Journal Of The Korean Society Of Rural Planning
Vol. 23, No. 1, 2017 (85-96)
Issn 1225-8857(Print) / Issn 2288-9493(Online)
Http://Dx.Doi.Org/10.7851/Ksrp.2017.23.1.085

경제성 지표를 활용한 농업용저수지의 생활용수 공급가능성 평가

윤광식 • 최수명 • 채종훈* • 유승환 • 최동호** • 윤석군*** • 이창희*** • 정경훈*** • 신길채***
전남대학교 지역·바이오시스템공학과 • *조선대학교 경제학과 • **국립농업과학원 기후변화생태과
***한국농어촌공사

Assessment of domestic water supply potential of agricultural reservoirs in rural area considering economic index

Yoon, Kwang-Sik • Choi, Soo-Myung • Chai, Jong-Hun* • Yoo, Seung-Hwan • Choi, Dong-Ho**
Yoon, Suk-Gun*** • Lee, Chang-Hee*** • Jung, Kyung-Hun*** • Shin, Gil-Chai***
Dept. of Rural & Biosystems Eng.Chonnam National University
**Dept. of Economics.Chosun University*
***Climate Change and Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science*
****Korean Rural community corporation*

ABSTRACT : Existing agricultural reservoirs are considered as alternative source for the water welfare of rural area. In this study, domestic water supply potential of 476 reservoirs, which has storage capacity more than one million cubic meter, out of 3,377 agricultural reservoirs managed by Korean Rural Community Corporation (KRC) were investigated. Among them water quality of 136 reservoirs met the criteria of domestic water source which show less than COD 3 ppm. Available amount for domestic water of reservoirs, which meet the water quality, for ten year return period of drought was analyzed with reservoir water balance model. The results showed that 116 reservoirs has potential for supplementary domestic water supply while satisfying irrigation water supply. Finally, economic analysis using Net Present Value (NPV), Benefit-Cost (B/C) ratio, Internal Rate of Return (IRR), and Profitability Index (PI) methods was also conducted. The analysis showed that 19 reservoirs satisfied economic feasibility when water is provided from reservoir outlet but only 9 reservoirs meet the economic feasibility if water delivered from a reservoir to treatment plant by newly built conveyance canal. In order to supply the domestic water through the agricultural reservoirs managed by KRC, it is necessary to flexibly interpret and operate the 'Rearrangement of Agricultural and Fishing village Act'. Also, it is reasonable to participate in the water service business when there is a supply request from other Ministries. In addition, the KRC requires further effort to change the crop system for saving water and improve efficiency of irrigation systems.

Key words : agricultural reservoirs, Korean rural community corporation (KRC), supplementary domestic water, economic analysis

I. 서 론

현재 우리나라 상수도 보급률은 전국 98.5 %로 표면적으로 높게 나타나고 있지만, 농어촌지역의 보급률은 88.2 %에 불과하다 (MOE, 2013). 특히, 농어촌지역의 상수도 이용 현황(마을상수도, 소규모 급수시설, 우물 등)을 고려하면 실질적인 지방 상수도 보급률은 62.2%로 도시에 비해 상대적으로 낮은 실정이다 (MOE, 2013). 특히, 가뭄시 제한급수 등 상습피해에 노출될 수 있는 마을 및 소규모 급수시설의 이용자 대부분은 농어촌지역에 밀집되어 있다 (Joint Interagency, 2013).

많은 선행 연구자들은 미래 기후변화시나리오를 활용

Corresponding author : Yoon, Kwangsik
Tel : 062-530-2158
E-mail : ksyoon@jnu.ac.kr

하여 가뭄의 빈도와 심도, 기후변화 영향을 분석하는 연구를 수행하였다. Seo et al.(2013)은 기후변화 시나리오 RCP 8.5 (Representative Concentration Pathways)를 활용하여 농경지의 한발 경향을 분석한 결과 현재와 큰 차이를 보이지 않을 것으로 판단하였으며, 농업분야의 기후변화 대책 수립시 기온과 강수량 변화 뿐만아니라 다양한 영향인자를 고려해야 한다고 하였다. Kim et al.(2015)은 4개의 기후변화시나리오(CM3, ML3, ECHOG, HADCM)와 가뭄지수(SPI)를 활용하여 한반도의 수문학적 위험도를 평가한 결과 한반도 전역이 가뭄에 취약한 것으로 제시하였다. Park et al.(2015)은 현재 기상자료를 이용하여 지역별 연평균 가뭄사상 개수와 심도를 분석한 결과 용수공급시스템이 잘 갖추어진 대도시(서울, 부산, 울산, 대전, 광주)가 용수공급시스템이 미흡한 지역(해남, 강진, 진도)에서 연평균 가뭄사상 개수와 심도가 심한 것으로 분석되었으며, AR5 시나리오 분석결과도 비슷하였다. 특히, 중장기적으로는 현재보다 극심한 가뭄을 겪을 수 있는 가능성이 있다고 하였다. 따라서, 미래 물부족 대응방안으로 신규 댐 개발, 기존댐의 재개발, 수자원개발, 우수 및 하수의 재이용 등 다양한 방안들이 고려되고 있다(Kim and Lee, 2000). 특히, 상수도 보급이 미흡한 지역에서는 농업용 저수지의 농업용수 공급 후 여유수량으로 농어촌지역의 식수난 해소가 검토되고 있다(GNDI, 2004; Kim and Lee, 2003)

경남발전연구원(GNDI, 2004)은 저수지 이용 생활용수 공급 가능성을 평가하였으며, 산청군내 50만㎥ 이상의 저수지 7개소 중 2개소에서 생활용수 공급이 가능한 것으로 나타났으며, 경남지역은 6개소(생활용수 겸용), 경북 10개소, 강원 4개소, 전북 3개소가 공급 가능한 것으로 분석하였다. Lee and Jeong(2011)은 고성군의 농업용 저수지 218개소 중 42개소를 대상으로 연속유출모형(NWS-PC)을 활용하여 공급가능성을 분석하였다. 저수지의 물수지 분석을 한 결과 농경지 면적의 감소로 273.3천㎥/년의 여유수량이 있는 것으로 분석되어 농업용 저수지를 식수겸용 저수지로 활용함으로써 이상기후에 대한 대응과 상습가뭄지역의 물부족 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단하였다.

