

농업용저수지 재개발 우선순위 결정 연구

Study on the Priority Decision for Redevelopment of Agricultural Reservoir

김해도*† · 김선주** · 이광야*

Kim, Hae Do*† · Kim, Sun Joo** · Lee, Kwang Ya*

ABSTRACT

Most of agricultural reservoirs in Korea have no function of flood control except 5% of reservoirs even exposed to natural disaster. In addition, there are increasing needs for the reservoir to guarantee the release of environmental flow to the downstream. Thus, the purpose of this paper is to study the priority decision method for the reservoir redevelopment satisfying both water utilization and flood control. The major scopes of this research are to set up six priority indices and to make needed GIS data for calculating each priority. There is important consideration of obtaining the data or not in deciding the indices. Although the detailed indices is expected to better reflect redevelopment priority but the subjective indices like, 'opinion' and 'landscape' are excluded. From the results, it will enable the six priority indices to really assist in decision redevelopment priority of agricultural reservoirs.

Keywords: Agricultural reservoir; priority decision; redevelopment; priority index

1. 서 론

우리나라에 산재되어 있는 농업용저수지의 대부분은 관개용수 목적으로만 사용되고 있으며 홍수조절기능은 5% 이내로 대부분 자연재해에 노출되어 있다 (RRI, 2008). 2001년 90년만의 "기름"과 2004년 태풍 "메기"와 같이 대규모 재해 발생의 빈도가 높아지는 등 기상이변에 따라 농업과 농업수리시설의 피해 규모가 증가하고 있어 홍수조절기능, 제방개보수 등 재해 대비 보강이 필요한 시점이라 할 수 있다. 그리고 최근 하천정비사업에는 상류에 위치한 농업용저수지의 저수량을 증가시켜 하천유지용수를 흘려보냄으로써 오염된 하천을 복원하는 계획을 수립하는 등 농촌지역에도 지역적인 용수수요가 증가하고 있다. 따라서 농촌지역의 수환경과 관련된 최근 환경의 변화에

대해 적극적으로 대처할 필요성이 있으며 농업용저수지의 재개발이 신규용수개발을 대처하여 적용할 수 있는 방법이다.

우리나라는 저수지가 약 17,300여개로서 굉장히 많지만 대부분은 소규모 농업용저수지이기 때문에 저수지 재개발 사업은 신규용수개발사업에 비해 사회·경제적 측면에서 효과는 매우 클 것으로 예상된다. 하지만 문제는 개소수가 너무 많기 때문에 어디를 먼저 재개발하는 것이 효과적인가를 결정하는 문제를 우선 해결해야한다. 따라서 본 연구에서는 농업용저수지 재개발 사업의 우선순위를 결정하기 위하여 필요한 요인을 정량화하여 합리적인 방법으로 의사결정 할 수 있는 방법을 개발하고자 한다. 이를 위해 재개발과 관련된 지형적, 지역적 요인을 선별하여 6개의 재개발 우선순위 평가지표를 선정한 후 각 지표별로 우선순위를 결정하는 방법을 고안하였다. 이를 적용하기 위해 선정된 농업용저수지에 대해 관련 지형도 및 주제도, 용수 수요량, 저수지 현황 등의 자료를 DB로 구축하고 각각의 평가지표별 우선순위를 산정하였다.

한편, 농업용저수지를 재개발하는 방식은 우선 저수지 제방을 승상 (이하 '독높임'이라함)하는 방법과 저수지 상·하류에 신설제방을 만드는 방법으로 구분할 수 있다 (RRI, 2001). 제방의 독높임 방법은 비교적 적은비용으로 저수용량을 증대시킬

* 한국농어촌공사 농어촌연구원
** 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학전공
† Corresponding author. Tel.: +82-31-400-1864
Fax: +82-31-400-1897
E-mail address: searoad@ekr.or.kr

