수요함수 접근법을 이용한 생활용수 공급편익 산정

Estimation of Domestic Water Supply Benefit Using Demand Function Approach

여규동* · 이충성** · 김길호*** · 이상원****

Yeo, Kyu Dong · Yi, Choong Sung · Kim, Gil Ho · Lee, Sang Won

Abstract

In the past, the domestic water supply benefit of dam has been estimated by replacement dam cost approach. But it is logically inappropriate that we use the second priority dam as a replaced facility. Therefore, this study aims to suggest the estimation method of the domestic water supply benefit by using demand function, which is deduced from Willingness-To-Pay (WTP) of consumers. For this purpose, a survey concerning the marginal WTP is carried out according to the change of water use amount used, targeted 1,000 households in metropolitan area. And by using the marginal WTP, we estimated the demand function of a family. Finally, the monthly benefit equation is derived. The approach is demonstrated and discussed for an example, the Song-Li-Won dam project which is now renamed Young-Ju dam. From the example study, the total benefit for the durable years (50 years), was about 90 billion won. The method proposed herein is expected to be practical and useful in the economic analysis of the domestic water supply project including dam construction, as well as in further studies.

Keywords : domestic water supply benefit, demand function, willingness-to-pay, economic analysis

요 지

기존에는 댐사업의 생활용수 공급편익 산정시 실무적으로 대체댐비용법을 적용하였다. 그러나 해당 댐의 대체시설로서 2순위의 댐을 적용하는 것은 논리적으로 적절하지 않다. 본 연구의 목적은 생활용수 공급사업의 효과에 대한 소비자의 효용을 지불의사액으로 측정하고, 수요함수를 도출하여 편익산정 방법을 제시하는 것이다. 이를 위해 수도권지역에서 1,000가구를 대상으로 생활용수의 사용량 변화에 대한 한계지불의사액을 측정하였다. 그리고 한계지불의사액을 이용하여 가구별 수요함수를 추정하고, 최종적으로 용수공급 사업의 경제성분석에 적용할 수 있는 월평균 편익산정식을 도출하였다. 제시된 방법론은 적용방법 설명과 토론을 위해 예제로서 송리원댐(현 영주댐)에 적용하였다. 예제 적용 결과, 내용연수인 50년간 총 편익은 약 900억원으로 산정되었다. 본 연구에서 제시된 방법론은 향후 관련 연구 뿐 아니라, 댐 건설사업을 비롯한 생활용수 공급 사업에서 경제성분석시 실무적 활용이 가능할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 생활용수 공급편익, 수요함수, 지불의사액, 경제성분석

1. 서 론

용수공급, 홍수관리 등과 같은 수자원사업에 투입된 국토해양부의 예산은 2006년부터 2009년까지 연평균 약 2조 원이며, 지자체의 예산을 고려한다면 더욱 클 것이다. 이처럼 막대한 재원이 투입되는 수자원사업은 사업계획 시 편익과 비용을 바탕으로 경제적 효율성을 평가하여 사업의 타당성 여부를 결정하여야 한다. 그러나 기존 수자원사업의 계획 및 관리는 주로 사회후생(social welfare) 증진을 대상으로 하는 수요측면이 아니라 공급측면의 논리로 추진되어 왔으며, 수자원 고유의 가치측정은 물론이고 절차 및 방법에 대한 체계도 아직 확립되었다고 보기 어렵다. 한편, 편익추정은 대

상사업으로 인한 편익항목들의 효용가치가 이질적이면 되도록 분리하여 측정하는 것이 바람직하나, 댐 사업을 비롯한 기존 사례에서는 경제성분석 시 생활용수와 공업용수의 가치를 구분하여 추정하지 않고 있다. 이는 용수가격이 자유경쟁이 아닌 정책적으로 통제되고 있기 때문에 방법론상의 어려움이 있고, 타당성 평가 등 계획 수립시 주로 대체비용법(replacement cost approach)에 의존하였기 때문이다. 그러나 수요측면에서 생활용수와 공업용수는 수량과 수질적 측면에서 요구되는 품질이 다르며, 소비함으로써 증가되는 사회후생 또한 다르다. 그러므로 생활용수와 공업용수는 엄밀히 구분하여 편익을 추정하는 것이 바람직하다.

생활용수 수요함수(demand function)와 관련된 연구는 주

*정회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 연구교수 (E-mail : yeokd94@gmail.com)

**정회원 · 교신저자 · 한국수자원공사 기술지원센터 선임위원 · 공학박사 (E-mail : sung@kwater.or.kr)

***정회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 박사과정 (E-mail : kgh0518@gmail.com)

****인하대학교 경제학부 교수 · 경제학박사 (E-mail : swlee@inha.ac.kr)

로 수요량 예측을 위한 수요함수 추정과 수요관리를 위한 가격탄력성(price elasticity) 추정을 대상으로 하였다. 연도별로 관련 연구를 살펴보면, 노기성 등(1987)은 상수도 소비량은 가구소득과 급수가구수에 양(+)의 관계를, 가격에 음(-)의 관계가 있음을 밝혔으며, 특히 가격이 생활용수 소비량에 주요 변수임을 보였다. 김주운(1991)은 Cobb-Douglas 수요함수를 가정한 후, 이를 Translog 모형으로 회귀분석한 서울시 생활용수의 수요함수를 추정하였다. 김광임(1996)은 연도별, 지자체별 자료를 혼합한 혼합모형을 설정하였고 지방상수도 생활용수에 대해 가정용, 영업용, 욕탕용, 공공용으로 세분하여 각각의 용도별 수요함수를 추정하였다. 한국수자원공사(1998)는 생활용수의 수요함수를 추정하여 수요의 장·단기 탄력성을, 건설교통부(2001)는 내생시차변수모형(lagged endogenous variable model)을 이용한 수요함수를 추정하여 제시한 바 있다. 김종원과 박태선(2001)은 도시지역의 생활용수 수요추정을 위해 도시규모별로 월별 급수량 자료를 이용한 개입-ARIMA 모형, 연도별 자료를 이용한 공적분회귀분석(cointegration regression analysis)과 혼합추정모형, 그리고 설문조사를 통한 SUR(Seemingly Unrelated Regression) 모형 등을 적용하여 분석하였다. 박승준 등(2004)은 총격·반응함수를 이용하여 함수를 구성하는 변수들의 교란이 수요에 미치는 단기 파급효과를 분석하고, 오차수정모형을 통해 요급 변화에 따른 향후 수요 변화를 예측하였다. 이석원(2004)은 고정효과모형으로 수요함수를 추정하여 댐 용수의 가격탄력성을 도출하였다. 유승훈과 박광섭(2006)은 서울시 11개 수도사업소 별 생활용수의 사용량과 징수요금을 이용하여 가격탄력성과 경제적 가치를 추정하였다. 박두호와 박운신(2007)은 가뭄시의 가정용수에 대하여 설문을 통해 지불의사액을 도출하였다. 최근에는 구세주와 유승훈(2010)이 수요함수를 통해 생활용수의 사용량과 징수요금을 이용하여 경제적 가치를 추정한 바 있다.

외국에서도 가격탄력성 또는 소득탄력성을 고려한 용수수요 산정에 관한 많은 연구가 수행되었다. Howe and Linaweaver(1967)는 생활용수 수요를 예측하였고, 이후 Morgan and Smolen(1976), Foster and Beattie(1979; 1981), Billings and Agthe(1980) 등의 연구가 계속 발표되면서 수도물 사용량의 가격탄력도가 의미 있음을 보여주었다. Renzetti(1992)는 캐나다의 지방상수도 회사를 대상으로 상업용수를 제외한 생활용수와 공업용수를 대상으로 평균가격에 대한 도구변수를 이용하였고, 실질소득을 이용하여 수요함수를 추정하였다. Espey *et al.*(1997)은 생활용수 가격탄력성에 대한 미국의 기존 연구들을 대상으로 메타분석을 수행하여 강우량, 증발산량, 계절적 요인 등 기후인자와 소득, 가격구조 등 사회·경제적 요인이 주요한 영향을 미치며, 인구밀도, 가구원수, 기온 등은 상대적으로 영향을 덜 미치는 것으로 분석하였다. Dalhuisen *et al.*(2001)은 메타분석을 통해 생활용수의 가격 및 소득 탄력성의 변화양상을 분석하기도 하였다. 한편 최근에는 수요 증가로 인한 용수부족으로 미래 생활용수시장이 가격보다 소득이나 가구원수의 영향을 더 받을 것으로 예측하는 연구들이 다수 수행되었다(Zhou and Tol, 2005; Bithas and Stoforos, 2006; Bartczak *et al.*).

