

Measuring benefits of providing water for environmental improvement in Daechi-stream and Ji-stream

Seungjee Hong*

Department of Agricultural Economics, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: hseungj@cnu.ac.kr

Abstract

This study attempts to estimate the benefits of using water ensuing from the Chilgap multi-purpose reservoir for environmental improvement. The contingent valuation method (CVM) was used to elicit the willingness to pay (WTP) for providing environmental improvement water from the Chilgap reservoir to Daechi-stream and Ji-stream. The DCDB (double-bound dichotomous choice) survey method was used to collect data for the analysis. Due to the usually high cost of increasing the sample size, the use of follow-up questions was implemented as an inexpensive method of improving the efficiency of the estimation. A spike model was used in this study because a number of respondents showed zero WTP. The spike model can be estimated as easily as the conventional model. Results show that the average annual household's WTP is 4,516 won using the conventional model and 8,644 won using the spike model. Applying the estimated average annual household's WTP to the Chungnam and Daejeon regional levels, the benefits of environmental improvement water from the Chilgap reservoir is estimated at 11.9 billion won per year. The temporal benefits of providing water for environmental improvement, for a 50-year period at a 6.0% discount rate, is estimated at about 190 billion won in the Chungnam and Daejeon areas. These results could be useful especially when the government tries to determine an appropriate level of investment and to make a policy related to providing environmental improvement water.

Keywords: contingent valuation, environmental improvement water, spike model

Introduction

국민들의 여가 활동과 생활 환경에 대한 관심이 높아지면서 하천 수자원 관리의 패러다임도 과거 생활용수, 공업 및 농업용수 공급과 가뭄 및 홍수 방지 중심에서 최근에는 하천 수질 및 경관 개선, 물놀이 등 레크리에이션을 위한 친수공간 확보 등 환경개선에 대한 요구를 반영하는 다기능 중심으로 변화하고 있다(Lee et al., 2013; Eom, 2015).

하천 수자원에 대한 패러다임 변화를 반영하여 2007년 공포된 하천법에서 환경개선용수에 대한 개념을 제도적으로 정립하였으며, 한국개발연구원(KDI, Korea Development Institute)에서 수행하는 예비 타당성 조사에서도 2008년 이후부터 환경개선용수를 용수 수요의 신규 항목으로 추가하였다(KDI, 2008). 수변 및 생태계 환경개선과 레크리에이션 활동을 위한 환경개선용수의 편익 측정과 관련된 국내외 연구들은 대부분 환경개선용수 공급이 비시장적 서비스를 제공하는 것



OPEN ACCESS

Citation: Hong SJ. 2016. Measuring benefits of providing water for environmental improvement in Daechi-stream and Ji-stream. Korean Journal of Agricultural Science 43:275-287.

DOI: <http://dx.doi.org/10.7744/kjoas.20160030>

Editor: Soungun Kim, Chungnam National University, Korea

Received: February 23, 2016

Revised: March 4, 2016

Accepted: March 7, 2016

Copyright: ©2016 Korean Journal of Agricultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

으로 취급하여 환경 재화의 가치 측정에 활용되고 있는 조건부 가치 측정법(contingent valuation method; 이하 CVM)¹⁾을 적용하고 있으며(Johnson and Adams, 1988; Hansen and Hallam, 1991; Lee et al., 2013; Eom, 2015), KDI (2008)와 MOLIT (2015)에서도 환경개선용수의 편익 산정에서 조건부 가치 측정법을 적용하도록 하고 있다.