2009년 10월 13일 투고
2009년 11월 18일 심사완료
2009년 11월 23일 게재확정

수 있는 방법이고, 후자인 제방신설의 방법은 필요한 양만큼 저수용량을 증대시킬 수 있는 장점이 있지만 지형·지역적인 요인뿐만 아니라 사회·문화적인 요인과 지역주민의 정서까지 고려가 필요로 하는 등 의사결정과정의 너무 주관적이고 복잡해진다. 따라서 본 연구에서는 독높임 방식으로 재개발하고자 하는 대상저수지의 우선순위를 정량적이고 객관적으로 결정할 수 있는 평가기준을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 농업용저수지 선정

본 연구를 통해 개발하고자하는 농업용저수지 재개발 우선순위 기법은 전국에 있는 모든 농업용저수지를 대상으로 하였다. 하지만 각 우선순위 평가지표별로 우선순위를 산정하기 위해서는 각 저수지별로 도형 및 문자데이터를 구축해야하는데 현 단계에서 모든 저수지와 관련된 데이터의 수집은 불가능하기 때문에 Yoon (2004)에서 선정한 51개소와 KARICO (2005)에서 선정한 50개소를 합하여 중복개소를 제외한 총 79개의 농업용저수지를 연구대상으로 선정하여 자료를 구축하였다.

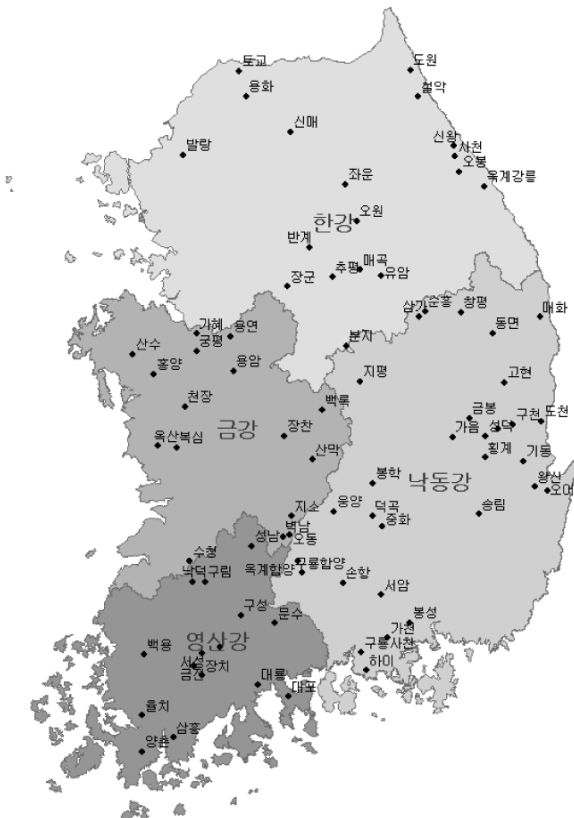


Fig. 1 Location of selected reservoirs

2. 재개발 우선순위 결정에 영향을 미치는 요인

저수지 재개발 우선순위에 영향을 미치는 주요 요인으로 우선 지형, 재해, 수요량 등이 있다. 지형요인에는 경제성요인이 포함되어 있는데 저수지 지형에 따라서 독높임 공사비가 많이 소요될 수도 있고 혹은 적게 소요될 수도 있기 때문이다. 그리고 재해요인은 저수지의 재개발 목적인 재해를 대비하기 위함으로 저수지가 위치한 지역에 과거 홍수피해가 발생했는지 여부의 파악과 저수지시설이 재해에 취약한지 여부를 파악하는 것도 중요하다. 수요량요인은 저수지에서 공급해야하는 지역의 용수수요량의 증가 여부에 따라 재개발의 필요성여부가 결정되어 지기 때문이다.

재개발 우선순위 결정에 영향을 미치는 요인을 선정하기 위해 기존의 연구결과에서 이용한 결정요인을 위주로 고찰하여 최종적인 평가지표를 도출하였다.

Table 1은 Yoon (2004)에서 농업용저수지 재개발 사업우선순위 결정을 위해 도출한 선정기준이고, Table 2는 KARICO (2005)에서 다목적용수 개발 및 재해대응능력 강화 목적으로 도출한 선정기준이다.