이 외에도 국내와 국외에 다수의 연구가 있으나, 대부분

장기적 계획 관점에서 수요량 예측이나 가격인상에 따른 수요관리 효과 분석을 위한 가격탄력도 추정 등이 목적이었다. 본 연구에서는 기존에 원수(raw water) 또는 도매수준을 기준으로 공업용수와 함께 산정되었던 생활용수 편익을 가공된 물 또는 소비자 중심의 관점에서 산정하였다. 즉, 생활용수 소비와 지불의사(WTP: Willingness To Pay) 관계에 따른 보상수요곡선(compensated demand curve)을 도출하고, 이를 실제 사례에 예제로서 적용하였다. 이러한 수요측면의 분석은 대체비용법과 같은 공급측면의 분석에 비해 경제학적 이론에 기반하고 있으며, 사회후생 증진을 목적으로 하는 공공사업의 효과 평가에도 유리하다. 본 연구는 수요함수에 의한 생활용수 편익산정 이론 및 도출과정을 제시하고, 활용 예제로서 낙동강 내성천에 건설 중인 송리원 다목적댐(현 영주댐) 생활용수 공급편익 산정에 적용하였다.

2. 이론적 배경

2.1 생활용수 공급편익 산정의 방법론

경제학적 관점에서 용수시장의 신호는 가격이지만 현실적으로 국내의 용수공급 상황은 국가 또는 공공기관의 독점으로 주도되고 있다. 생활용수의 경우 용수생산 원가에 비해 요금단가가 낮은 상태이고 심지어 농업용수의 경우에는 국가에 의해 무료로 공급되고 있는 실정이다. 따라서 현재 물 가격이 실제 시장상황을 반영하지 못하고 있으므로 시장가격에 근거한 편익산정은 불가능하다. 시장가격을 활용할 수 없는 상황에서 생활용수의 경제적 편익 추정은 크게 수도물 생산원가에 의한 방법, 수도물 평균요금에 의한 방법, 피해함수에 의한 방법, 수요함수에 의한 방법으로 접근할 수 있겠다.

4가지 방법 중에서 가장 쉽게 접근할 수 있는 것은 수도물 원수를 저류 및 취수하는데 따른 비용과 이를 정수하여 공급하는데 소요되는 비용을 합한 수도물 생산원가에 의한 방법이다. 이 방법은 단순히 공급자 측면에서의 분석이며, 수도물의 생산수단에 따라 원가의 편차가 크다는 문제가 있다. 또한, 개별 용수공급 사업의 경제성을 판단할 때 생산원가에 반영된 공급자의 비용이 편익으로 산정되므로 사업 자체의 비용·편익 분석으로는 의미가 없다. 두 번째의 수도물 평균요금에 의한 방법은 용수시장의 신호가 가격이라는 측면에서 가장 바람직한 방법일 수 있으나, 전국의 평균 가정용 상수도 요금이 419원/m³(환경부, 2006)으로 생산원가 704.4원에도 미치지 못하는 수준이므로 앞에서 언급한 바와 같이 실제 시장가격을 반영하고 있다고 보기에는 무리가 따른다. 또한, 수도요금 현실화 정책이 목표를 달성한다 하더라도 용수수요 저감을 위한 수요관리 측면의 접근이므로 이 역시 시장가격으로 보기는 어렵다. 세 번째의 피해함수에 의한 방법은 생활용수 공급에 따른 편익이 제한급수나 공급중단으로 인해 발생하는 간접적 피해로부터 추정될 수 있다고 가정하여 접근한다. 그러나 아직까지 우리나라에서는 생활용수 공급 중단으로 인한 피해사례가 드물며 관련 자료나 연구 역시 미흡한 면이 있으므로 현실적인 대안으로 부족한 면이 있다. 마지막으로 수요함수법은 소비자 지불의사액 측정이라는 후생경제학에 근거한 수요함수로부터 소비자 잉여

(consumer surplus)를 추정하고 이를 생활용수의 편익으로 보는 것이다.

이처럼 생활용수의 경제적 편익을 추정할 수 있는 현실적인 방법론은 크게 4가지로 규정할 수 있으며, 본 연구는 각각의 방법론의 장점과 단점을 고려하여 경제학적으로 가장 합리적이고 현실적인 수요함수 접근법으로부터 생활용수 편익을 산정하고자 한다.

2.2 수요함수 접근법

수요함수 접근법은 소비자 지불의사액 측정이라는 후생경제학적 논리에 근거하여 수요함수로부터 추정할 수 있는 소비자 잉여(CS)를 생활용수의 순편익으로 보는 방법이다. 그러나 시장에서 관찰되는 가격을 반영하는 보통수요함수는 가격변화에 따른 소득효과가 포함된 마샬(Marshall)적 후생개념에 근거하고 있기 때문에 정확한 후생변화를 측정하는데 한계가 있다. 반면, 히스(Hicks)적 후생개념에 근거한 보상수요함수는 효용수준을 일정하게 유지하여 후생 변화에 따른 최대지불의사를 정확하게 측정할 수 있다. 본 연구에서는 생활용수 수요에 대한 히스적 보상수요함수를 도출하여 소비자 잉여를 추정하고자 한다.

일반적으로 다른 재화들의 가격이 일정할 때, 관심대상 재화의 가격이 변하면 수요량도 따라서 변하게 된다. 만일 이 재화에 대한 수요량과 가격 사이의 관계를 나타내는 적절한 수요곡선을 결정할 수 있다면 수요곡선의 높이는 바로 한 단위의 재화를 얻기 위해 지불할 의사가 있는 최대가격을 의미하는 한계지불의사액 또는 한계편익이 된다(유승훈과 박광섭, 2006). 이 같은 내용을 용수의 수요곡선을 나타내는 그림 1을 통해 살펴보면, 용수의 단위가격이 P 이고 수요량이 Q 일 때, 소비자가 Q 만큼을 수요하면서 얻게 되는 총 편익은 수요곡선 아래의 면적 $\square ACQO$ 로 계산된다. 또한, 수요곡선 아래 면적 $\square ACQO$ 중 소비자의 총 지출 $\square PCQO$ 를 뺀 면적 $\triangle APC$ 는 소비자 잉여가 되며, 이 값을 용수사용에 의해 소비자가 체감하는 순편익으로 산정할 수 있다.

전형적인 시장재의 경우 수요함수를 시장상황으로부터 비교적 용이하게 관찰할 수 있다. 그러나 우리나라와 같이 공공적 용수공급체계 하에서는 용수가격이 시장기능이 아닌 행정적 관점에서 결정되므로 용수는 비시장재적 성격을 가진다고 할 수 있다. 이러한 경우에는 비시장적 방법을 사용하여 잠재가격(shadow price)을 도출하여야 하는데, 잠재가격이란 왜곡된 시장에서 자원의 기회비용, 즉 진정한 사회적

가치를 반영하는 조정된 가격이라고 정의할 수 있다(김동진, 2004). 비시장적 방법은 대상 재화를 간접적으로 평가할 수 있는 관련시장의 정보를 이용하는 현시선호법(revealed preference method)과 각 개인의 선호를 설문문을 통해 직접 도출하는 진술선호법(stated preference method)으로 분류된다. 잘 알려진 여행비용법(TCM: Travel Cost Method)이 현시선호법에 속하며, 최근 예비타당성조사 등에 활용되는 조건부가치측정법(CVM: Contingent Valuation Method)이 대표적인 진술선호법으로 분류된다.

