정보를 이용하여 우선순위를 산정하였다. 우선순위지수는 가능성 부분에 대해서는 저수지 재개발에 필요한 지형적여건과 지역적 공익성 여부를 평가지표의 기본 방향으로 삼고 세부항목별 고려 사항으로 저수지의 개발가능용량, 홍수조절능력, 그리고 용수수요량 등이 되며 우선적으로 재개발 기준 영역에 대한 중요도 평가를 실시한 후 세분 기준영역별 중요도를 평가하였다. 제한성 부분에 대해서는 저수지 재개발시 지역의 토지 이용상황 또는 국립공원 등 제한성의 중요도를 기본방향으로 설정하여 세분항목으로 환경여건, 지역여건, 그리고 유역배출 별 중요도를 평가하였다. AHP기법을 이용하여 다중요인 의사결정의 기법으로 사용하여 정량적, 정성적인 기준을 비율척도로 동시에 반영함으로써, 지역의 특성과 필요에 따라 융통성 있는 조절이 가능하다. 하지만 현실적으로는 평가항목의 중요도를 직접적으로 나타내는 정량적인 자료를 얻을 수 없을 뿐만 아니라 다중 평가의 경우 평가기준의 다양성에 의해 수렴치를 얻을 수 없는 위험이 있으므로 재개발 계획시 가중계수의 산정은 신중히 판단되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 건교부, 2003. 성덕다목적댐 건설사업 기본계획보고서
2. 건교부, 2000. 수자원장기종합계획보고서
3. 김윤종,이인성,이석민, 1998. GIS를 이용한 미시설공원의 개발 우선순위 설정 연구, 한국GIS학회지
4. 농업기반공사 농어촌연구원, 2001. 시설물 유지관리 개선방안 연구(최종)
5. 박재홍, 2003.관개용수로 조직의 평가기법, 건국대학교 박사학위논문
6. 이지현, 최지용, 박석순, 2004. 상수원 보호를 위한 유역기반 토지관리 우선순위 모델적용, 한국물환경학회지
7. Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, New York : McGraw-Hill
8. Saaty, T. L., 1994. Highlights and Critical Points on the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process, European Journal Operational Research, Vol.74