기존 연구에서 이용된 재개발 평가기준을 비교했을 때 2단계로 나누어서 재개발 저수지를 선정하는 방식과 유역면적이 일정한 크기 이상인 저수지를 선정하는 기준 부분에서는 일치를 하였지만 그 외 기준은 달랐다. 그리고 공통적으로 수문학

Table 1 Existing criteria for priority of redevelopment (case 1)

Criteria	Description
Hydrology	· Whether or not to attain additional water is available
Geography	· Whether or not to raise the bank of reservoir is possible
Submerged condition	· Whether or not to exist of submerging area
Local	· National park should not be contained in submerged area
Other	· Bank of estuary or dam of peace should not be contained

Source : Yoon, Y. N., 2004. Technology for Sustainable Dam Development, 21C Frontier R&D Program, Sustainable Water Resource Research Center 1st Phase (in Korean)

Table 2 Existing criteria for priority of redevelopment (case 2)

Criteria	Description
Hydrology	· Basin area, larger than 1,500ha · Basin ratio(basin area /supply area) more than 4 times
Submerged condition	· In case of additional water need area · In case of flood area is exist in the downstream
Other	· In case of contained other project

Source : KARICO, 2005, Study of agricultural reservoir redevelopment, Project paper.

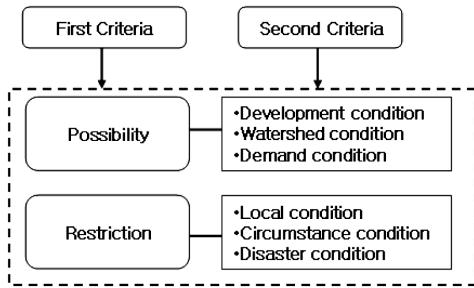


Fig. 2 Priority Index of redevelopment of agricultural reservoir

적여건과 수몰여건이 두 연구에 모두 설정되었지만 의미하는 내용은 달랐다.

이상의 기존 연구결과에서 제시된 지표를 종합하여 Fig. 2와 같이 1차적으로 기준영역지표로 저수지의 재개발 '가능성'과, 저수지의 재개발 '제한성'으로 분류하였다. 그리고 '가능성'에는 「개발여건」, 「유역여건」, 「수요여건」으로 세부영역지표로 결정하였고 「제한성」으로는 「지역여건」, 「환경여건」, 「재해여건」으로 세부영역지표를 결정하였다.

RRI (2001)에서는 농업용저수지의 재개발 우선순위를 결정하기 위해 크게 '위험성'과 '경제성' 그리고 '정책 및 환경성'으로 대분류하고 세부기준으로 위험도, 홍수조절기능, 발전기능, 생태계, 자연경관, 중앙정부의견, 지역주민의견 등 총 11개 항목으로 구분하였다. 세부기준이 많을수록 좀 더 객관적인 우선순위를 산정할 수 있는 것은 사실이다. 하지만 문제는 각각의 저수지별로 생태계주민의견이나 정책의견을 어떻게 객관적으로 비교할 수 있느냐는 것이다. 따라서 본 연구에서는 객관성이 결여되는 세부항목은 배제하였고 데이터 수집이 가능한 범위 내에서 평가지표를 선정하였다. 그리고 평가지표를 1차 기준영역 지표인 '가능성'과 '제한성'으로 구분한 이유는 세부영역지표간의 가중계수를 효과적으로 산정하기 위함으로 Kim and Park (1998)에 의하면 주관적인 의사결정시 구체적인 평가항목선정에 선행하여 중간집계 부문을 두어 전체 평가집계를 부문집계와 총괄집계로 2단계로 구분하는 것이 유리하다고 하였다. 왜냐하면, 이렇게 함으로써 총괄평가지수의 지나친 함축과 항목 평가의 지나친 상세함 사이의 공백을 부문평가지수가 설명함으로써 평가결과의 설명력도 높일 수 있기 때문이다.

3. 평가지표별 우선순위 선정방법

저수지 재개발을 위한 우선순위 산정에서 주요 쟁점은 선정한 6가지 기준인 「개발여건」, 「유역여건」, 「수요여건」, 「지역여건」, 「환경여건」, 「재해여건」별로 우선순위 기준을 설정하고 구축한 데이터를 수치화하여 저수지별로 정량적으로 비교 가능하게 하는 것이다. Table 3은 선정한 6개 평가지표의 우선순위 선정기준이다.