대표적인 진술선호방식인 CVM의 경우 단일 사안에 대해 직접적으로 사회후생 변화에 대한 가치, 즉 최대지불의사를 이끌어낸다. 예를 들어, 수질개선사업 시행으로 개인들이 느끼는 효용증가만큼 기꺼이 지불하려는 개인들의 지불의사를 수질개선의 편익으로 보는 것이다. 그러나 생활용수 공급편익의 경우 일회성 사안이 아니라 수요량 변화에 따른 지불의사의 연속적인 변화양상을 파악해야 한다. 수요량의 증감에 따라 사용자가 동일한 지불의사를 유지한다고 볼 수 없기 때문이다. 이를 위해서는 수요함수 도출을 통해 수요량 변화에 따른 소비자 잉여를 측정해야 한다. 본 연구에서는 국내 수도요금의 행정적 가격체계임을 감안하여 설문조사에 의해 생활용수 사용에 대한 소비자의 지불의사를 유도해 내는 방식으로 보상수요함수를 도출하였다.

3. 생활용수 수요함수 추정

3.1 생활용수 지불의사액 측정을 위한 설문조사

본 연구에서는 생활용수의 수요함수 추정을 위해 직접설문 방식에 의해 일반 국민이 생활용수를 사용함으로써 느끼는 효용을 지불의사액으로 답변하게 하였다. 「예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완연구(제5판)」(한국개발연구원, 2008)의 “비정형사업 편익산정 기법에 관한 지침”에서는 지불의사 측정을 위한 설문조사는 개방형 질문에 대해 250~500여명, 폐쇄형 질문에 대해 500~1,000명의 표본을 원칙으로 하고 있다. 본 연구에서는 이를 참고하여 1000명의 표본을 대상으로 설문조사를 하였고, 서울·경기 지역을 표본의 대상지역으로 선정하였다. 우리나라 용수시장을 일반적으로 대표할 수 있는 수요함수 도출을 위해서는 표본을 전국적인 범위에서 선정하여야 한다. 본 연구는 시간 및 비용적 제약으로 수도권 지역에 한정하였는데, 이는 우리나라 총인구의 40%이상이 거주하고 출신지역이 다양하며 소득수준의 범주도 넓은 수도권 지역이 우리나라 소비자들의 성향을 대표할 수 있다고 판단하였기 때문이다.

표 1은 설문지 상의 개방형 질문 가운데 지불의사액 측정에 직접적인 세 개의 문항을 보여주고 있다. 개방형 질문 방식은 응답자들이 문제의 본질에 대해 충분한 사전정보가 없을 때에는 답변하기 어렵거나 응답자별로 지불의사액에 큰 편차를 보일 수 있다. 따라서 설문에서는 사전질문을 통한 학습으로 문제에 접근해 가는 과정으로 수도요금 고지서 확인 여부, 상하수도 요금 고지서 상의 월평균 사용량, 월평균 수도요금, 이웃집에 비해 평소 수도요금이 많을 경우 절수 여부, 일상생활에서 수도물의 중요도, 수도요금이 오르거나 공급이 여의치 않을 때 자체노력으로 물을 구하는 방법 등

그림 1. Demand Function and Consumer Surplus

표 1. 생활용수 지불의사 측정을 위한 설문문항

1. 현재 전국평균 가정용 상수도요금 단가는 1,000 l(2 l 페트병 500개)당 419원입니다. 가정생활에서 수도물의 중요성을 감안할 때, 이러한 요금단가는 귀하가 생각하는 체감 값어치와 얼마나 차이가 있습니까?
① 체감 값어치가 매우 높다 ② 체감 값어치가 높다 ③ 체감 값어치가 같다 체감 ④ 값어치가 낮다*
2. '위의 질문'에서 생각하신 체감 값어치는 요금단가와 비교할 때 금액으로 따지면 최대 얼마나 되겠습니까?
원
3. 만일 귀하가 답변하신 최대 체감 값어치보다 상수도요금 단가가 더 높아진다면 가정용수 사용량을 한 달 평균 몇% 수준으로 줄이실 수 있습니까? 10%, 20%, 50%, 100% 높아지는 경우에 대해 각각 답변해 주십시오.

체감 값어치	물 사용량을 현재의 ()% 수준으로 사용 하겠다								
10%↑	① 그대로	② 95%	③ 90%	④ 85%	⑤ 80%	⑥ 75%	⑦ 70%	⑧ 65%	⑨ 60%
20%↑	① 그대로	② 95%	③ 90%	④ 85%	⑤ 80%	⑥ 75%	⑦ 70%	⑧ 65%	⑨ 60%
50%↑	① 그대로	② 95%	③ 90%	④ 85%	⑤ 80%	⑥ 75%	⑦ 70%	⑧ 65%	⑨ 60%
100%↑	① 그대로	② 95%	③ 90%	④ 85%	⑤ 80%	⑥ 75%	⑦ 70%	⑧ 65%	⑨ 60%

*체감가치가 현 가격보다 '낮다'는 것은 지불의사가 없거나 이른바 '전략적 행위'일 가능성이 있으므로 분석에서 제외하기 위한 예시이며, 따라서 '매우 낮다'라는 예시는 필요치 않음

을 질문하였다.

표 1의 첫 번째 문항은 일반인들이 평소 잘 알지 못하던 수도물 한 단위(1 m³)의 실제 요금단가를 알려줌으로써 이전 문항에서 학습해 오던 생활용수의 가치를 실제 요금단가와 비교해 볼 수 있게 한 것이다. 두 번째 문항에서는 앞선 질문에서 느꼈던 가치를 금액으로 답하게 한 것으로 수도물 한 단위당 응답자들의 실제 체감 가치인 최대지불의사를 측정하게 된다. 세 번째 문항은 수요량 증감에 따른 지불의사의 변화양상을 측정하기 위한 것으로 응답자의 이해를 돕기 위해 역으로 가격 상승에 따른 생활용수 사용량 감축 의사를 질문한 것이다. 응답자들은 가격이 높아지는 경우 생계에 미치는 부담을 줄이기 위해 가능한 범위 내에서 절수를 고려할 것이고, 이는 수요의 가격탄력성으로 반영되어 수요곡선의 형태를 결정짓게 된다.

이론적으로 볼 때 필수재이면서 대체재도 거의 존재하지 않는 '물'의 가격탄력성은 매우 낮을 것이며 극단적으로 수요자들이 용수를 필요한 만큼만 사용한다면 완전비탄력적이 될 것이다. 이러한 이유로 생활용수 가격탄력성 분석에 대한 의문이 제기될 수 있다. 그러나 이는 소비자들이 항상 합리적으로 소비한다는 전제가 있어야 하는데, 실제의 소비는 수요를 초과할 경우가 많아 가격이 상승하면 소비가 감소할 수 있다. 특히 행정적 통제로 용수가격이 낮은 우리나라의 경우 이 같은 경향이 더욱 높을 것이다. 각종 연구에 의하면 우리나라의 생활용수의 가격탄력성은 0.229~1.064로 알려져 있으며, 장기적 전망이 단기적일 경우에 비해 탄력성이 높은 것으로 나타나고 있다. 이러한 연구 결과에 의하면 생활용수의 가격탄력성이 충분한 경제적 의미를 갖고 있다고 볼 수 있다(심명필, 2003).