최근 환경개선용수의 편익을 측정한 국내 연구로는 Lee et al. (2013)과 Eom (2015)이 있다. Lee et al. (2013)은 전북 완주군에 위치한 상관 저류지의 댐 조성에 따른 전주천 환경개선용수 공급의 편익을 추정하고자 하였다. 편익 추정을 위해 국민들의 지불의사액(willingness to pay; 이하 WTP)을 유도할 수 있는 설문 조사 기법인 CVM을 적용하였으며, 특히 WTP가 영인 응답자들을 다루기 위해 스파이크 모형(spike model)을 적용하였다. 분석결과 환경개선용수 공급 편익은 사업지에 대해 가구당 연간 1,394원, 비사업지에 대해 가구당 연간 2,238원으로 추정되었다. Eom (2015)은 경북 영덕군 영덕오십천을 사례로 CVM을 적용하여 환경개선용수 공급에 따른 편익을 측정하고자 하였다. 기존 CVM 방법론에 여행 비용 접근의 주요 변수인 거리 변수를 포함하여 시장 영역을 설정하는 데 활용하였으며, CV 문항에 대한 저항응답²⁾들을 WTP 응답과 결합·추정하여 잠재적 편익을 줄이고자 하였다. 분석 결과 대상 하천으로부터 먼 거리에 거주할수록 응답자들의 WTP가 작아지는 거리-소멸 관계가 나타났으며, 거리변수의 형태에 따라 WTP 변화율도 상이하게 나타났다. 전체표본, 저항응답 삭제, 그리고 표본 선택 모형 추정 등 저항응답의 처리에 따라 제시 금액 변수의 계수 추정치에 상당한 차이가 있었으며, 결과적으로 표본 WTP도 저항 응답 제외 표본은 2,000원 내외인 반면 표본 선택 모형은 6,000원 정도로 측정되어 3배가량 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 다루고 있는 사후 평가 대상사업인 칠갑지구 다목적 농촌 용수 개발사업의 사업 기간은 1991년 8월부터 2015년 12월까지이며, 사업 구역은 충남 청양군 대치면 광대리 외 20개리 일원이다. 주요 공사로는 칠갑저수지 1개소(길이 250.0 m, 높이 31.38 m, 총저수량 5,080천 m³), 이설도로 6개(총연장 8.71 km), 평야부 용수로 11개(총연장 30.65 km) 등이다. 다목적 농촌용수 개발사업은 가뭄 상습 지역에 저수지, 양수장, 용수로 등의 수리 시설을 설치하여 농어촌지역에서 필요한 농업·생활·환경개선용수 등을 확보·공급함으로써 안전한 영농기반 구축과 농어촌 환경개선 도모를 주요 목적으로 하고 있다. 특히 저수지 및 용수로를 활용한 친수공간 조성과 환경개선용수 공급을 통한 농촌지역의 건전화 방지 및 생태계 보전 등 환경 친화적인 사업 추진을 통해 농촌 어메니티 증진을 꾀하고 있다. 사업 대상 지역이 지리적으로 공주시, 보령시, 부여군, 예산군, 홍성군과 연결해 있으며, 대전과도 1시간 30분 이내 거리로 접근성이 좋아 청양군민뿐만 아니라 충남 및 대전 지역 거주자들에게 환경용수 개선 편익이 제공될 것으로 기대된다.

본 사업을 통해 조성된 칠갑저수지는 대치천과 지천에 추가적인 용수를 방류함으로써 환경개선용수의 추가적인 공급을 가능하게 한다. 이에 본 연구에서는 칠갑지구 다목적 농촌 용수 개발사업에 따른 편익 중 대치천과 지천의 환경개선용수 공급 편익을 정량적으로 분석하고 제시함으로써, 환경개선용수 공급과 관련된 정책 수립에 도움을 줄 수 있는 시사점을 제공하고자 한다.

Materials and Methods

환경개선용수의 개념과 편익

하천법(제51조)에서는 하천 유지 유량을 생활·공업·농업·환경개선·발전·주운 등의 하천수 사용을 고려하여 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량으로 정함으로써 환경개선용수의 개념을 도입하였다. 2008년 4월에 개정된 하천법에 따르면 환경용수의 개념을 자체 하천 유역 또는 구간 내에서 생태 보호, 수질, 경관 및 생활·자연 환경개선을 위한 필요 수량의 확보가 불가능하여 타 유역 또는 수자원 공급시설(댐, 광역도수, 농업용저수지 등)에서 인위적으로 공급되는 용수라고 제도적으로 정의하고 있다(Gim et al., 2013).