농림수산식품부(MIFAFF, 2012)는 향후 기후변화에 따른 장래의 물부족 및 수질악화와 이상기후 등 재해에 대비하여 농어촌지역에 안정적인 용수 공급을 위해 용수개발 및 수질개선을 확대할 계획을 밝혔다. 또한 환경부와 지자체 등 관련기관과의 협조를 통해 수질개선 대책을 수립, 시행할 계획을 수립하였다. 하지만, 농업용저수지 이용 생활용수 공급은 생활용수 수질 검사 항목과 농업용수 수질기준이 상이하여 수질 관리의 한계가 있고, 수질 오염 발생 시 수질보존 및 개선을 위한 농업관련기관 사업 참여가 불가능하며, 생활용수 확보를 위한 저수지 제방 승상, 생활용수 관로 설치의 추가 비용이 발생

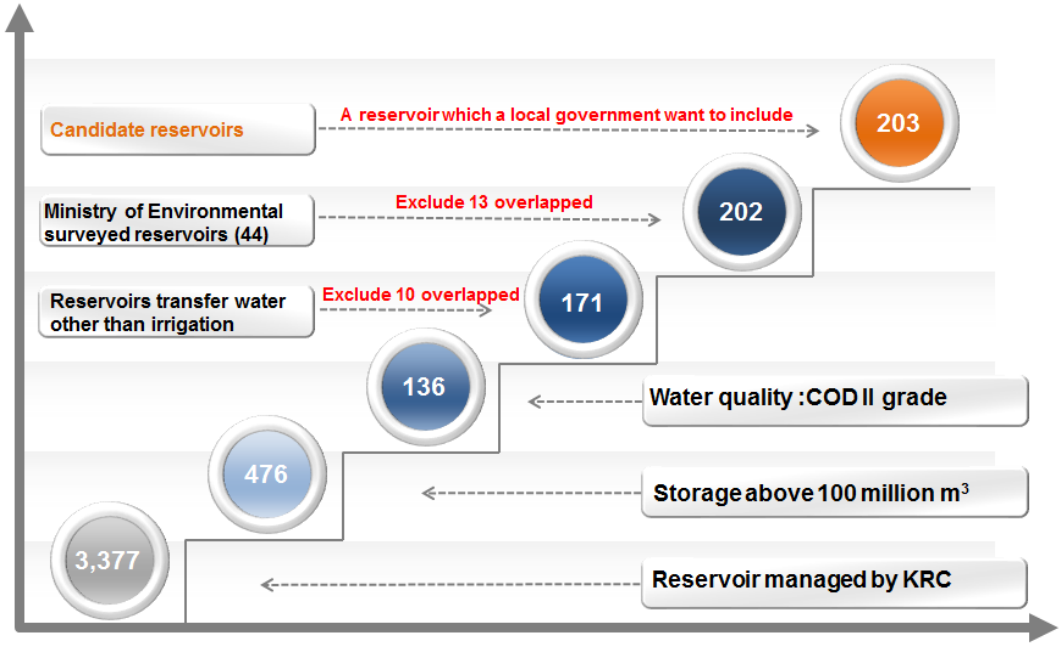

Figure 1. Screening feasible agricultural reservoirs for domestic water supply in rural area

하는 문제를 내포하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 한국농어촌공사(Korea rural community corporation: KRC)의 농업용 저수지를 활용하여 농어촌지역에 생활용수 공급가능성을 평가하고, 이에 대한 경제성과 관련 법률을 검토하였다. 이를 위하여 농어촌공사 관리 농업용저수지 중 수량과 수질을 고려하여 대상 저수지를 선정하고, 수질과 수량을 기준으로 유형구분을 하였으며, 각 유형별 경제성 분석을 실시하였다.

II. 연구방법 및 연구대상지

1. 대상저수지 선정

가. 농업용 저수지 용량 및 수질현황 검토

수원공은 크게 주 수원공과 보조 수주원공으로 구분된다. 주 수원공은 지표수 또는 지하수를 1차적으로 농업용수를 공급하는 시설을 의미하며, 보조수원공은 주 수원공의 수혜구역내에서 주 수원공의 용수량이 부족할 때 그 부족을 보충하는 수량을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 주 수원공을 대상으로 선정하였다. 농업용수를 공급하기 위한 소규모 저수지 중 주 수원공은 전국에 14,841 개소가 산재해 있으며, 관개면적이 50 ha 이하 소규모 저수지가 13,412 개소로서 전체의 90 % 이상을 차지하고 있다. 한편, 사회적인 물 관련 환경변화는 농업용 저수지에 대한 생활, 공업용수 등 다목적 활용의 기능 확대의 증대가 요구되고 있으며, 이를 충족하기 위해서 적어도 500만㎥ 이상의 저수용량을 가진 저수지의 경우 공급 가능한 것으로 판단된다.

하지만, 500 만㎥ 이상 저수지는 61 개소로 전국 농어촌지역의 생활용수 공급을 위한 농업용저수지의 개소수가 과소하여 100만㎥ 이상의 저수용량을 갖춘 저수지 476 개소를 대상으로 생활용수 공급가능성을 검토하였다. 한국농어촌공사는 농업용 호소 수질측정망을 지정·운영하고 있으며, 본 연구에서는 100 만㎥ 이상의 저수용량을 갖춘 저수지를 대상으로 원수수질 조건 충족 여부를 검토하였다.

나. 목적외 용수공급 농업용저수지

농어촌 정비법 23조 1항에 따르면 농업생산기반시설의 유지·관리에 지장이 없는 범위내에서 농업용 저수지의 목적외 이용을 허용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 2014년 현재 목적외로 이용하고 있는 농업용 저수지 45개소도 생활용수 공급을 위한 대상 저수지로 고려하였다.

다. 기 생활용수 공급 검토 저수지

환경부에서는 수량이 풍부하고 수질이 양호한 농업용 저수지를 활용하여 농어촌지역의 생활용수 공급을 효율적으로 추진하기 위해 경기, 제주를 제외한 7개도에서 농업용 저수지의 활용 타당성조사를 수행하였으며, 예산절감과 사업의 효율성 제고를 위해 농업용 저수지 활용을 권장하고 있다. 본 연구에서는 2006년 조사된 44개 저수지도 농어촌지역의 생활용수 공급가능 대상 저수지로 고려하였다.

라. 대상저수지

한국농어촌공사에서 관리하는 3,377 개소의 농업용 저수지 중 생활용수 공급가능 후보지 선정 절차 및 결과는 다음과 같다.

(1) 저수용량이 100 만㎥ 이상 저수지 476개소

(2) 저수용량이 100 만㎥ 이상, 호소생활환경기준 COD를 기준으로 II 등급 이상인 저수지 136개소

(3) 2014년 기준 농업용수 목적외로 이용하고 있는 농업용 저수지는 총 45개소 중 (2)번과 중복되는 10개소를 제외한 35개소 추가 고려

(4) 2006년 환경부에서 조사한 농업용저수지의 생활용수 공급가능 후보지 44 개소 중 (2)번과 중복 13 개소를 제외한 31 개소를 추가 고려

(5) 지자체 요구지역 1개소를 추가 고려

최종적으로 (2) + (3) + (4) + (5) 조건을 고려하여 203개 농업용 저수지를 선정하였다(Figure 1).