3.2 설문결과에 의한 수요함수 추정원리

표 1의 세 번째 질문에 대해 설명한 바와 같이 본 연구에서는 수요의 가격탄력성을 반영하기 위해 요금단가가 응답한 최대지불의사보다 각각 10%, 20%, 50%, 100% 상승

그림 2. WTP에 의한 수요곡선

그림 3. 개인별 의견의 종합

할 때 절수 가능량을 측정하였다. 이를 통해 1,000명의 설문응답자들로부터 획득한 자료 중 무응답 및 일관성이 결여된 응답(표 1의 1번 질문과 2번 질문의 응답이 상반된 경우), 지불의사가 없는 응답자 등을 제외한 762개의 자료를

바탕으로 수요함수를 추정하였다. 한편, 설문조사 결과 측정된 지불의사액은 그림 2와 같이 기본적으로 5개의 정보를 제공한다. 현재 응답자의 가정에서 사용하고 있는 생활용수 수량에 대한 최대지불의사액은 그림 2의 수요곡선상의 a점과 같이 나타낼 수 있으며, 현재의 지불의사액 대비 요금상승률 10%, 20%, 50%, 100%에 대한 용수사용 절감량은 각각 점 b, c, d, e와 같이 나타낼 수 있다. 이렇게 측정된 개인별 응답결과는 그림 3에서와 같이 전체 응답자의 지불의사액들을 모두 반영하여 도시할 수 있으며, 이와 같은 지불의사액 분포로부터 적절한 수요함수 모형을 사용하여 생활용수 수요함수를 추정하게 된다.

3.3 생활용수 수요함수의 추정

3.3.1 종속변수와 설명변수의 선택

수요함수 모형을 구성하기 위한 첫 단계는 종속변수와 설명변수의 선택이다. 즉, 모형을 통해 추정하고자 하는 결과를 종속변수로 설정하고 종속변수에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 설명변수로 선택하여야 한다. 일반적으로 수요함수의 형태는 소비자의 수요의도인 수요량을 종속변수로 설정하고 수요의도에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인들을 설명변수로 설정한다. 그러나 본 연구는 생활용수 편익산정을 목적으로 하였고, 이를 위해 소비자들의 현재 용수사용량에 대한 최대지불의사를 유도하였으므로 실제 편익으로 측정될 수 있는 가격(지불의사)을 종속변수로 수요량(수요의사)을 설명변수로 설정하였다. 또 다른 설명변수로서 가구별 소득수준은 수요자들이 평가하는 용수의 가치와 지불의사액을 평가하는데 있어서 중요변수가 될 수 있으며, 김희수 등(2008)의 연구와 같이 가구당 거주인수에 따른 1인 1일 사용량의 경우 거주인수가 증가함에 따라 원단위 감소가 뚜렷하게 나타나고 있는 점을 고려하여 가구원수를 설명변수로 설정하였다. 한편, 주거형태 또한 주요한 변수로 고려할 수 있으나, 설문결과 주거형태에 대해서는 총량적으로 큰 차이가 없고 용수항목별로도 일치된 경향을 보이지 않으므로 지불의사액 역시 크게 의존적이지 않을 것으로 판단하여 우선적으로 수요량과 가구원수와 가구소득을 수요함수 추정의 설명변수로 선정하였다.

3.3.2 수요함수의 추정

우선적으로 본 연구에서는 이차다항식에 의한 수요함수를 고려하였으나, 2차항의 계수가 음을 나타내어 ‘한계효용체감의 법칙’을 만족하지 않는 결과를 보였다. 그리하여 보다 간단한 형태인 식 (1)과 같은 선형형태의 함수를 고려하였으며, 수요함수 추정결과는 표 2와 같다.

$$P = \beta_0 + \beta_1 Q + \beta_2 I + \beta_3 F + \varepsilon \quad (1)$$

여기서, P 는 생활용수의 1인당 단위가격(원/㎥/인), Q 는 1인당 월평균 생활용수의 수요량(㎥/월/인), I 는 1인당 월평균 소득(천원), F 는 가구당 가구원수이다.

표 2에 나타나 있듯이, 선형 수요함수 모형은 F-검정의 귀무가설을 기각시키며 소득변수의 계수 β_2 를 제외하고 t-검정의 귀무가설도 모두 여유있게 기각하였다. 수요량 Q 의 계수 β_1 은 음의 부호를 나타내어 ‘수요법칙’을 만족한다. 가구

표 2. 생활용수 수요함수의 추정결과

독립변수		추정계수	표준오차	t-Value	P-Value
β_0		512.261	12.064	42.461	0.000
Q	β_1	-2.712	0.260	-10.437	0.000
I	β_2	0.003	0.006	0.450	0.652
F	β_3	-64.694	2.191	-29.534	0.000
F-Statistic		469.065			0.000

표 3. 소득변수를 제외한 생활용수 수요함수의 추정결과

독립변수		추정계수	표준오차	t-Value	P-Value
β_0		516.336	7.977	64.724	0.000
Q	β_1	-2.716	0.260	-10.459	0.000
F	β_2	-65.137	1.957	-33.277	0.000
F-Statistic		706.643			0.000

원수 F 의 계수 β_3 도 음의 부호를 나타내어 수요량 Q 와 역의 관계가 성립한다. 즉, 가구원수가 증가할수록 1인당 물 수요량은 감소하였다. 이는 가구 내에서 가족수외는 무관하게 기본적으로 사용하는 용도의 생활용수가 있음을 나타내며 김희수 등(2008)이 실제 계측을 통해 수행한 연구결과와도 일치하는 것이다.

소득변수 I 의 계수 β_2 는 2차다항식 모형과 마찬가지로 종속변수에 대해 유의하지 않은 것으로 나타났다. 즉, 현재의 수도요금에 소득이 변수가 되지 않을 정도로 저렴하고 일반적으로 가구원수의 증가에 따라 가구소득은 증가하는 경향을 나타내므로, 지불의사액 및 수요량은 소득보다는 가구원수의 영향을 받고 있을 것으로 해석할 수 있다. 따라서 기존 연구들에서 제시된 양의 소득탄력성이 가구당 수요량에 대해 도출된 결과라면 소득이 수요량에 미치는 영향이 잘못 해석되었을 소지가 있을 것으로 판단된다. 표 2의 결과에 따라 본 연구에서는 선형 수요함수 모형에서 소득변수를 제외하여 식 (2)와 같이 최종적인 수요함수를 도출하였다. 모형의 추정결과는 표 3에 나타나 있다.

$$P = 516.336 - 2.716Q - 65.137F \quad (2)$$

3.3.3 수요함수에 의한 생활용수 공급편익의 산정

수요함수로부터 실제 수자원사업의 생활용수 공급편익을 산정하기 위해서는 우선 개별수요(individual demand)와 시장수요(market demand)의 개념을 구분하여야 한다. 개별수요란 각 개인의 수요를 의미하며, 시장수요란 시장 전체의 수요로서 각자의 개별수요들을 합계한 것이다. 본 연구에서 도출한 식 (2)는 생활용수 소비자 개개인의 용수수요를 바탕으로 수요함수를 도출한 것이므로 개별수요에 해당한다. 따라서 시장 전체의 수요에 의한 편익은 개별수요곡선으로부터 시장수요곡선을 유도하여야 한다. 선형 회귀모형을 이용한 식 (2)의 수요함수는 단지 개별수요자들의 인구수를 곱하면 시장수요곡선으로 변환할 수 있다.

시장수요함수가 유도되면 생활용수 공급편익은 식 (3)과 같이 수요함수를 수요량 Q 에 대해 적분하여 산정할 수 있다. 즉, 생활용수공급편익 B 는 그림 4에 나타난 것과 같이 용수공급 후의 소비자잉여 CS_1 과 소비자지출 P_1Q_1 의 합에서

그림 4. 소비자 잉여에 의한 생활용수 공급편익의 개념

용수공급 전의 소비자잉여 CS_0 와 소비자지출 P_0Q_0 를 차감해 줌으로써 산정할 수 있으며, 이는 수요곡선을 수요량 Q_0 에서 Q_1 까지의 구간에 대해 적분한 값이 된다. 본 연구에서 도출된 수요함수는 1차식이므로 간단하게 적분하면 편익함수를 도출할 수 있다.

$$B = (CS_1 + P_1Q_1) - (CS_0 + P_0Q_0) = \int_{Q_0}^{Q_1} PdQ \quad (3)$$

식 (3)은 수요량이 증가했을 때의 편익산정 개념을 나타낸 것이다. 그러나 실제 댐이나 광역상수도과 같은 용수공급사업은 수요자 개개인의 용수 소비량 증가만을 목표로 하지 않는다. 오히려 대다수 사업의 목표는 급수보급률 개선이나 도시개발로 인한 신규수요에 대처하기 위한 것이다. 물론 생활수준의 향상으로 인해 생활용수 소비량의 증가가 예상된다면 두 가지 측면 모두를 목표로 할 수 있다. 따라서 실제 사업에 대한 편익을 산정하는 과정에서는 이와 같은 두 가지 측면을 모두 고려해야만 한다.