자연·사회환경개선을 위한 하천유지유량 산정방안(MOCT, 2007)에서는 2007년 공포된 하천법에 따라 하천환경의 보전 및 하천 유수사용 허가기준 등에 적용할 수 있도록 표준적인 하천유지유량 산정절차 및 기술적인 방법과 기

준을 제시하고 있다(MOLIT, 2015). 이 방안에서는 환경개선용수를 친수공간 확보, 물놀이, 관광, 하천 문화행사 등 생활환경개선의 목적으로 하천의 일부 구간 또는 일부 지역에 필요한 수량으로 이를 이용하고자 하는 수혜대상 집단(지자체, 특정 기관 또는 개인 등)의 요구에 의해 발생하는 수량으로, 하천 유지 유량을 생활, 공업, 농업, 환경개선, 발전 등의 유수사용을 고려하여 하천의 정상적인 기능과 상태 및 생태적 가치를 보존 및 최대화하기 위하여 필요한 최소한의 유량으로 정의함으로써 환경개선용수와 하천유지용수의 개념을 명확하게 구분하고 있다(Table 1).

Table 1. Definitions of environmental improvement water.

	Environmentally-enhancing water	Instream flow
Objective	Improvement of social environment	Natural environment conservation
Causes	Occurs when the user requests to improve the social environment	Occurs naturally according to the water circulation system of its own watershed
Applying range	Some sections and areas around the river	Whole stream and area around the river
Beneficiaries	Water environment improvement requester (local government, individuals etc.)	People and the natural environment (ecosystem)
Functions	Tourism, river landscape improvements for cultural events improved hydrophilic space for recreation	Natural environment conservation river ecosystem conservation

Source: MOCT (2007).

환경개선용수 시 하류 하천은 유량이 증가하게 되고 이로 인해 건기에도 수질 개선 및 하천 경관 향상으로 레크리에이션 활동이 연중 가능해짐에 따라 방문자들의 하천 이용에 따른 편익의 발생을 기대할 수 있을 뿐만 아니라 하천을 직접 방문·이용하지 않는 경우에도 하천 생태계 복원 및 개선에 따른 다양한 비사용적 편익의 발생도 기대할 수 있다(Lee et al., 2013; Eom, 2015). 구체적인 하천수질개선의 편익은 Table 2와 같이 정리될 수 있다(Kwon, 2007).

Table 2. Benefits of water quality improvement.

	Benefits		Examples
Use value	Direct use value	Water activities	Fishing, swimming, boating, sailing
		Water consumption	Drinking water, wastewater treatment, irrigation
	Indirect use value	Landscape value	Leisure activities near the river, watching view for residents
Ecological value		Conservation of ecosystem through the food chain	
Existence value	Surrogate consumption value		River use by families, relatives, friends etc., use by general public
	Stewardship value		Nature conservation for families and future generations, preserving wetlands etc.

Source: Kwon (2007).

환경개선용수의 편익 산정 방법

환경재의 변화에 따른 환경 편익이나 환경 비용을 측정하는 방법은 대상 환경재의 가치를 시장을 통해 평가할 수 있느냐의 여부에 따라 크게 사용 가치의 시장 가치 평가(market measures of use values), 사용 가치의 비시장 가치 평가(non-market measures of use values), 그리고 비사용 가치의 비시장 가치 평가(non-market measures of non-use values)로 구분할 수 있다.

사용 가치의 시장 가치 평가는 환경 가치를 다른 시장재의 시장 가격에 의해 평가하는 방법으로서 일반적인 수요 분석 이론과 추정 방법이 그대로 적용될 수 있다. 한편 사용 가치의 비시장 가치 평가는 환경의 이용가치를 암묵 가격(implicit price)에 의해 추정하는 방법으로서 여행 비용 모형(travel cost model)³⁾, 헤도닉 가격 모형(hedonic price model)⁴⁾, 회피 행위 모형(averting behavior model)⁵⁾ 등이 대표적이다.