Table 3 Decision criteria of six priority index

First criteria	Second criteria	Priority standard
Possibility	Development condition	• Amount of additional water in case of raising the bank of reservoir
	Watershed condition	• Water radio (basin area/supply area) size
	Demand condition	• Summation of Agricultural, Domestic, industry, environmental water by 2020
Restriction	Local condition	• Summation of submerged area (Farming)
	Circumstance condition	• Whether or not to exist of the number of specification area (dam, industry district, national park)
	Disaster condition	• Summation of past flood size of the basin

III. 평가지표별 우선순위선정

각 평가지표별 우선순위 선정방식은 순위를 이용한 지수화 방법으로 하여 대상 농업용저수지 79개에 대해 우선순위가 제일 높은 저수지는 1점이고 제일 낮은 순위는 79점으로 하였다. 그리고 만약 데이터가 없는 경우는 제일 낮은 순위로 하였으며, 동일한 데이터인 경우는 동일 순위로 하였다. 왜냐하면 각 지표별 우선순위를 점수화함으로써 각 지표별 가중계수 산정방법의 확정시 가중계수를 점수에 곱하면 종합우선순위가 가능하기 때문이다.

1. 우선순위 분석을 위한 자료구축

6개의 지표별 우선순위 선정을 위해 대상저수지별 필요한 문자정보 및 도형정보를 수집 · 가공하였다. 우선 도형정보로서는 대상저수지별로 수치지도와 1초 DEM (Digital Elevation Model)을 이용하여 제방선 (Polyline)을 만든 뒤 제방선과 등고선을 기준으로 1 m부터 5 m까지 단위높이 (1 m)별 만수면적(Polygon) 주제도를 만들었다. 그리고 수요량산정을 위해 KARICO(2003)에서 만들어진 농촌용수구역(소유역도)를 이용하여 저수지별 지배유역도를 만들었다. 문자정보로는 각 저수지별 수해면적, 유역면적, 침수면적 등 우선순위선정에 필요한 속성정보를 구축하였다. Table 4는 우선순위산정을 위해 수집 · 구축한 GIS 데이터이다.

2. 가능성지표별 우선순위 선정

「개발여건」 지표는 단위높이별로 제방의 둘을 높일 때 저수량이 가장 많이 증가되는 여부를 기준으로 하였다. 우선순위 분석결과 옥계강릉저수지 (13,509천 m³)가 가장 높은 우선순

위로 선정 되었고 (Fig. 3), 홍양저수지 (4,204천 m³)가 다음 순위로 선정되었다.

Table 4 Spatial and attribute data build for the decision priority order

Classification	Attribute	Feature
Topographic map	height	Polyline
Bank of reservoir	length	Polyline
Reservoir	amount of water	Point
Dam, National park, Industrial zone	-	Point
Full area of reservoir(0m ~ 5 m)	Area	Polygon
Land use	Area(paddy, house)	Polygon
Disaster boundary	Area	Polygon
Agricultural		
Basin boundary	Area	Polygon
Irrigation boundary	Area	Polygon
Digital Elevation Model	-	Grid

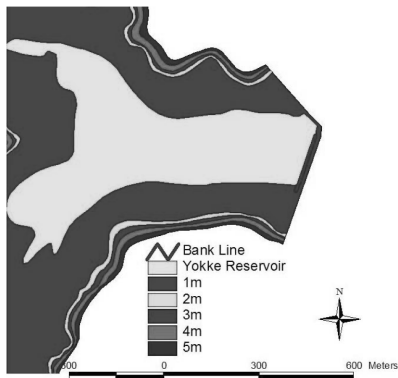


Fig. 3 Calculation of capacity of raising the bank (1 m~5 m)