위의 두 가지 측면을 경제학적으로 더 구체화시키면 생활용수 공급편익은 일반적인 소비재와 마찬가지로 수요측면에서 소비량 증가와 수요처 증가로 나누어 생각할 수 있다. 소비량 증가에 의한 편익이란 개인들의 용수 소비량이 증가함으로써 소비자가 느끼는 효용증가를 편익으로 산정하는 것이며, 공급측면에서 볼 때 단위급수량의 증가로 발생한다. 수요량의 증가는 수요곡선상의 이동으로 나타난다. 반면, 수요처 증가에 의한 편익이란 대상지역의 용수 시장이 확대됨으로써 증가된 수요를 편익으로 산정하는 것이며, 공급측면에서 볼 때 급수인구의 증가로 발생한다. 그림 5는 이 같은 편익산정 개념을 나타내고 있다. 수요량 증가 측면을 보면 수요곡선 D 에서 현재 수요량에 대한 생활용수의 가격이 P_0 이고 그때의 수요량이 Q_0 라고 하면 생활용수 소비량이 Q_1 으로 증가될 때 편익은 Q_0 와 Q_1 사이 구간에서 수요곡선 아랫부분의 면적이라 할 수 있다. 반면, 수요 증가 측면을 보면 수요곡선 D 에서 현재 수요량에 대한 생활용수의 가격은 P_0 로 일정한데 비해서 수요 증가로 인해 수요곡선이 D' 로 평행이동하면 편익은 Q_0 와 Q_0' 사이 구간에서 두 곡선 사이의 면적이라 할 수 있다.

따라서 최종적인 편익은 이 두 가지 면적을 합하여 산정할 수 있다. 수학적으로는 수요량 증가와 수요처 증가를 모두 반영한 수요곡선 D' 의 수요량 Q_0' 과 Q_1' 사이의 적분 값에서 원래의 수요곡선 D 의 수요량 Q_0 에서의 Q_0 사이의 적분 값을 감해주는 것이 된다. 즉, 내용상의 의미는 현재의 생활

그림 5. 수요함수에 의한 생활용수 공급편익 산정

용수 수요량이 편익에 반영될 수 없으므로 제외하는 것이다. 이상과 같은 개념에 의해 최종적인 생활용수 공급에 의한 월평균 편익 B 는 식 (4.5)와 같이 산정할 수 있다.

$$B = F \times N' \int_{Q_0}^{Q_1} (\beta_1 + \beta_1 Q + \beta_2 F) dQ - F \times N \int_{Q_0}^{Q_0'} (\beta_0 + \beta_1 Q + \beta_2 F) dQ \quad (4)$$

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

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

$$Q_0 = q_0 \times 0.001 \times 30 \text{ days}$$

$$Q_1 = q_1 \times 0.001 \times 30 \text{ days}$$

여기서, N' 은 용수공급 목표년도의 급수인구, N 은 기준년도수의 급수인구, F 는 대상지역의 평균 가구원수이며, Q_0 와 Q_1 은 각각 기준년도와 목표년도의 1인당 월평균 생활용수 수요량($\text{m}^3/\text{월}/\text{인}$), q_0 와 q_1 은 각각 기준년도와 목표년도의 1인 1일 급수량(lpcd)×유수율이다.

4. 예제 적용 및 결과

4.1 대상사업 개요

수요함수를 이용한 생활용수 공급편익 산정을 위해서는 급수인구 및 급수보급률 등 수요추정을 위한 사항들과 기존 공급량 및 지자체의 장래 급수를 목표 등을 고려한 수급분석을 통해 과부족량을 산정하고 필요한 추가 공급량을 연도별로 추정해야 한다. 본 연구에서는 이러한 과정을 실제 다목적댐 건설사업을 예제로 설명하고자 한다. 예제 적용을 위해 선정한 대상사업은 현재 낙동강 지류 내성천에 건설중인 송리원 다목적댐(현 영주댐)으로서 낙동강 중하류 갈수기 하천유지용수 확보와 낙동강 본류 및 내성천 연안지역의 홍수재해방어, 경북북부지역(영주시, 상주시, 예천군)의 안정적인 용수공급이 주요 목적이다. 생활용수는 영주시와 상주시에 대해 공급하는 것으로 계획되어 있다. 본 연구에서 제시하는 모든 정보들은 「송리원다목적댐 건설사업 타당성조사 보고서」

(건설교통부·한국수자원공사, 2004)를 바탕으로 한 것이므로 현재의 영주다목적댐과 일부 내용에 차이가 있을 수 있다.

한편, 앞서 수요함수 도출을 위한 설문조사는 수도권에서 실시한 반면, 예제를 위한 대상사업은 경상북도에 위치한 송리원댐으로 선정하여 지역적으로 일치되지 않는다. 송리원댐을 선정한 일차적인 이유는 비교적 최근에 계획된 다목적댐에 의한 용수공급사업이기 때문이다. 그러나 근본적으로는 수요함수의 일반성에 관련된 사항으로 3장에서 언급하였듯이 수도권에 우리나라 용수시장을 대표할 만한 일반성이 있다고 가정한 것이지, 수도권이 지역적 의미를 갖는 것은 아니다. 수요함수 추정시 일반성 확보가 중요한 이유는 용수시장에 나타나는 외부적 효과를 제거하기 위함이다. 일례로 이현재(2003)가 서울 강남지역과 경기도 동두천 및 평촌지역에 대해 제한급수율별 지불의사액을 조사한 결과에 따르면, 2001년 심각한 제한급수를 경험한 동두천 지역이 소득수준이 높은 강남지역에 비해 지불의사가 배 이상 높은 것으로 나타났다. 반면 강남과 평촌의 지불의사액 차이는 두 지역의 평균소득격차에 기인한 것으로 보인다(이충성 등, 2006). 이 외에도 용수공급사업에 대한 이해관계나 환경문제(댐 건설 반대 등)와 같이 실제 물의 가치 이외의 문제가 반영될 수도 있다.

4.2 기본 현황분석 및 수요추정

기준년도(2003년)와 목표년도(2016년) 급수인구는 용수공급 대상지역의 계획인구에 급수보급률을 곱하여 산정한다. 본 연구는 표 4와 같이 「송리원다목적댐 건설사업 타당성조사 보고서」에서 제시된 현재 및 장래 계획인구에 급수보급률을 곱하여 기준년도와 목표년도의 급수인구를 산정하였다. 급수보급률은 자체의 상수도 보급의지와 밀접한 관계가 있으므로 지자체의 정책의사가 잘 반영된 지자체 수도정비 기본계획 및 수자원개발계획 등의 보급률을 감안하여야 한다. 한편, 목표년도의 생활용수 수요량을 산정할 때에는 상수도에 의한 공급량 뿐 아니라, 관광용수, 군사용수, 공항용수 등 생활용수 수요로 직접 포함되지 않는 기타용수와 지방자치단체의 각종 개발계획에 따른 사회적 인구증가로 인한 수요증가를 반영하여야 한다. 만일 장래인구 추정시 사회적 인구증가를 고려하였다면 기타용수에 대한 추가수요만 고려하면 된다. 본 연구에서는 이 같은 목표년도의 추가수요를 직접 급수인구에 포함하여 고려하였다. 「송리원다목적댐 건설사업 타당성조사 보고서」에서 제시한 대상지역의 기타용수 수요량과 개발가능 수요량을 나타낸 것이다. 기타용수와 개발가능 수요량은 급수량 기준으로 추가 급수인구는 이들 추가수요량을 목표년도 유수율에 곱하여 소비량 기준으

로 전환한 후, 목표년도의 1인 1일 급수량으로 나누어 산정할 수 있다.