비사용가치의 비시장가치를 평가하기 위한 대표적인 수단은 CVM이다. CVM은 설문을 통해 소비자의 환경재에 대한 선호를 직접 이끌어내는 기법으로 최근에는 환경재가 갖는 비사용가치의 중요성이 부각되고 보다 엄밀한 방법론이 개발되면서 점차 CVM의 사용범위가 넓어지고 있는 추세이다.

앞서 언급한 것처럼 환경개선용수 공급은 지역 주민들이나 방문객들의 물놀이, 낚시 등 야외 활동을 통한 사용가치뿐만 아니라 하천 환경개선에 따른 경관 개선과 생태계 복원에 따른 비사용 가치를 제공한다. 따라서 일반인들에게 방문의도나 WTP를 진술하도록 하는 CVM을 통해 환경개선용수의 편익을 산정할 수 있다(Eom, 2015).

CVM은 평가대상 하천에 환경개선용수 공급에 따른 방문자와 비방문자들이 누릴 수 있는 편익들을 일반인들에게 설명하고, 이러한 편익이 가능토록하기 위한 개인들의 WTP에 기반하여 해당 편익을 산정한다.

예비 타당성 조사를 위한 수자원 부문 표준지침(제4판)과 광역상수도 타당성 분석 개선 방안 연구, 국토교통부의 건설공사 사후평가 수행 매뉴얼 및 활용 가이드라인 등에서는 환경개선용수 공급의 편익을 추정하기 위한 방안으로 CVM을 제시하고 있으며, 최근 이루어진 환경개선용수 공급 편익 산정에 관한 연구(Lee et al., 2013; Eom, 2015)에서도 CVM을 적용하고 있다. 따라서 본 보고서에서도 환경개선용수 공급에 따른 편익의 특성을 고려하여 CVM을 활용하여 칠갑지구 다목적 농촌용수 개발사업에 따른 환경개선용수 공급 편익을 산정하고자 하였다.

CVM의 적용

지불수단

특정한 지불수단을 결정할 때 고려되어야 할 사항으로는 첫째, 평가하고자 하는 재화와 관련된 정도, 둘째, 응답자의 결정을 단순화할 수 있는 정도, 셋째, 여러 가지 편익을 제거할 수 있는 정도 등이 있다(Shin et al., 2012; Lee et al., 2013). 이러한 점들을 고려하여 지불수단은 평가하려는 대상과 관련하여 현실성이 있으며 사실과 부합하는 수단으로 선택해야 한다.

환경개선용수와 직접적으로 관련된 지불수단은 존재하지 않기 때문에 본 조사에서는 생태 하천 조성 사업이나 하천환경개선 사업 등 환경개선용수의 공급과 유사한 목적으로 편익을 산정한 기존 연구들을 참고하여 가구당 총 소득세를 지불수단으로 설정하였다. 또한 WTP를 지불할 경우 다른 재화에 대한 지출을 줄여야함을 응답자에게 인식 시킴으로써 WTP의 신중한 선택을 유도하고자 하였다. 지불기간 및 지불횟수는 KDI의 예비타당성 조사에서 적용하고 있는 방식을 준용하여 가구당 향후 5년 간 1년에 1회 지불하는 것으로 가정하였다.

지불의사 유도방법

본 조사에서는 분석결과와 신뢰성, 설문조사 시 응답률, 설문조사 비용 등을 고려하여 양분 선택형 기법 중 적은 비용으로 필요한 수준의 표본수를 확보할 수 있는 이중 양분 선택형 질문법을 사용하였다.

이중 양분 선택형 모형은 질문유형 중에서 한 번의 질문만 하게 되는 단일 양분 선택형 보다는 통계적인 효율성 측

면에서 바람직하며, 적은 비용으로 통계분석에 필요한 만큼의 표본수를 확보할 수 있다는 점에서 고안된 방법이다. 이 방법에서는 응답자에게 미리 설정된 금액 중 무작위로 도출된 어떤 금액에 대해 응답자가 ‘예’라고 대답한 경우 처음 제시된 금액의 2배를 제시하여 한 번 더 질문을 하게 되며, 반대로 처음 제시된 금액에 대해 ‘아니오’라고 대답한 응답자에게는 처음 금액의 1/2배를 제시하여 ‘예’ 또는 ‘아니오’를 대답하게 하는 방법이다⁶⁾.