2. 저수지 물수지 분석

농업용수 공급 후 여유수량을 산정하기 위해서 상류유역의 유입량과 관개 필요수량을 고려하여 농업용저수지의 물수지 분석이 가능한 수리시설물 모의조작시스템(Hydrological Operation Model for Water Resources System, HOMWRS)을 이용하였다. HOMWRS 모형은 10년빈도 한발빈도를 고려하여 물수지 분석을 수행하며, 유입량 분석은 Sugawara (1978)의 TANK 모형을 수정한 3단 TANK 모형이 탑재되어 있으며, 상류유역의 면적과 토지이용비율 (산림, 논, 밭)을 이용하여 추정한다. 또한, 관개 필요수량은 강우에 의한 유효우량 및 작물의 생육기별 관개관리수량을 고려하여 추정한다(Korea rural community corporation, 2010).

3. 농업용 저수지의 유형구분

농업용 저수지를 활용하여 생활용수 공급방안을 위해 5개 유형으로 구분하였다. 농업용 저수지의 수량과 수질

을 만족하는 경우 I 유형, 수량만 만족할 경우 II 유형, 수질만 만족할 경우 III 유형, 수질과 수량 모두 불만족할 경우 IV 유형으로 구분하였다. 또한, 섬 지역 등 도서지역의 급수 능력의 재검토가 필요한 지역은 V 유형으로 구분하였다.

4. 경제성 분석 방법

경제성분석의 주된 목적은 자원사용의 관점에서 가장 효율적인 사업 대안이나 정책을 선택하도록 도와주는 것으로, 본 연구와 같이 농업용 저수지를 활용하여 농어촌지역 생활용수 공급가능성을 평가하기 위해 먼저 생활용수 공급가능 저수지를 대상으로 사업시행의 편익과 비용을 측정하였다. 이를 바탕으로 제한된 지방재정의 효율적인 활용과 재정 낭비를 방지하는 최적 사업 대안의 선택 및 저수지 유형별 수도사업 가능 범위(원수공급, 도수 혹은 도수+정수)를 파악하기 위해 경제성분석을 수행하였다.

경제성분석을 수행하기 위해서 가장 중요한 것은 편익과 비용을 화폐적 가치로 표현하여 그것들을 모두 더할 수 있어야 한다. 먼저 편익산출의 경우 생활용수공급의 경제적 편익을 추정할 수 있는 방법으로는 수요함수 접근법, 원가기준 접근법, 평균가격 접근법 3가지가 있다. 이중 가장 합리적이고 현실적인 접근법으로 널리 사용되고 있는 수요함수접근법은 소비자 지불의사액 측정이라는 후생경제학에 근거한 추정방법으로 개인들의 생활용수 소비량이 증가함으로써 소비자가 느끼는 효용증가를 힉스적 보상수요함수를 이용하여 편익으로 산정하는 방법이다. 경제성분석이라는 것이 원래 경제학적 개념이므로 생활용수 공급편익의 추정은 수요함수접근법을 적용하여 과소평가하기 쉬운 생활용수 소비의 편익을 보다 정확하게 산출하였다. 산출식은 다음과 같다.

생활용수 공급편익

$$= F\times N' \int_0^{Q1} (\beta_0 + \beta_1 Q + \beta_2 F) dQ - F\times N \int_0^{Q0} (\beta_0 + \beta_1 Q + \beta_2 F) dQ$$

$$= F[N'(\beta_1/2) Q_1^2 + (\beta_0 + \beta_2 F) Q_1) - N((\beta_1/2) Q_0^2 + (\beta_0 + \beta_2 F) Q_0)]$$

$$\beta_0 = 516.336, \quad \beta_1 = -2.716, \quad \beta_2 = -65.137$$

$$Q_0 = q_0 \times 0.001 \times 30 days, \qquad Q_1 = q_1 \times 0.001 \times 30 days$$

여기서, 생활용수 수요함수 모형(선형식) : P = β0 + β1Q+ β2F + ε = 516.336 - 2.716Q - 65.137F
(F 통계량 : 469,065, t-value는 p=0.01에서 유의함)

여기서, N'은 용수공급 목표연도의 급수인구, N은 기준 연도의 급수인구, F는 대상지역의 평균 가구원수이며, Q0 와 Q1은 각각 기준연도와 목표연도의 1인당 월평균생활용수 수요량(㎥/월/인), q0 와 q1은 각각 기준연도와 목표연도의 1인 1일 급수량(ℓ pcd)×유수율, β는 수요탄력성 값이다(Yeo, 2012).

다음으로 비용 산출은 생활용수공급과정을 고려할 경우 공급시설은 취수시설, 도수관, 송수관, 배수관으로 구성되어 있어 사업의 목표가 원수공급일 경우는 취수시설 설치비, 도수일 경우는 취수시설과 연장 도수관 설치비를 추가하였고, 송수일 경우는 송수관 설치비를 추가하였으며 각각 유지관리비용을 포함하여 산출하였다(KDI, 2008). 또한 수질개선비용은 III등급의 수질을 II등급의 수질로 개선하기 위한 비용을 의미하며, 현재까지 명확한 수질개선 사례가 없어 가장 유사한 사례인 동복호 수질개선 사례를 적용하여 유역면적 기준 ha 당 1.48백만원과 톤당 283원을 적용하는 방안 중에서 작은 금액을 적용하여 산출하였다(Gwangju, 2012).

본 연구에서는 경제성 기본 분석방법으로 많이 사용되고 있는 순현재가치법(NPV Method), 편익비용비율법(B/C Method), 내부수익률법(IRR:Internal Rate of Return Method), 수익성지수법(PI:Profitability Index Method)을 이용하였다. 이처럼 다양한 분석기법을 이용하여 경제성분석을 시행한 이유는 순현재가치, 편익비용, 수익성지수, 내부수익률에 의한 경제성 분석 결과가 항상 동일한 결과를 가져오는 것이 아니기 때문이다. 따라서 각 분석기법의 장단점을 상호 고려하여 분석결과에 대한 종합적인 판단이 필요하다. 각 분석기법의 산정방식과 경제성 판단기준은 다음과 같다(Nam, 2011).

가. 순현재가치법(NPV: Net Present Value Method)

순현재가치법은 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 총비용을 제한 값이며 순현재가치가 0보다 크거나 같으면 경제성이 있다는 것으로 판단한다. 순현재가치의 장점은 비용의 시간가치 개념을 적용하여 미래의 현금흐름을 직접적인 비교가 가능하도록 현재가치로 환산하여 평가할 수 있고 인플레이션과 그의 단계적 상승을 고려할 수 있으며, 사업의 전반적인 상황을 확인할 수 있다. 산정방법은 식 (1)과 같다(KDI, 2008).