일반적으로 1인 1일 급수량은 소비량 원단위 분석에 의한 추정값에 유수율을 고려하여 산정되는데, 단지 lpcd로 표시되는 단위는 급수량 원단위와 소비량 원단위의 구별이 모호하므로 반드시 급수량 원단위를 나타내는지 확인하여야 한다. 유수율은 전국수도종합계획(환경부, 2007)에서 제시되어 있는 전국평균 유수율 현황 및 전망치를 참고하였다. 유수율의 경우 목표년도인 2016년 전망치는 제시되지 않아 2015년 유수율(84.3%)을 사용하였다. 2001년 계획인구와 보급률, 급수량 원단위는 상수도통계(환경부, 2002), 2006년 이후의 계획인구와 보급률 전망은 2006년 이후의 보급률 전망은 광역상수도 및 농업용수도 수도정비 기본계획(건설교통부, 2004)의 자료를 참고하였으며, 2006년 이후의 급수량 원단위 전망은 별도로 추정하였다.

가구원수는 수요함수 추정시 고려된 설명변수로서 식 (4)의 생활용수 편익함수의 적용을 위해 대상지역의 평균가구원수를 조사하였다. 평균가구원수는 5년마다 조사되는 인구주택총조사 자료를 활용 할 수 있는데, 본 연구에서는 인구·주택총조사보고서(통계청, 2000)의 가구편에 제시된 시군구 단위의 세대구성/가구원수별 가구(일반가구) 자료를 참고하였으며, 영주시와 상주시의 평균 가구원수는 각각 2.9명, 2.7명으로 조사되었다. 목표년도의 증가된 수요량 중에서 대상사업에 의해 공급되는 수량만큼을 생활용수 공급에 의한 편익으로 산정할 수 있다. 따라서 식 (4)에 의해 산정된 편익에 목표년도 대상사업의 공급비율을 적용하여 대상사업에 의한 편익을 산정할 수 있다. 대상사업의 공급비율은 식 (5)와 같이 산정할 수 있다.

$$\text{목표년도 대상사업의 공급비율(\%)} = \frac{\text{목표년도 대상사업에 의한 생활용수공급량}}{(\text{목표년도 수요량} - \text{기준년도 수요량})} \quad (5)$$

식 (5)에서 목표년도와 기준년도의 수요량은 앞서 조사한 급수인구와 1인 1일 급수량을 곱하여 산정할 수 있으며, 목표년도 대상사업에 의한 생활용수 공급량은 용수수급분석에 의한 값을 이용할 수 있다. 즉, 목표년도 생활용수 수요량과 공급능력을 비교하여 생활용수 과부족량을 산정한 후, 대상사업에 의한 생활용수 공급량을 결정하여야 한다. 이를 위해서는 목표년도 이전까지의 생활용수 공급능력 확충계획을 사전에 조사하여야 할 것이다.

4.3 수급분석에 의한 공급량 산정

상기와 같은 자료조사를 통해 편익을 산정하기 위해서는 생활용수 수급분석이 선행되어야 한다. 표 5는 조사된 자료를 바탕으로 대상지역의 생활용수 수급분석 결과를 정리한 것이다. 수급분석시 계획인구, 급수보급률, 1인 1일 급수량, 유수율, 기타 및 추가수요량(기타+개발가능)은 해당연도의 자료가 없을 경우 선행보간 하였다. 대상지역 중에서 예천군은 과부족량이 발생하지 않으므로 편익산정 대상지역에서 제외하였다. 생활용수 공급편익은 완공년도부터 발생하는데 수요량 증가에 따라 편익이 증가하다가 목표년도인 2016년 이후부터는 일정액이 발생한다. 수급분석 결과를 활용하여 기준연도인 2003년과 편익발생 시작연도인 2011년 이후의 연간

표 4. 인구, 보급률, 기타용수 수요량, 개발가능 수요량

구분	2001	2006	2011	2016 (목표년도)
인구(명)	309,418	292,000	273,200	256,500
급수보급률(%)	62.2	76.9	82.2	85.4
기타용수수요량(m ³ /일)		4,460	4,510	4,510
개발가능수요량(m ³ /일)		4,500	7,900	11,400
1인 1일 급수량(lpcd)	295	334	359	371

표 5. 생활용수 수급분석(단위: m³/일)

수급분석		'03 (기준)	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11 (완공)	'12	'13	'14	'15	'16 (목표)
계획인구(명)	영주	128,924	127,383	125,841	124,300	123,320	122,340	121,360	120,380	119,400	118,320	117,240	116,160	115,080	114,000
	상주	122,277	120,751	119,226	117,700	116,240	114,780	113,320	111,860	110,400	109,140	107,880	106,620	105,360	104,100
급수보급율(%)	영주	76.3	78.5	80.6	82.8	83.7	84.6	85.6	86.5	87.4	88.2	89.1	89.9	90.8	91.6
	상주	59.4	64.5	69.7	74.8	76.2	77.5	78.9	80.2	81.6	83.1	84.6	86.2	87.7	89.2
1인1일급수량(lpcd)	영주	269	292	316	339	345	351	358	364	370	372	374	376	378	380
	상주	299	313	326	340	345	349	354	358	363	365	368	370	373	375
유수율(%)	영주	78.4	78.4	79.0	79.6	80.3	80.9	81.5	82.1	82.5	83.0	83.4	83.9	84.3	84.7
	상주	78.4	78.4	79.0	79.6	80.3	80.9	81.5	82.1	82.5	83.0	83.4	83.9	84.3	84.7
기타용수수요량	영주	-	-	-	2,160	2,170	2,180	2,190	2,200	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210
	상주	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
개발가능수요량	영주	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	상주	-	-	-	4,500	5,180	5,860	6,540	7,220	7,900	8,600	9,300	10,000	10,700	11,400
추가수요량	영주	-	-	-	2,160	2,170	2,180	2,190	2,200	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210	2,210
	상주	-	-	-	4,500	5,180	5,860	6,540	7,220	7,900	8,600	9,300	10,000	10,700	11,400
생활용수수요량	영주	26,461	29,220	32,031	37,050	37,810	38,567	39,322	40,073	40,822	41,049	41,270	41,484	41,691	41,891
	상주	21,717	24,365	27,105	34,433	35,687	36,931	38,165	39,389	40,601	41,748	42,884	44,008	45,121	46,221
생활용수과부족량(+)	영주	0	3,000	6,006	4,148	5,256	6,340	7,403	8,446	9,470	9,696	9,915	10,128	10,335	10,535
	상주	-7,449	-4,816	-2,087	4,819	6,070	7,311	8,543	9,764	10,974	12,119	13,253	14,375	15,486	16,586
대상사업 생활용수공급량	영주									9,470	9,696	9,915	10,128	10,335	10,535
	상주									11,001	12,148	13,284	14,408	15,521	16,621

표 6. 대상지역의 생활용수 공급비율 산정(단위: %)

구 분		2003 (기준)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
생활용수수요량 (m³)	영주시	26,461	40,822	41,049	41,270	41,484	41,691	41,891
	상주시	21,717	40,601	41,748	42,884	44,008	45,121	46,221
대상사업공급량 (m³)	영주시	-	9,470	9,696	9,915	10,128	10,335	10,535
	상주시	-	11,001	12,148	13,284	14,408	15,521	16,621
대상사업의 공급비율	영주시	-	65.95	66.47	66.96	67.42	67.86	68.28
	상주시	-	58.26	60.65	62.76	64.64	66.32	67.83

편익을 산정하는데 목표연도인 2016이후부터 편익발생 이후 50년 후인 2060년까지는 매년 동일한 편익이 적용된다. 여기서 수요량과 공급량은 모두 급수량(실수요) 기준이며, 1인 1일 급수량은 소비량 원단위 분석에 의한 추정값에 유수율을 고려하여 산정하였다.