제시 금액

제시 금액은 WTP의 평균값에 민감한 영향을 미칠 수 있기 때문에 일반적으로 개방형 질문법을 이용한 사전조사를 시행한 후 그 결과를 바탕으로 결정되어야 한다. 본 조사에서는 칠갑지구 해당 지역주민 등 20명을 대상으로 사전조사를 시행하였으며, 사전조사 결과 이외에 환경개선용수와 관련된 최근 연구 결과(Lee et al., 2013; Eom, 2015)를 고려하여 초기 제시금액의 적절성을 담보하고자 노력하였다.

사전 조사 및 선행 연구를 바탕으로 이중 양분 선택형 질문에서 제시될 초기 제시금액은 2,000원/4,000원/6,000원/8,000원 등 총 4개로 설정하였으며⁷⁾, 이렇게 결정된 각각의 금액은 균등한 숫자의 응답자에게 배당하였다.

표본 설계 및 설문 조사

충남 청양군에 위치한 대치천과 지천 환경개선용수 공급으로 발생할 편익은 친수공간 여가활동 등 사용가치뿐만 아니라 먼거리에 거주하는 비방문자들에게도 비사용 가치도 포함될 수 있기 때문에 전국가구를 대상으로 설정하는 것이 일반적이나 예산상의 제약으로 인해 칠갑저수지, 대치천과 지천 인근 방문자들을 대상으로 현장에서 CVM 설문조사를 실시하였다⁸⁾.

설문단위는 지불수단이 소득세이기 때문에 개인이 아닌 가구로 하였으며, 설문조사는 훈련된 조사원들의 일대일 면접 방식으로 시행되었다. 조사자료 중 응답이 불성실하거나 응답거부 항목이 있어 분석에 이용하기 어려운 응답자를 제외한 94명의 응답자료를 최종적으로 선정하였으며, 이들 응답자들의 인구·사회학적인 일반현황은 Table 3과 같다.

응답자들의 세전 가구 월소득은 100-199만원이 28.7%로 가장 많았으며, 다음으로는 200-299만원 26.6%, 300-399만원 14.9%, 400-499만원이 8.5% 등의 순이었다. 개인 월소득은 100-199만원인 가구가 34.4%로 가장 많았으며, 다음으로는 200-299만원 23.3%, 100만원 이하 15.6%, 300-399만원 14.4% 순이었다.

교육수준은 고등학교가 32.9%, 중학교 31.8%, 초등학교 20.0%, 대학교 15.3% 순이었으며, 연령대별로는 60대가 38.3%로 가장 많았고, 50대 25.5%, 70대 이상 16.0%, 40대 8.5% 순이었다.

성별 구성은 남성이 79명, 여성이 15명이었으며, 직업은 농업, 임업, 축산업이 72.2%로 가장 많았고, 다음으로는 일반사무직 13.9%, 기타 6.9%, 자영업 4.2% 순으로 나타났다.

Estimation Models

통상적인 이중 양분 선택형 모형

이중 양분 선택형을 통해 확보된 자료를 이용하여 지불의사액을 분석할 수 있는 모형으로는 Hanemann (1984)이 제안한 효용 격차 모형(utility difference model)과 Cameron and James (1987)가 제안한 WTP 함수 모형이 있다. 이들 두 가지 접근방식은 서로 쌍대 관계에 있기 때문에 어떤 방식을 활용하든 문제가 없지만, WTP함수모형보다는 효용 격차모형이 효용이론에 더 부합한다는 의견이 제시되면서 대부분의 실증연구에서는 효용격차모형이 활용되고 있어 본 조사결과의 분석도 효용 격차 모형을 활용하였다(Shin et al., 2012).

이중 양분 선택형 모형에서 각 응답자들에게 제시되는 두 금액에 대한 답변의 종류는 다음의 네 가지 경우로 구분될 수 있다.

Table 3. General information of the survey respondents.