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad \text{---------- (1)}$$

여기서, B_t: t시점의 편익, C_t: t시점의 비용, r: 할인율, n: 사업의 분석기간이다.

나. 편익비용비율법(B/C: Benefit/Cost Ratio Method)

편익비용비율법은 총편익과 총비용을 현재가치로 환산한 금액의 비율로서 사업의 타당성을 판단하는 방법이다. 일반적으로 이 비율이 1 보다 크거나 같으면 사업의 타당성이 있다고 인정되나 비용의 계산보다는 편익의 계산이 어려운 점을 고려하면 편익이 상대적으로 작게 추정될 수 있음을 알 수 있으며, 산정방법은 식(2)와 같다 (KDI, 2008).

$$B/C=\frac{\sum_{t=0}^{n}\frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n}\frac{C_t}{(1+r)^t}}. \quad \text{---------- (2)}$$

여기서, B_t: t시점의 편익, C_t: t시점의 비용, r: 할인율, n: 사업의 분석기간이다.

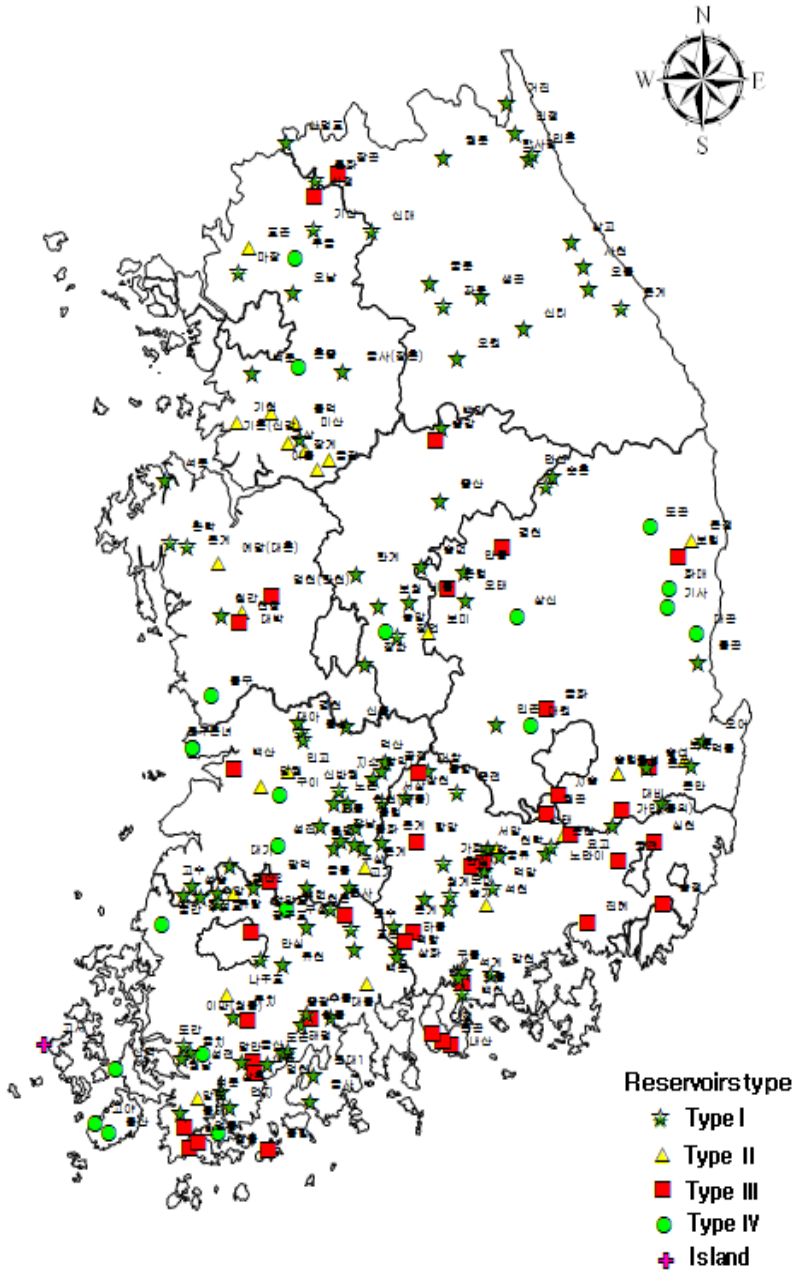

Figure 2. Distribution of reservoirs of different type within administrative district.

다. 내부수익률법(IRR: Internal Rate of Return Method)

내부수익률은 순현재가치를 0으로 만드는 할인율을 의미하는바 내부수익률의 계산은 시행착오법(trial and error method) 또는 내부수익률에 대한 순현재가치의 도식적인 표현(plotting)을 통해 산출할 수 있다. 내부수익률 분석은 투자회수의 측정이므로 가장 높은 내부 수익률을 지니는 사업을 선택하는 것이 바람직하며, 현재의 할인율과 비교하여 판단하는 기회를 제공받을 수 있으며 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다. 산정방법은 식(3)과 같다(KDI, 2008)

$$\text{내부수익률}(IRR): R \text{ when } \sum_{t=0}^{n}\frac{B_t}{(1+r)^t}=\sum_{t=0}^{n}\frac{C_t}{(1+r)^t} \text{ -------(3)}$$

여기서, B_t: t시점의 편익, C_t: t시점의 비용, r: 할인율, n: 사업의 분석기간이다.

라. 수익성지수법(PI : Profitability Index Method)

수익성지수법은 투자로 인하여 발생하는 현금유입의 현재가치를 현금유출의 현재가치로 나눈 비율로, 수익성지수가 1보다 크면 재무적 타당성이 있는 것으로 판단한다. 순현재가치법이 어떤 투자대안의 재무적 타당성을 절대적 금액으로 측정하는데 비하여 수익성지수법은 투자안의 비용대비 수익을 상대적 비율로서 측정하는 방법이다. 산정방법은 식(4)와 같다(Nam and Jin, 2014)

$$\text{수익성지수}(PI)=\frac{\sum_{t=0}^{n}\frac{R_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n}\frac{C_t}{(1+r)^t}} \text{ ----------(4)}$$

여기서, R_t: t기간의 현금유입, C_t: t기간의 현금유출, r: 할인율, n: 사업의 분석기간이다.