급수인구는 계획인구에 급수보급율을 곱하여 산정하는데 기준년도 이외의 연도는 추가 급수인구를 고려한다. 추가 급수인구는 추가수요량을 1인 1일 급수량으로 나누어 산정할 수 있다. 추가 급수인구 산정은 식 (6)에 따른다. 1인당 월 평균 수요량은 1인 1일 급수량에 유수율과 월간일수(30일)를 곱하여 산정할 수 있다. 완공년도(2011) 급수인구는 영주시 110,329명, 상주시 111,849명, 목표연도(2016) 급수인구는 영주시 110,240명, 상주시 123,257명으로 산정되었다.

$$\text{추가 급수인구(명)} = \frac{\text{추가수요량(m}^3\text{/일)}}{0.01 \times \text{1인1일급수량(l/일/명)}} \quad (6)$$

송리원댐 완공 후 편익발생 시점부터 목표연도까지의 대상 사업에 의한 생활용수 공급비율은 식 (5)에 의해 산정하였으며, 산정결과는 표 6과 같다. 산정을 위해 필요한 기준년도

및 목표연도의 생활용수 수요량과 대상사업에 의한 공급량은 표 5의 수급분석 결과에 의한 것이다.

4.4 편익 산정 결과

연평균 편익은 앞서 산정한 급수인구, 월평균 편익, 평균 가구원수를 식 (4)에 대입하여 월평균 편익을 산정하고, 연간 공급월수(12개월)를 곱한 후, 대상사업의 공급비율을 적용하였다. 표 7은 연평균편익 산정 결과로, 연평균편익은 완공년도인 2011년 5,792,041 천원에서 조금씩 증가하다가 목표년도인 2016년 이후에는 7,886,555 천원으로 산정되었다. 표 8은 연평균편익들을 현재가치화하여 총편익을 산정한 결과로, 현재가치화에 사용한 할인율은 「에비타당성조사 「일반지침(제4판)」의 수정·보완 : 사회적 할인율의 조정」(한국개발연구원, 2007)에 따라 운영후 30년간 5.5%, 나머지 20년간 4.5%를 적용하였으며, 총편익은 90,075.2 백만원으로 산정되었다.

총사업비는 공사비, 보상비, 댐 주변지역 사업비, 생태계 보전 협력금, 공사관리비를 포함하는 총건설비에 유지관리비

표 7. 대상지역의 생활용수 공급에 의한 연평균 편익 산정

구 분		2011 (완공)	2012	2013	2014	2015	2016이후 (목표)
기준년도 급수인구 N (명)	영주시	98,369	98,369	98,369	98,369	98,369	98,369
	상주시	72,633	72,633	72,633	72,633	72,633	72,633
편익년도 급수인구 N' (명)	영주시	110,329	110,346	110,346	110,329	110,293	110,240
	상주시	111,849	114,253	116,595	118,876	121,097	123,257
평균 가구원수 F (명)	영주시	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
	상주시	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
기준년도 1인당 월평균 수요량 Q_0 (m^3)	영주시	6.327	6.327	6.327	6.327	6.327	6.327
	상주시	7.032	7.032	7.032	7.032	7.032	7.032
편익연도 1인당 월평균 수요량 Q_1 (m^3)	영주시	9.162	9.261	9.360	9.459	9.560	9.660
	상주시	8.989	9.096	9.205	9.313	9.423	9.533
편익연도 대상사업의 공급비율 (%)	영주시	65.95%	66.47%	66.96%	67.42%	67.86%	68.28
	상주시	58.26%	60.65%	62.76%	64.64%	66.32%	67.83%
편익년도 월평균 편익 (천원)	영주시	923,378	933,072	942,660	952,137	961,497	970,737
	상주시	891,061	920,701	950,335	979,951	1,009,541	1,039,094
기준년도 월평균 편익 (천원)	영주시	575,477	575,477	575,477	575,477	575,477	575,477
	상주시	456,374	456,374	456,374	456,374	456,374	456,374
생활용수 소비에 대한 총연평균편익 (천원)	영주시	4,174,813	4,291,144	4,406,199	4,519,919	4,632,246	4,743,121
	상주시	5,216,241	5,571,919	5,927,522	6,282,925	6,638,005	6,992,634
해당사업에 의한 연평균편익 (천원)	영주시	2,753,222	2,852,131	2,950,184	3,047,300	3,143,403	3,238,414
	상주시	3,038,819	3,379,174	3,719,988	4,061,050	4,402,165	4,743,152
	계	5,792,041	6,231,305	6,670,171	7,108,350	7,545,568	7,886,555

표 8. 총편익 산정(단위: 백만원)

연도	연간편익	현재가치편익	연도	연간편익	현재가치편익	연도	연간편익	현재가치편익	연도	연간편익	현재가치편익
2011	5,792.0	3,774.1	2024	7,981.6	2,592.9	2037	7,981.6	1,292.7	2050	7,981.6	708.9
2012	6,231.3	3,848.6	2025	7,981.6	2,457.7	2038	7,981.6	1,225.3	2051	7,981.6	678.4
2013	6,670.2	3,904.9	2026	7,981.6	2,329.6	2039	7,981.6	1,161.4	2052	7,981.6	649.2
2014	7,108.3	3,944.5	2027	7,981.6	2,208.2	2040	7,981.6	1,100.9	2053	7,981.6	621.2
2015	7,545.6	3,968.8	2028	7,981.6	2,093.0	2041	7,981.6	1,053.5	2054	7,981.6	594.5
2016	7,981.6	3,979.3	2029	7,981.6	1,983.9	2042	7,981.6	1,008.1	2055	7,981.6	568.9
2017	7,981.6	3,771.8	2030	7,981.6	1,880.5	2043	7,981.6	964.7	2056	7,981.6	544.4
2018	7,981.6	3,575.2	2031	7,981.6	1,782.5	2044	7,981.6	923.2	2057	7,981.6	520.9
2019	7,981.6	3,388.8	2032	7,981.6	1,689.5	2045	7,981.6	883.4	2058	7,981.6	498.5
2020	7,981.6	3,212.2	2033	7,981.6	1,601.5	2046	7,981.6	845.4	2059	7,981.6	477.0
2021	7,981.6	3,044.7	2034	7,981.6	1,518.0	2047	7,981.6	809.0	2060	7,981.6	456.5
2022	7,981.6	2,886.0	2035	7,981.6	1,438.8	2048	7,981.6	774.1	합계	90,075.2	
2023	7,981.6	2,735.5	2036	7,981.6	1,363.8	2049	7,981.6	740.8			

를 포함하여 현재가치화하여 산정하였으며, 693,884 백만원이다. 여기서 댐 및 부대구조물에 대한 유지관리 및 개보수비는 댐설계기준(2003, 건설교통부)에 따라 공사비의 0.5%로 하였다. 참고로, 송리원댐 타당성조사(2004.9)에서 분리비용잔여편익법을 통해 제시한 사업목적별 부담율은 용수공급 86.82%, 홍수조절 11.34%, 수력발전 1.85%이다. 용수공급 사업비 부담율 86.82%에 생활용수가 차지하는 용량비율 5.066%를 고려하면 생활용수의 부담율은 4.398%로, 총사업비 693,884 백만원 중에서 생활용수의 사업비는 30,519.6 백만원으로 간주할 수 있다.