Classification		Respondents (person)	Ratio (%)	Classification		Respondents (person)	Ratio (%)
Monthly household income (unit: 1,000 won)	below 1,000	3	3.2	Sex	Men	79	84.0
	1,000-1,990	27	28.7		Women	15	16.0
	2,000-2,990	25	26.6		Subtotal	94	100.0
	3,000-3,990	14	14.9	Member of household	One	7	9.3
	4,000-4,990	8	8.5		Two	17	22.7
	5,000-5,990	5	5.3		Three	18	24.0
	6,000-6,990	4	4.3		Four	15	20.0
	7,000-7,990	3	3.2		Five	9	12.0
	8,000-8,990	1	1.1		More than 6	9	12.0
	9,000-9,990	1	1.1	Subtotal	75	100.0	
Above 10,000	3	3.2	Age	20s	5	5.3	
Subtotal	94	100.0		30s	6	6.4	
Individual monthly income (unit: 1,000 won)	Below 1,000	14		15.6	40s	8	8.5
	1,000-1,990	31		34.4	50s	24	25.5
	2,000-2,990	21		23.3	60s	36	38.3
	3,000-3,990	13	14.4	Older than 70	15	16.0	
	4,000-4,990	8	8.9	Subtotal	94	100.0	
	5,000-5,990	3	3.3	Occupation	Agricultural	52	72.2
Subtotal	90	100.0	Self-employment		3	4.2	
Education level	Elementary school	17	20.0		General office	10	13.9
	Middle school	27	31.8		Technical post	1	1.4
	High school	28	32.9		Professional	1	1.4
	University	13	15.3		Others	5	6.9
	Subtotal	85	100.0	Subtotal	72	100.0	

(a) 두 제시 금액에 모두 ‘예’라고 답할 경우(예-예)
 (b) 두 제시 금액에 모두 ‘아니오’라고 답할 경우(아니오-아니오)
 (c) 첫 번째 제시 금액에 대해서는 ‘예’, 두 번째 제시 금액에 대해서는 ‘아니오’라고 답할 경우(예-아니오)
 (d) 첫 번째 제시 금액에 대해서는 ‘아니오’, 두 번째 제시 금액에 대해서는 ‘예’라고 답할 경우(아니오-예)
 $i(i=1, \dots, N)$ 가 응답자를 나타내는 지표라 할 경우 i 번째 응답자가 선택할 수 있는 위의 네 가지 답변은 이항값 지시 변수(binary-valued indicator variables) I_i^{YY} , I_i^{NN} , I_i^{YN} , I_i^{NY} 와 지시함수(indicator function)를 이용하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$I_i^{YY} = 1(i \text{ 번째 응답자의 응답이 '예-예'})$$

$$I_i^{NN} = 1(i \text{ 번째 응답자의 응답이 '예-아니오'})$$

$$I_i^{NY} = 1(i \text{ 번째 응답자의 응답이 '아니오-예'})$$

$$I_i^{NN} = 1(i \text{ 번째 응답자의 응답이 '예-아니오'})$$

위에서 $1(\cdot)$ 은 괄호안의 조건이 충족되면 1의 값을, 그렇지 않으면 0의 값을 갖는 지시함수이다.

지불의사액(WTP; 이하 C)은 $G_C(\cdot; \theta)$ 로 정의되는 누적분포함수(cdf; cumulative distribution function)를 따르는 확률변수로 인식될 수 있으며, 누적분포함수에서 θ 는 계수들의 벡터를 나타낸다.

이중 양분 선택 모형을 이용할 경우 i 번째 응답자는 첫 번째 제시금액(A_i)을 지불할지 여부에 대해 ‘예’ 혹은 ‘아니오’라고 응답할 수 있다. 첫 번째 제시금액에 대해 ‘예’라고 응답한 응답자에게 제시되는 두 번째 제시금액을

A_i^u ($A_i < A_i^u$)로, ‘아니오’라고 응답한 응답자에게 제시되는 두 번째 제시금액을 A_i^d ($A_i > A_i^d$)로 나타내면 효용 극대화를 추구하는 응답자 N 명의 로그-우도함수(log-likelihood function)는 아래 식(1)과 같은 형태를 갖게 된다(Yoo & Kwak, 2002).