III. 결과 및 고찰

1. 농업용 저수지 생활용수공급 가능량 검토

203개의 농업용 저수지가 생활용수 공급가능 후보지(대상저수지)로 선정되었다(Figure 2). 대상저수지로 선정된 203개소 저수지는 경기도 17개소, 강원도 18개소, 충북 10개소, 충남 10개소, 전북 29개소, 전남 48개소, 경북 27개소, 경남 44개소로 조사되었으며, 저수지의 수질과 수량을 고려하여 유형 구분한 결과 I 유형(수질만족, 공급가능) 116개소, II 유형(수질불만족, 공급가능) 25개소, III유형(수질만족, 공급불가능) 40개소, VI(수질불만족, 공급불가능) 유형 21개소, V유형(도서지역) 1개소로 구분되었다(Figure 2). 10년빈도 한발의 경우에도 생활용수 상시 공급시 관개용수에 지장을 주지 않는 경우를 대상으로 생활용수 공급량을 산정하였다. 203개소 생활용수

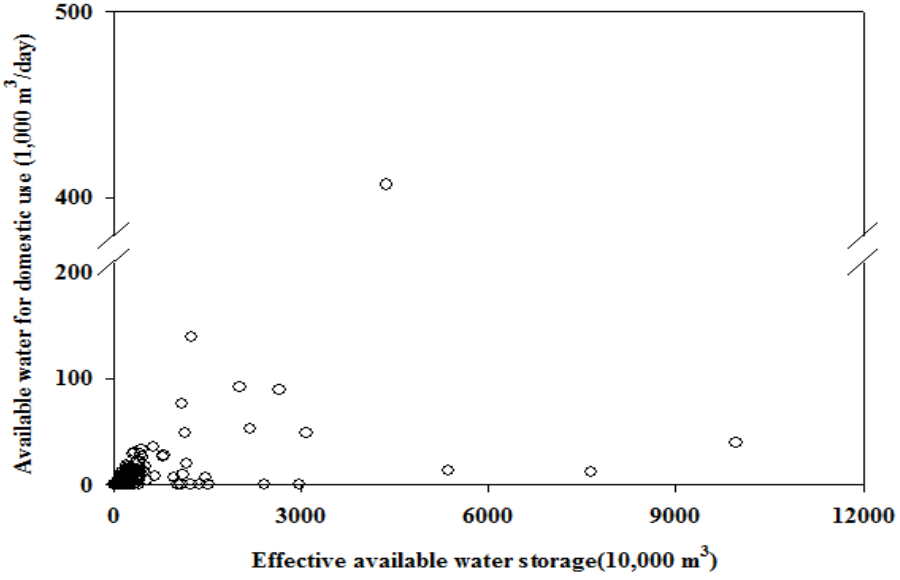

Figure 3. Relation between effective storage and available water for domestic use by agricultural reservoirs

공급가능량은 0.0~407천㎥/일이였으며, 평균 101 천㎥/일이였다(Figure 3).

2. 농업용 저수지의 생활용수 공급을 위한 경제성 분석

대상저수지로 선정된 203개 농업용 저수지와 전국 미급수율을 활용하여 생활용수 공급을 위한 사업우선순위 대상 저수지를 선정하였다(MOE, 2013). 미급수율 100%를 적용할 경우 대상저수지는 16개 지역(충북 2지역, 전북 2지역, 경북 2지역, 경남 10개 지역)으로 대부분 경남에 집중되어 있는 것으로 나타났다. 따라서 미급수율 90%, 80% 순으로 지역을 순차적으로 분석한 결과 미급수율 80% 수준에서 32개 지역(강원도 1지역, 충북 4지역, 충남 1지역, 전북 4지역, 전남 2지역, 경북 4지역, 경

Table 1. Economic feasibility analysis of reservoirs located 80% unserved area when water provided up to reservoir outlet only (Type-I)

District	reservoir	supply population (person)	annual maintenance cost (1,000won)	NPV (million won)	B/C Ratio	economic feasibility	Remark
Gangwon-do	Shinmae	4,044	5,706	585	6.7	○	
Gyeongssangbuk-do	Bochung	1,920	11,015	210	2.06	○	
	Baekma	3,293	5,706	464	5.52	○	
	Jangyeon	2,519	5,706	401	4.9	○	
Jeollabuk-do	Nochon	2,051	7,355	281	3.13	○	
	Daea	1,181	17,032	-55	0.82	×	Population small High maintenance cost
	Dongsang	1,181	17,032	-56	0.82	×	〃
Jeollanam-do	Yangchon	3,423	7,355	508	4.84	○	
	Anshim	1,031	5,706	114	2.11	○	
Gyeongssangbuk-do	Inchon	3,475	5,706	496	5.82	○	
	Otae	2,459	11,015	324	2.64	○	
Gyeongssangnam-do	Samhwa	2,217	5,706	369	4.59	○	
	Jeongnyang	2,217	5,706	369	4.59	○	
	Seosang	1,879	7,355	267	3.02	○	
	Mukgye	1,761	7,355	242	2.83	○	
	Okgye	1,396	7,355	164	2.24	○	
	Kalchun	1,687	5,706	255	3.49	○	
	Gain	3,894	5,706	725	8.06	○	
	Gahoe	2,036	5,706	330	4.21	○	
	Gungrye	1,342	7,355	152	2.15	○	
	Dori	1,305	4,143	203	3.72	○	

주1 : 할인율은 초기 30년 동안은 5.5%, 후기 20년 동안은 4.5%를 적용하였으며 분석 기간은 시설완공 후 정상가동 기준이며 50년을 기준으로 분석.

주2 : 사업비용은 저수지 유지보수비, 유지관리원 인건비. 원수공급시 도수관로 설치비는 지자체가 부담하고 공사는 원수만 공급하는 조건으로 산출.

주3 : 용수공급 편익산정을 위한 원수의 톤당 공급가격은 농어촌정비법 제23조 및 같은 법 시행령 제32조, 한국농어촌공사 정관 제50조 및 농업생산기반시설이나 용수의 목적외 사용 업무처리지침 제27조를 적용하여 91.39원/톤당을 적용하여 산출.

주4 : 기존 저수지를 이용할 경우 초기투자비용이 없으므로 내부수익률법과 수익성지수법은 평가할 수 없음.

남 16개 지역)으로 전국적으로 사업대상 저수지가 고르게 분포하는 것으로 나타나 미급수율 80%를 적용하여 경제성 분석 대상 지역을 선정함이 적정한 것으로 판단되었다.