5. 결 론

기존에는 다목적댐의 용수공급편익 산정시 대체댐비용법이 일반적으로 이용되어왔으나, 경제학적 측면에서 근거가 없는 등 문제제기가 끊이지 않아왔다. 즉, 기존의 대체댐비용법은 여러 개의 대안(댐)들 중에서 경제성분석을 통해 최선의 대안을 결정해 놓은 상태에서 대체되는 시설로서 2순위의 댐을 설정하였기 때문에 무조건 경제성분석 결과가 좋게 나올 수밖에 없다. 이에 본 연구에서는 생활용수를 직접 사용하는 일반 시민을 대상으로 생활용수 수요함수를 추정하여 다목

적 댐과 같은 용수공급사업의 경제적 편익 산정에 활용하고자 하였다. 생활용수 수요함수 추정을 위해 수도권지역에서 1,000가구를 대상으로 지불의사액을 측정하였고, 이를 이용하여 도출된 생활용수 수요함수는 적용성 검증을 위해 낙동강 제1지류인 내성천에 계획된 송리원다목적댐(현 영주댐)에 예제로 적용하였다.

본 연구에서는 실제 용수공급사업의 효용을 얻는 수요자인 일반 시민을 대상으로 편익을 산정하였기 때문에 기존의 대체비용법에 비해 경제학적 측면에서 더 의미있는 가치를 추정하였다고 생각된다. 본 연구의 생활용수 수요함수 도출과 이를 통한 편익산정 과정에서의 성과와 보완사항을 요약하면 다음과 같다.

1. 설문기법과 절차상에 방법론적 문제가 없더라도 설문문항의 어휘선택 및 질문방식 등 미세한 사항에 따라 지불의사 결과는 큰 영향을 받으므로 세심한 주의가 필요하다. 일례로 설문응답자는 자신의 답변이 수도요금 인상의 원인이 될 수 있는지 의심할 수 있다.
2. 본 연구는 수도권을 대상으로 수요함수를 도출하였다. 이는 수요함수에 미치는 외부적 효과를 제거할 목적으로 전국적인 대표 수요함수를 도출하기 위한 것이다. 그러나 상습 물부족지역 등 특수한 경우, 사업의 타당성에 대한 의사결정을 위해서는 대상지역에 대한 설문이 필요할 수도 있다. 다만 이 경우, 생활용수의 가치와 상관없는 외생변수(댐 건설 반대 등)가 개입될 여지가 있으므로 표본선정에 신중을 기해야 한다.
3. 우리나라의 공공적 용수공급체제로 인한 응답자들의 가치 불감증이나 전략적 행위 등은 본 연구를 포함하여 많은 연구에서 문제가 되어왔다. 용수의 수요함수 추정시 이 문제에 대한 해결여부가 결과의 실용성 판단의 잣대가 될 것이다.

참고문헌

건설교통부(2001) **댐개발계획 수립조사보고서**.
 건설교통부(2004) **광역상수도 및 농업용수도 수도정비 기본계획**.
 건설교통부·한국수자원공사(2004) **송리원다목적댐 건설사업 타당성조사 보고서**.
 구세주, 유승훈(2010) 전국 생활용수의 경제적 가치 평가: 가정용수 대 비가정용수, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제43권 제11호, pp. 957-965.
 광승준, 이충기, 김기주(2004) 수도요금 현실화가 용수수요 미치는 영향, **서울도시연구**, 서울시정개발연구원, 제5권 제3호, pp. 85-98.
 김광임(1996) **상수도 수요 예측을 반영한 공급정책 방향 연구: 상수도 수요 모형 개발**. 한국환경기술개발원.
 김동진(2004) **비용편익분석**. 박영사.
 김중원, 박태선(2001) **물 수요분석을 통한 합리적 수자원 정책방향 수립에 관한 연구-도시 생활용수를 중심으로**. 국토연구원.
 김추운(1991) **서울시 생활용수 수요에 관한 연구**. 박사학위 논문, 건국대학교.
 김희수, 이두진, 김주환, 김정현, 정관수(2008) 가정용수의 용도별 사용량 조사 및 원단위 분석, **한국수자원학회 학술발표회**, 한국수자원학회, pp. 869-877.
 노기성, 김대우, 김혜승(1987) **상수도 요율체계 합리화 방안**. 국토개발연구원.
 박두호, 박윤신(2007) **기후상황시 생활용수 가치 추정**, **한국수자**

원학회 학술발표회, 한국수자원학회, pp. 487-492.
 심명필(2003) 수자원 경제성분석 입문(14), **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제36권 제1호.
 유승훈(1996) **장기한계비용을 이용한 최적수도요금 결정에 관한 연구**, 석사학위논문, 서울대학교.
 유승훈, 박광섭(2006) 서울시 가정용수 공급의 경제적 편익 추정, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제39권 제12호, pp. 1057-1066.
 이석원(2004) 지방자치단체의 댐용수 수요함수, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제37권 제2호, pp. 66-73.
 이충성, 박교, 최승안, 심명필(2006) 피해함수 산정을 통한 물 부족 상황에서의 용수배분 방안, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제39권 제5호, pp. 431-440.
 이현재(2003) **가뭄시 용수배분을 고려한 저수지 운영**. 박사학위논문, 인하대학교, pp. 63-81.
 통계청 (2000) **인구·주택총조사보고서**.
 한국개발연구원(2007) **예비타당성조사 「일반지침(제4판)」의 수정·보완: 사회적 할인율의 조정**.
 한국개발연구원(2008) **예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정 보완 연구(제5판)**.
 한국수자원공사(1998) **수자원개발의 경제성 분석모델 개발**.
 환경부(2002) **상수도통계연보 2001**.
 환경부(2006) **상수도통계연보 2005**.
 환경부(2007) **전국수도종합계획**.
 Bartzak, A., Kopanska, A. and Raczka, J. (2009) Residential water demand in a transition economy: Evidence from Poland, *Water Science and Technology: Water Supply*, Vol. 9, No. 5, pp. 509-516.
 Billings, R.B. and D.E. Agthe (1980) Price elasticities for water: A case of increasing block rates, *Land Economics*, Vol. 56, No. 1, pp. 73-84.
 Bithas, K. and Stoforos, C. (2006) Estimating urban residential water demand determinants and forecasting water demand for athens metropolitan area, 2000-2010, *South-Eastern Europe Journal of Economics*, Vol. 1, pp. 47-59.
 Dalhuisen, J.M., Florax, R.J.G.M., de Groot, H.L.F.M. and Nijkamp, P. (2001) *Price and Income Elasticities of Residential Water Demand*, Tinbergen Institute Discussion Paper, TI 2001-057/3, Tinbergen Institute.
 Espey, M.J. and Shaw, W.D. (1997) Price elasticity of residential demand for water: A meta-analysis, *Water Resource Research*, Vol. 33, No. 6, pp. 1369-1374.
 Foster, H.S. and Beattie, B.R. (1979) Urban residential demand for water in the United States, *Land Economics*, Vol 55, Np. 1, pp. 43-58.
 Foster, H.S. and Beattie, B.R. (1981) On the specification of price in studies of consumer demand under block price scheduling, *Land Economics*, Vol. 57, No. 2, pp. 624-629.
 Howe, C.W. and Linaweaver, F.P. (1967) The impact of price on residential water demand and its relationship to system design and price structure, *Water Resources Research*, Vol. 3, No. 1, pp. 13-32.
 Morgan, W.D. and Smolen, J.C. (1976) Climatic indicators in the estimation of municipal water demand, *Water Resources Bulletin*, Vol. 12, No. 3, pp. 511-518.
 Renzetti, S. (1992) Estimating the Structure of Industrial Water Demands: The Case of Canadian Manufacturing, *Land Economics*, Vol. 68, No. 4, pp. 396-404.
 Zhou, Y. and Tol, R.S.J. (2005) Economic analysis of domestic, industrial and agricultural water demands in China, *Water Science and Technology: Water Supply*, Vol. 5, No. 6, pp. 85-93.
 통계청 DB(<http://www.kosis.kr>)

(접수일: 2012.5.4./심사일: 2012.6.13/심사완료일: 2012.6.17.)