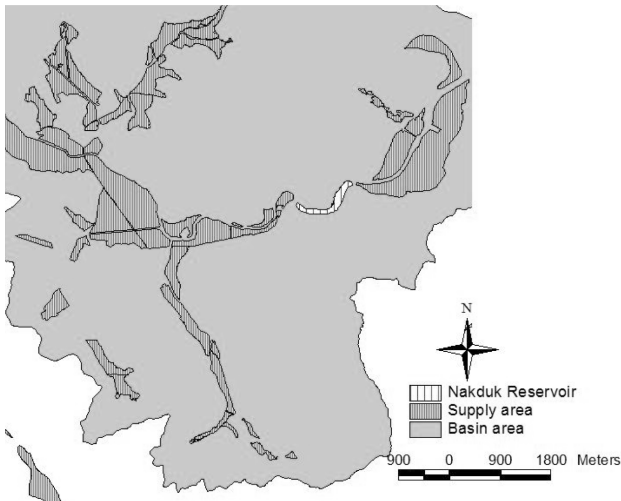


Fig. 4 Basin area and supply district

「유역여건」 지표의 우선순위 선정기준은 농업용저수지 지배 유역의 유역배율 (유역면적/유역면적)의 크기를 기준으로 하였다. 우선순위 분석결과 낙덕저수지 (수혜면적: 158 ha, 유역면적: 6,096 ha, 38배)가 가장 높은 우선순위로 선정되었고 (Fig. 4), 다음 순위는 현재 재개발사업이 진행 중인 성덕저수지 (34 배)가 선정되었다.

「수요여건」 지표는 MOCT (2006)의 수요량자료와 KARICO (2004)에 제시한 농촌용수구역도를 이용하여 각 대상저수지별 수요량도를 구축하여 2020년 수요량이 큰 저수지를 우선순위로 선정하였다. 우선순위 분석결과 옥산저수지가 (95백만 m³) 가장 높은 우선순위로 선정되었고, 산수 (81백만 m³), 봉학 (66 백만 m³)이 다음순위로 선정되었다.

3. 제한성지표 우선순위 선정결과

「지역여건」 지표는 제방의 독높임으로 인해 침수되는 농경지의 수몰면적의 크기를 기준으로 선정 하였다. 우선순위 분석결과 용화, 손항, 매곡 등 6개 저수지는 임야 침수면적의 농경지 침수면적은 없어 가장 높은 우선순위로 선정되었고, 가장 침수가 많이 된 곳은 홍양저수지 (162 ha, Fig. 5)와 낙덕저수지 (144 ha)로 계산되었다.

「환경여건」 지표는 개발의 제한지역인 댐, 국립공원, 산업단지, 농공단지 등이 포함되어 있는지를 기준으로 선정하였다. 우선순위 분석결과 매화, 오봉, 성덕, 신평 등 18개소는 개발 제한지역이 포함되어 있지 않아 가장 높은 우선순위로 선정되

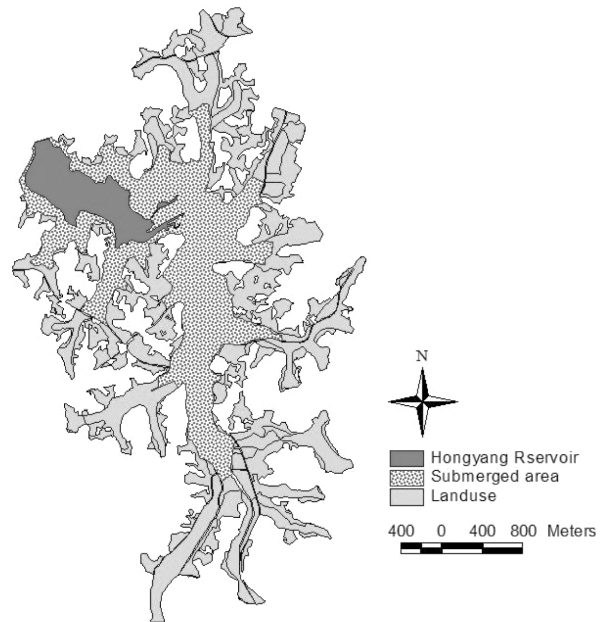


Fig. 5 Submerged area while raising the bank

었다.

「재해여건」 지표는 「수요여건」에서 작성한 저수지별 수요량을 이용하여 과거 홍수로 인한 침수면적의 크기를 기준으로 선정하였다. 우선순위를 선정결과 백용저수지 (12,300 ha)가 가장 높은 우선순위로 선정되었고, 발랑 (10,100 ha), 지평저수지 (6,500 ha) 다음순위로 선정되었다.