농업용 저수지의 경제성 분석을 위해 I-유형에서는 미급수율이 80%를 초과하는 저수지 21개소, II-유형 3개소, III-유형 3개소, IV-유형 3개소, V-유형 1개소에 대해서 경제성 분석을 실시하였다. 경제성 여부의 판단기준은 분석방법에서 제시한 네 가지 경제성분석 평가기준인 NPV > 0, B/C비율 > 1, IRR > 5.5%, PI지수 > 1을 모두 충족

Table 2. Economic feasibility analysis of reservoirs located 80% unserved area when water provided by conveyance canal to water treatment plant (Type-Ⅰ)

District	Reservoir	supply population (person)	conveyance canal length (km)	NPV (million won)	B/C Ratio	IRR Rate (%)	PI index	economic feasibility	Remark
Gangwon-do	Shinmae	4,044	5.5	3,676	1.87	11.36	2.05	○	
Gyeongssangbuk-do	Bochung	1,920	4.3	1,146	1.44	8.33	1.53	○	
	Baekma	3,293	8.9	288	1.05	5.45	4.06	○	
	Jangyeon	2,519	3.7	2,360	1.93	11.66	2.11	○	
Jeollabuk-do	Nochon	2,051	4.9	1,039	1.35	7.69	1.42	○	
	Daea	1,181	12.7	-5,362	0.30	-2.75	0.16	X	Conveyance canal cost high Population small
	Dongsang	1,181	11.6	-4,698	0.33	-2.14	0.20	X	〃
Jeollanam-do	Yangchon	3,423	5.4	2,542	1.62	9.58	1.74	○	
	Anshim	1,031	6.2	-1,732	0.54	0.88	0.45	X	Conveyance canal cost high Population small
Gyeongssangbuk-do	Inchon	3,475	1.7	5,600	5.78	37.31	6.72	○	
	Otae	2,459	10.8	-2,645	0.64	2.01	0.57	X	Conveyance canal cost high
Gyeongssangnam-do	Samhwa	2,217	5.9	257	1.06	5.58	1.08	○	
	Jeongnyang	2,217	2.8	2,391	2.24	13.77	2.48	○	
	Seosang	1,879	12.0	-3,580	0.51	0.51	0.41	X	Conveyance canal cost high
	Mukgye	1,761	9.8	-2,482	0.58	1.36	0.50	X	〃
	Okgye	1,396	5.2	-417	0.87	4.02	0.84	X	Conveyance canal cost high Population small
	Kalchun	1,687	23.7	-11,014	0.23	-4.85	0.08	X	〃
	Gain	3,894	16.1	-4,716	0.62	1.70	0.54	X	Conveyance canal cost high
	Gahoe	2,036	12.1	-4,364	0.48	0.15	0.37	X	〃
	Gungrye	1,342	8.1	-2,273	0.53	0.85	0.44	X	Conveyance canal cost high Population small
	Dori	1,305	7.6	-2,043	0.55	1.07	0.47	X	〃

주1 : 할인율은 초기 30년 동안은 5.5%, 후기 20년 동안은 4.5%를 적용하였으며 분석기간은 시설완공 후 정상가동 기준이며 50년을 기준으로 분석.

주2 : 사업비용은 도수관로 설치비, 유지관리비, 감가상각비임(취수시설은 기시설 활용). 취수펌프장은 대부분의 저수지가 자연유하방식에 의해 도수하고 있음으로 제외. 사업의 목적이 도수에 있음으로 정수장설치비는 제외.

주3 : 급수가능인구를 고려하여 도수관로의 관경을 350㎜~450㎜을 기준으로 관로 설치비용 산출.

주4 : 생활용수 공급편익은 수요함수접근법 (KDI 등 연구기관 적용)을 적용하여 산출.

할 경우 경제성이 있는 것으로 결정하였다. NPV의 경우 순현금흐름으로 계산된 편익에서 비용을 제외한 금액으로 0보다 크거나 같을 경우 이익이 발생하기 때문에 사업을 수용하는 것이 타당한 것으로 간주한다. 또한 B/C 비율은 1보다 클 경우, IRR은 사회적 할인율 5.5%보다 클 경우, PI지수는 1보다 클 경우에 사업시행의 편익이 비용보다 커 이익이 발생함으로 경제성이 있는 사업으로 간주한다.

먼저 I 유형(수량과 수질만족) 사업에 대해 원수만 공급시와 원수+도수 공급시 2개의 시나리오로 구분하여 분석한 결과, 원수만 공급시 21개 저수지 중 급수인구 과소와 높은 유지관리비용 발생으로 편익보다 비용이 커 경제성이 낮은 대아저수지와 동상저수지를 제외한 19개 저수지는 경제성이 있는 것으로 나타났다(Table 1). 대아, 동상저수지는 NPV는 0보다 작은 (-)값을 나타냈으며 B/C 비율도 1보다 작은 0.82로 나타나 경제성이 없는 것으로 분석되었으며, 상대적으로 급수가능인구가 3,894명으로 많고 연간유지관리비용이 5,706천원으로 낮은 가인저수지의 경우 NPV값과 B/C비율 값이 각각 725백만원, 8.06으로 가장 높게 나타나 경제성이 매우 큰 것으로 나타났다. 원수+도수 공급시는 신매, 보청, 백마, 장연, 노촌, 양촌, 인촌, 삼화, 적량 9개 저수지는 경제성 평가기준인 NPV > 0, B/C비율 > 1, IRR > 5.5%, PI지수 > 1을 모두 충족하여 경제성이 있는 것으로 나타났다(Table 2). 이중 인촌저수지는 급수가능인구가 3.475명으로 많고, 도수관로길이가 1.7km로 짧아 NPV값은 5,600백만원, B/C비율은 5.78로 나타나 경제성이 가장 높게 나타났다. I 유형(수량과 수질만족) 사업의 경우 원수 공급시 경제성이 낮게 나타난 원인으로는 과소한 급수인구와 높은 유지관리비용으로 나타났으며, 원수+도수 공급시 경제성이 낮은 원인은 과소한 급수인구와 높은 관로설치비용으로 나타났다(Table 2). II 유형에 대해서 경제성을 분석한 결과 3개 대상지역 모두 높은 수질개선비용 발생으로 편익보다 비용이 커 NPV는 (-)값을 나타냈으며 B/C 비율은 1보다 작게 나타나 경제성 평가가준을 충족하지 못하여 경제성이 없는 것으로 나타났다. III 유형의 경우 3개 대상지역 모두 저수량 부족, IV 유형의 경우 3개 지역 모두 높은 수질개선비용과 저수량 부족, V 유형은 과소한 급수인구와 높은 수질개선비용으로 인하여 생활용수 공급의 편익보다 비용이 더 크게 나타나 경제성 평가가준을 충족하지 못하여 경제성이 없는 것으로 분석되었다(Table 3).