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \left\{ \begin{aligned} &I_i^{YY} \ln [1 - G_C(A_i^u; \theta)] \\ &+ I_i^{YN} \ln [G_C(A_i^u; \theta) - G_C(A_i; \theta)] \\ &+ I_i^{NY} \ln [G_C(A_i; \theta) - G_C(A_i^d; \theta)] \\ &+ I_i^{NN} \ln [G_C(A_i^d; \theta)] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

식(1)의 $G_C(\cdot)$ 를 선행연구들의 관례에 따라 로지스틱(logistic) 누적분포함수로 정형화하고 $\theta = (a, b)$ 와 결합하면 WTP의 누적분포함수는 다음 식(2)와 같은 형태를 갖게 된다.

$$G_C(A; \theta) = [1 - \exp(a - bA)]^{-1} \quad (2)$$

C^+ 를 C 가 양의 값 혹은 음의 값인 경우의 WTP 평균값, C^{++} 을 C 가 0보다 크거나 0과 같은 경우의 WTP 평균값, 그리고 C^* 을 WTP의 중앙값으로 정의하면, 이 값들은 식(2)를 이용하여 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$C^+ = C^* = \alpha / t \quad (3)$$

$$C^{++} = (1/b) \ln [1 + \exp(\alpha)] \quad (4)$$

스파이크 모형

환경개선용수 공급이 갖는 편익은 일반인들에게 생소한 재화이기 때문에 이중 양분 선택형 질문에서 ‘아니오-아니오’로 응답하여 지불의사액이 0이 되는 응답자가 상당히 많을 수 있다. 이런 응답자들은 WTP가 0인 집단과 A_i^d 보다 작은 값이지만 0보다는 큰 WTP를 가진 집단으로 구분될 수 있다.

WTP의 평균값을 구하기 위해서는 WTP의 분포를 구해야 하며, WTP의 분포를 구하는 데에 있어서 ‘아니오-아니오’라고 답한 응답자들의 WTP를 0과 0보다는 큰 WTP로 구분하고 이를 모형에 적용할 필요가 있다. 만약 이러한 점을 무시하고 분석을 실시하게 되면 적지 않은 오류를 범하게 된다.

‘아니오-아니오’라고 응답한 응답자들의 진정한 WTP 도출을 위해 이들을 대상으로 ‘귀하 가구는 대치천과 지천의 환경개선용수 공급을 위해 소득세를 전혀 지불할 의사가 없으십니까?’라는 추가적인 질문을 실시하였으며, 저항 응답이 아니면 이 질문에 대해 ‘지불의사가 없다’라고 응답한 경우는 타당한 0의 WTP를 갖는다고 할 수 있다.

통상적으로 양의 값만 가지는 변수의 경우는 양의 영역에서만 정의되는 분포를 이용하여 분석하면 되지만, WTP 자료처럼 0의 값과 양의 값을 동시에 가질 수 있는 변수의 경우는 통상적인 이중 양분 선택형 모형으로는 정형화(specification)되지 않는다.

0의 WTP를 반영할 수 있는 분석모형으로는 WTP 분포함수가 0에서 스파이크(spike)를 허용하도록 하는 스파이크 모형(Krström, 1997; Yoo and Kwak, 2002)과 0의 WTP를 갖는 확률분포와 양의 WTP를 갖는 확률분포를 볼록 결합(convex combination) 형태로 결합하는 혼합 모형(Werner, 1999; Yoo, 2004)이 있다.

본 연구에서는 스파이크 모형을 이용하여 0의 WTP 문제를 처리하였으며, 스파이크 모형은 다음과 같이 정형화할 수 있다(Yoo and Kwak, 2002).

우선 각각의 응답자 i 에 대해서 I_i^{NY} 은 아래와 같이 I_i^{NY} 와 I_i^{NN} 로 분류될 수 있으며, 각각 $I_i^{NY} = 1$ (i 번째 응답자의 응답이 ‘아니오-아니오-예’)과 $I_i^{NN} = 1$ (i 번째 응답자의 응답이 ‘아니오-아니오-아니오’)의 지시 함수로 나타낼 수 있다.