IV. 결과 및 고찰

‘가능성’ 영역에 포함된 3개 세부기준지표의 우선순위 선정 결과를 고찰한 결과 「개발여건」 지표에서는 우선순위가 높은 저수지는 Fig. 3과 같이 만수위를 기준으로 경사가 매우 완만한 특징이 있기 때문에 상대적으로 작은 독높임에도 많은 저수량을 확보할 수 있는 것으로 계산되었다. 「유역여건」 지표에서는 유역면적에 비해 상대적으로 용수개발량이 작았던 저수지가 우선순위가 높았으며 이수측면에 비추어보아 「유역여건」 지표가 저수지유역의 재개발 가능량 상황을 알려줄 수 있는 지표로 충분히 가능할 것으로 판단된다. 특히, Yoon (2004)에서 최종후보지로 선정된 성덕 (2위, 34배), 매화 (4위, 32배), 신평 (5위, 31배), 오봉 (6위, 29배)의 우선순위가 높은 것으로 선정되었는데 과거의 우선순위 산정시에도 재개발의 가능성 여부를 중요하게 판단했다. 「수요여건」 지표 또한 이수측면에서 볼 때 재개발의 목적이 농업용수뿐만 아니라 생활용수, 공업용수 및 환경유지용수의 공급이라면 수요여건을 반드시 고려하여 장래 수요량이 큰 저수지부터 개발해야하는 것은 당연하다. 다만, 본 연구에서 사용한 수량이 MOCT (2006)에서 산정한 수요량을 근거로 작성되었고 KARICO (2004)에 제시한 농촌용수구역의 소유역도를 기준으로 작성되었기 때문에 각 저수지별 수요량이라고는 말할 수 없지만 저수지간의 재개발 우선순위비교에는 충분히 사용이 가능한 것으로 판단된다. 결국, 재개발 우선순위가 높은 저수지는 재개발을 ‘가능성’이라는 긍정적인 측면에서 접근했을 때 고려해야할 요인은 경제성 여부를 가늠할 수 있는 「개발여건」과 상대적으로 적은 수량이 개발됨을 가늠할 수 있는 「유역여건」, 그리고 이수용량의 크기를 가늠할 수 있는 「수요여건」인 것으로 판단된다.

‘제한성’의 3개 세부기준지표의 우선순위 선정결과를 고찰한 결과 「재해여건」의 경우 과거 침수실적이 큰 저수지를 먼저 개발해야 한다는 치수적측면을 고려할 수 있는 지표로서 이수적측면의 지표와 구별하기 위해 ‘제한성’ 항목으로 배치하였다.

「지역여건」, 「환경여건」의 경우는 재개발시 임야 수몰지에 비해 상대적으로 농경지나 주거지역이 수몰예정지역에 많이 포함되어 있거나 법적으로 재개발이 불가능한 시설이 포함된 지역의 경우 재개발 공사가 비경제적일 수 있고 많은 사회적

합의의 문제가 발생하므로 재개발의 제한적인 요인으로 작용하기 때문에 재개발 우선순위에 영향을 미치는 요인으로 판단된다. 본 연구에서는 제한적 요인을 정량적으로 판단할 수 있도록 GIS 주제도를 이용하여 재개발 지표로 배치하였다. 그리고 독높임 방식과 별도로 저수지하류부에 가상의 신설제방을 계획하여 수몰되는 농경지 면적을 계산한 결과 연구대상저수지 대부분 200 ha이상이 침수되는데 반해 독높임에 의한 침수범위는 평균 70 ha이하로 나타나 기존 독을 높일 경우 농경지 수몰면적에 의한 제한성 영향은 그리 크지 않는 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 전국에 산재되어 있는 농업용저수지를 재개발하는데 있어 사업우선순위를 결정하기 위해 재개발과 관련된 지표를 선정하고 지표별 우선순위를 선정하는데 있다. 농업용저수지 재개발에 관해 지금까지는 지형적 및 사회경제적 여건, 여론, 사회적 이해 등에 의해 사업시행여부가 결정되고 있어 재개발 의사결정을 위한 기술적 자료나 분석결과의 중요성이 반영되지 못하고 있다. 따라서 과학적이고 표준화된 절차에 의해 자료 분석을 통한 재개발 우선순위 선정기준이 제시되고 이를 통해 의사결정이 이루어져야 할 것이다. 본 연구의 주요결론은 다음과 같다.