경제성 분석은 저수지 유형별 사업시행자인 한국농어촌공사의 생활용수 공급사업의 적정참여범위를 결정하는 중요한 변수로 작용한다. 경제성 분석결과 편익측면에서는 대상지역의 급수가능인구, 생활용수 수요량, 1인 1일

Table 3. Economic feasibility of Type Ⅱ~Ⅴ reservoirs

Type	District	Reservoir	supply population (person)	conveyance canal length (km)	NPV (million won)	B/C Ratio	IRR Rate (%)	PI index	economic feasibility	Remark
Ⅱ	Gyeonggi-do	Kumkang	2,411	5.7	-58,904	0.07	-	-	×	High cost of water quality improvement
	Gyeongsangnam-do	sotae	1,887	7.0	-7,421	0.33	-	-	×	〃
		Myeonggok	826	5.7	-499.4	0.24	-	-	×	〃
Ⅲ	Gyeongsangbuk-do	Jiseul	1,790	17.4	-7,735	0.31	-3.70	0.12	×	Not enough water
	Gyeongsangnam-do	Hadong	1,761	7.1	-1,228	0.74	2.67	0.66	×	〃
	Jeollabuk-do	Gyeongcheon	2,639	5.3	1,747	1.51	9.25	1.68	○	〃
Ⅳ	Chungcheongnam-do	Dongbu	1,320	19.2	-61,996	0.04	-	-5.4	×	Not enough water High cost of water quality improvement
	Chungcheongbuk-do	Nongam	1,486	5.5	-3,926	0.42	-	-0.41	×	〃
	Gyeongsangbuk-do	Gisa	1,150	9.6	-10,224	0.18	-	-1.13	×	〃
Ⅴ	Jeollanam-do	Goseo	78	2.0	-8,852	0.02	-	-7.77	×	Population small High cost of water quality improvement

Table 4. Reservoirs statisfying economic feasibility

District	Reservoir	supply population (person)	conveyance canal length (km)	existing water intake facilities availability	NPV (million won)	B/C Ratio	IRR Rate (%)	PI index
Gangwon-do	Shinmae	4,044	5.5	○	3,676	1.87	11.36	2.05
Gyeongssangbuk-do	Bochung	1,920	4.3	○	1,146	1.44	8.33	1.53
	Baekma	3,293	8.9	○	288	1.05	5.45	4.06
	Jangyeon	2,519	3.7	○	2,360	1.93	11.66	2.11
Jeollabuk-do	Nochon	2,051	4.9	○	1,039	1.35	7.69	1.42
Jeollanam-do	Yangchon	3,423	5.4	○	2,543	1.62	9.58	1.74
Gyeongssangbuk-do	Inchon	3,475	1.7	○	5,600	5.78	37.31	6.72
Gyeongssangnam-do	Samhwa	2,217	5.9	○	257	1.06	5.58	1.08
	Jeongnyang	2,217	2.8	○	2,392	2.24	13.77	2.48

급수량이 증가할수록 사업의 경제성이 개선되며, 비용측면에서는 기존시설(취수탑, 관로, 정수장)을 활용할 경우 도수관로의 길이가 짧을수록, 도수관로 설치비용을 지자체와 분담할 경우 경제성이 개선된다. 이와 같이 경제성 분석결과를 종합해 보면 원수공급의 경우 농업용저수지를 활용한 생활용수 공급의 경제성 확보를 위해서는 적정급수인구 2,000명이상, 연간유지관리비 7,355천원 이내가 적정한 것으로 나타났으며, 원수+도수 공급의 경우 생활용수 공급의 경제성 확보를 위한 조건으로는 적정급수 인구는 2000명 이상, 관경 350mm 강관기준으로 도수관로 길이는 4.5km이내가 적정한 것으로 나타났다(Table 4). 이를 바탕으로 경제성이 높은 사업우선순위 저수지는 인촌, 신매, 양촌, 적량, 장연, 보청, 노촌, 백마, 삼화 순이었다.

또한 기존 저수지시설(취수탑, 관로, 정수장)을 이용하여 원수만 공급시 적정 공급가 산정을 위해 원수만을 공급할 경우 비용 산출시 저수지 자산의 감가상각이 필요하며 이를 위해 일반적인 자산평가방법으로는 자산평가가 불가능함으로 분석대상 저수지의 축조연도와 관리 상태를 고려하여 평가대상 저수지의 대체저수지 축조비용 150억 원의 30%를 저수지 자산가격으로 평가하였으며 내구연수동안 감가상각 처리하여 비용을 산출하였다. 여기에 유지관리비를 고려할 경우 원수의 적정공급단가는 ㎥당 360원(급수인구 2,000명 기준)이 적정한 것으로 나타났다.

그러나 비용편익분석을 중심으로 사업의 타당성여부를 검토하는 경제성분석은 효율성이 높은 사업일수록 사업타당성이 높다는 것이다. 경제적 효율성만을 기준으로 사업의 타당성을 평가할 경우 상대적으로 낙후된 지역주민의 생활용수 공급은 배제 당하는 문제가 발생한다. 따라서 비용편익분석을 중심으로 사업의 타당성 여부를 판단할 경우 편익과 비용에 농어촌지역 생활용수 공급에 따른 지역사회 유지기능, 지역사회 균형개발, 농어촌지역민의 삶의 질 개선 등의 공익적 기능을 포함하는 새로운 관점에서의 경제적 효과 분석에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

3 법률 검토 및 정책적 제언

가. 관련 법률 검토

현재 수도법 제 3조에는 농어촌용수는 수도용 원수에서 배제되어 있으며, 동법 제5조에는 농업생산기반시설은 수도시설에서 배제되어 있다. 또한, 수도법 제 12조와 제 23조, 수도법 시행령 제 36조에 수탁기관에 한국농어촌공사는 포함되어 있지 않아 현실적으로 한국농어촌공사는 수도사업 참여가 가능하지 않다. 특히, 상수도 관련 법은 국토교통부 및 환경부가 법안을 발의하고 동의하여야 법률 개정이 가능하므로, 이를 장기적인 과제로 설정하고, 단기적으로는 현재 운영하고 있는 농어촌정비법을 적극 활용하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 농어촌정비법 제 22조 제 3항에 따르면, 농어촌용수는 생활, 농업, 공업, 수산용수와 환경오염을 방지하기 위한 용수로 정의되어 있어 농어촌지역에서 수요되고 있는 지역용수의 통합적인 공급이 가능한 것으로 판단된다.

나. 정책적 제언

한국농어촌공사의 생활용수 공급 사업의 참여는 농어촌정비법에 명시된 개발사업의 범위와 농어촌용수의 지역 통합용수 개념을 기반으로 목적외 용수 사용에 관련된 조항을 탄력적으로 해석하고 운영함으로써, 상수도 관련 타 법의 지원 없이 자체적으로 추진할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만, 수도사업 취수-도수-정수-송수-급수의 전반적인 참여는 전문성, 경험, 조직체계, 기존 상수도 시스템과의 갈등, 사업 전망의 불확실성, 물 값 징수의 제도적 어려움 등 현실적인 제약이 과도하게 많아 사회적 합의가 형성되기 전에는 사업 성공이 사실상 어렵다. 또한, 한국수자원공사는 광역 상수도 인근(2 km 이내) 지역에 대해서 지방자치단체가 원할 경우 광역 상수도를 보급하고 있으며, 이에 대한 수요가 있을 때 계속하여 물복지 향상에 노력할 계획이다. 따라서 수도사업의 경쟁관계가 아닌 광역상수도망의 사각지대에 있거나 보완이 필요한 경우에 제한적으로, 관련 지자체의 적극적인 요청이 있을 경우에 한하여 수도 사업에 참여하는 것이 타당하다고 판단된다(KRC, 2015), 한국농어촌공사는 수도사업의 참여가 농업용수 유지관리 예산 부담 절감, 농어촌 주민들의 복지 향상, 농어촌지역 어메니티 증진을 위해 타당함을 정부에 설득해야할 필요가 있는 것으로 나타났다.

현재의 저수용량으로 최대의 생활용수 공급을 위해서는 저수지 용량 증대에 앞서 농업인의 진취적인 물 사용 선택을 유도하여 생활용수를 확보하는 방안이 바람직하며, 인센티브 등을 통한 농업용수 절약 정책을 바탕으로 확보된 저수용량만큼 생활용수로 공급 가능할 것으로 판단된다. 또한, 농업용수 사용량이 상대적으로 적은 작물체계 변경이나 관개효율 증대 등의 추가적인 노력이 필요하다.

IV. 결 론

본 연구에서는 농업용 저수지를 활용하여 농어촌지역에 생활용수 공급 가능성을 평가하기 위해 농업용저수지 중 수량과 수질을 동시에 고려하여 203개 저수지를 대상으로 수질과 수량을 기준으로 유형구분을 하였으며, 각 유형별 경제성 분석과 관련 법률을 검토하였다.

가. 농업용저수지의 수량과 수질을 기준으로 농업용저수지의 유형구분결과 여유수량과 수질이 양호한 I 유형(수질만족, 공급가능) 116개소, II 유형(수질불만족, 공급가능) 25개소, III 유형(수질만족, 공급불가능) 40개소, VI 유형(수질불만족, 공급불가능) 21개소, V 유형(도서지역) 1개소로 구분되었다.

나. 효과적인 수도사업 추진을 위해 I유형에서 미급수율 80%이상인 지역 농업용 저수지 21개소를 대상으로 경제성 분석결과 원수만 공급시 21개소 중 19개소에 대해서 경제성이 있는 것으로 나타났으며, 원수+도수 공급시 9개소에서 경제성이 있는 것으로 나타났다. II 유형 저수지의 대상지역은 높은 수질개선비용의 소요, III유형 저수지의 대상지역은 저수량 부족, IV 유형은 높은 수질개선비용과 저수량 부족, V유형은 과소한 급수인구와 높은 수질개선비용으로 인하여 생활용수 공급시 편익보다 비용이 더 크게 나타나 경제성이 없는 것으로 나타났다.

다. I유형을 대상으로 수도사업 참여를 위한 농업용저수지의 생활용수공급사업의 경제성 분석결과 원수+도수 공급시 경제성 충족조건으로 적정급수인구는 2,000명 이상, 도수관로길이는 4.5km 이내가 타당한 것으로 나타났다.

라. 농업용 저수지를 활용한 농어촌지역 생활용수 공급을 위해 한국농어촌공사는 농어촌정비법의 목적외 용수 사용에 관련된 조항을 탄력적으로 해석하고 운영함으로서, 상수도 관련 타 법의 지원 없이 자체적으로 생활용수공급 사업을 추진할 수 있으며, 특히 광역상수도망의 사각지대에 있거나 보완이 필요한 경우에 제한적으로, 관련 지자체의 적극적인 요청이 있을 경우에 한하여 수도 사업에 참여하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

References

1. Drawing engineering, water supply capacity by, 2014. tube type schematic construction
2. General guidelines for modifying the Korea Development Institute, 2004 pre-feasibility study, conducted complementary studies (4thEdition)
3. Gwangju, 2012. The building Dongbokho improving water quality and feasibility assessment models
4. Gyeongnam development institute,(GNDI) 2004. (Living Water Combination Plan of Agricultural Reservoir)
5. Joint Interagency, 2013. rural environment measures to improve the environment for the expansion of welfare and quality of life.
6. Joint Interagency, 2016. abnormal weather report.
7. Kim, N. S., Kim, J. S., Jang, H. W., Lee, J. H., 2015. Hydrologic Risk Analysis Based on Extreme Drought Over the Korean Peninsula Under Climate

Change. Journal of Korean of Hazard Mitigation, 15(4), pp. 45-52.
8. Kim, S. M. and Lee, S. I., 2003. Flexible Operation of Agricultural Reservoirs for Domestic Water Supply. Korean society of Civil Engineers, pp. 2523-2528.
9. Korea Development Institute(KDI), feasibility of modifying the standard instructions. 2008. The water sector projects, complementary studies (4thEdition)
10. Korea Institute of Industrial Relations, 2010. Proper maintenance cost estimate study
11. Korea rural community corporation(KRC), 2010. Hydrological operation model for water resources system (HOMWRS).
12. Lee, M. J. and Jeong, W. C., 2011. Water Budget Analysis of Agricultural Reservoirs Using Continuous Rainfall-runoff Model, Journal of Korean Water Resources Association, pp. 293.
13. Ministry for Food, agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF), 2012. Agriculture, Forestry and Fisheries Business Guide.
14. Ministry of Environment (MOE), 2013.Waterworks Statistics
15. Ministry of Environment, 2013, 2014.Water statistics
16. Nam, Y. H, and Jin, H. S., 2014. Feasibility Study, Se-Myung publishing company, pp. 226-228.
17. Nam, J. H., 2011. Economical valuing the multifunctionality roles of agriculture and rural areas , Thesis of Master Degree in Korea University.
18. Park, M. W., Lee, O. J., Park, Y. K., Kim, S. D., 2015. Future Drought Projection in Korea under AR5 RCP Climate Change Scenarios. Journal of Korean of Hazard Mitigation, 15(6), pp. 423-433.
19. Seo, M. C., Cho, H. S., Seong, K. Y., Kim, M. T., Park, T. S., Kang, H. W. and Shin, K. S., 2013. Risk Assessment of Drought for Regional Upland Soil According to RCP8.5 Scenario Using Soil Moisture Evaluation Model (AFKE 0.5). Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 46(6). pp. 434-444.
20. Korea rural community corporation (KRC). 2015. Expert workshop in research on living water supply in rural area using agricultural reservoir.
21. Yeo, K. D., Yi, C. S., Kim, G. H., Lee, S. w., 2012. Estimation of Domestic Water Supply Benefit Using Demand Function Approach. Journal of the Korean Society of Civil Engineers 32(4B). pp236-238.

- Received 19 July 2016
- First Revised 9 August 2016
- Second Revised 13 October 2016
- Finally Revised 22 February 2017
- Finally Revised 22 February 2017