1) 지금까지는 통상적으로 종이지도에 유역도 및 우선순위 결정을 위한 계획도 등을 만들었으나 본 연구에서는 각종 도형 정보와 문자정보 등 GIS 자료를 이용하여 각 지표별 우선순위를 산정하므로서 보다 정확하고 과학적으로 각 저수지별 필요한 정보를 구축할 수 있었다. 특히, 각 대상저수지별로 제방선을 추출하여 이를 기준으로 증가되는 저수량과 수몰지역을 비교적 정확하게 추정하므로 일일이 구적기를 이용해 면적을 구해야하는 불편함과 부정확함을 줄였다.

2) 우선순위 평가지표는 「개발여건」, 「유역여건」, 「수요여건」, 「지역여건」, 「환경여건」, 「재해여건」 등 6개 세부영역지표로 선정하였다. 지표설정시 우선적으로 고려한 사항은 우선순위를 선정하기 위한 데이터의 구축여부이다. 세부기준이 많거나 구체화 될수록 객관적인 우선순위를 산정할 수 있겠지만 객관적으로 데이터의 구축이 불가능한 ‘주민의견’, ‘자연경관’ 같은 지표는 배제하였다. 또한 경제적 지표의 경우 저수지별 데이터구축이 어렵기 때문에 「개발여건」 지표를 통해서 간접적으로 경제성여부를 판단할 수 있도록 하였다.

3) 저수지재개발 목적은 이수목적 또는 치수목적에 따라 재개발 가능량 또는 수요량 등이 달라진다. 본 연구에서는 이수나 치수를 구분하지는 않았지만 중요한 사항은 지표간의 가중계수를 어떻게 계산 하나에 따라 이수목적의 우선순위가 될

수 있고 또한 치수목적의 우선순위도 가능하다. 따라서 실제 개발계획에 따라 재개발 우선순위 선정하고자 할 때 본 연구에서 설정한 세부영역지표에 대한 우선순위를 먼저 결정하고 개발 목적에 따라서 적절한 가중계수의 산정이 된다면 합리적이고 과학적인 우선순위 결정이 될 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Choi, J. Y., 2002, Development of Land Acquisition Priority in Riparian Zones for the Water Quality Improvement, *Territory Research*, 1: 29-43 (in Korean).
2. Kim, S. J., Park, J. H., 1998, A Grading of Irrigation Reservoir for maintenance and management, *Proceedings of the 1998 KSAE Annual Conference*: 47-58 (in Korean).
3. Korea Rural Infrastructure and Rural Corporation (KARICO), 2005, Study of agricultural reservoir redevelopment, Project paper (in Korean).
4. Lee, J. H., Choi, J. Y., Park, S. S. 2004, Application of a Watershed-Based Land Prioritization Model for the Protection of Drinking Water Reservoir, *Journal of Korean Society on Water Quality*, 20(5): 397-408 (in Korean).
5. Ministry of Agriculture and Forestry, Korea (MAF), Agriculture and Rural Corporation (ARC), 1999. Agriculture and Agricultural Water Project (in Korean).
6. Ministry of Agriculture and Forestry, Korea (MAF), Rural Research Institute (RRI), 2001, Study on the Policy and Planning for Re-construction of Reservoirs as Multi-purpose Medium Scale Ones (in Korean).
7. Ministry of Agriculture and Forestry, Korea (MAF), KARICO, 2003, Agricultural Water Supplement System Remodeling Project (in Korean).
8. Ministry of Construction and Transportation, Korea (MOCT), 2006. Water vision 2020 (in Korean).
9. Rural Research Institute(RRI), 2008. Development of Spillway Gate for the Sustainable Agricultural Water and Flood Control (in Korean).
10. Yoon, Y. N, 2004. Technology for Sustainable Dam Development, 21C Frontier R&D Program, Sustainable Water Resource Research Center 1st Phase (in Korean).