앞에서와 같이 WTP의 분포를 추정하기 위해 WTP의 누적분포함수를 $G_C(\cdot; \theta)$ 로 나타내고, 이를 로지스틱 함수로 가정하면 스파이크 모형의 로그-우도함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다(Yoo and Kwak, 2002).

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \left\{ \begin{array}{l} I_i^{YY} \ln [1 - G_C(A_i^y; \theta)] \\ + I_i^{YN} \ln [G_C(A_i^y; \theta) - G_C(A_i; \theta)] \\ + I_i^{NY} \ln [G_C(A_i^d; \theta) - G_C(A_i^d; \theta)] \\ + I_i^{NN} \ln [G_C(A_i^d; \theta) - G_C(0; \theta)] \\ + I_i^{NN} \ln G_C(0; \theta) \end{array} \right\} \quad (5)$$

식(5)에서 WTP의 누적분포함수 $G_C(A; \theta)$ 는 식(6)과 같이 정의된다.

$$G_C(A; \theta) = \begin{cases} [1 + \exp(a - bA)]^{-1} & \text{if } A > 0 \\ [1 + \exp(a)]^{-1} & \text{if } A = 0 \\ 0 & \text{if } A < 0 \end{cases} \quad (6)$$

스�파이크는 $[1 + \exp(a)]^{-1}$ 로 정의되며, 표본에서 0의 WTP를 갖는 응답자의 비중을 의미한다. 식(6)을 이용하면 스파이크 모형의 WTP 평균값(C^+)과 중앙값(C^*)은 각각 식(7)과 식(8)과 같이 계산될 수 있다.

$$C^+ = (1/b) \ln [1 + \exp(a)] \quad (7)$$

$$C^* = \begin{cases} a/b, & \text{if } [1 + \exp(a)]^{-1} < 0.8 \\ 0 & \text{이외의 경우} \end{cases} \quad (8)$$

Results and Discussion

표본 내 가구당 연간 WTP 평균값

설문조사에서 ‘아니오-아니오-아니오’라고 응답한 사람은 35명(37.2%)으로 상당수의 응답자가 0의 WTP를 갖고 있기 때문에 표본의 WTP 추정에 스파이크 모형을 적용하는 것이 적절한 것으로 나타났다.

식(1)의 통상적인 모형과 식(5)의 스파이크 모형은 최우추정법을 이용하여 추정되었으며, 두 모형의 추정결과는 Table 4와 같다. 우선 통상적인 모형의 우도비 검정통계량과 Wald통계량 값은 각각 -117.958과 7.203이고, 스파이크 모형의 경우 우도비 검정통계량과 Wald 통계량 값이 각각 -134.845와 59.864로 계측되어 두 모형 모두 1% 유의수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 한편, 제시금액에 대한 추정 계수의 부호가 양(+)으로 계측되었는데, 이는 제시금액이 6,000원 이하까지는 제시금액이 높을수록 첫 번째 질문에서 ‘예’라고 응답하는 비중이 감소하였지만, 8,000원일 경우 첫 번째 질문에서 ‘예’라고 응답하는 비중이 증가하고, 반대로 ‘아니오’라고 응답하는 비중이 감소하는 데 주요 원인이 있다고 판단된다.

대치천과 지천의 환경개선용수 공급에 대한 WTP 평균값을 추정하기 위해 통상적인 모형은 식(3), 그리고 스파이

Table 4. Estimated results for DBDC and Spike models.

Classification		Estimated parameters	
		DBDC model	Spike model
Estimation equation	Constant	0.5179 (2.303)*	0.4944 (2.376)*
	Bidding price ^z	0.1147 (5.417)**	0.1123 (6.022)**
	Spike		0.3789 (7.737)**
Observation number		94	94
Log-likelihood		-117.958	-134.845
Wald statistic		7.203	59.864
(p-value)		(0.007)	(0.000)

Numbers in parenthesis are t-values.

** and * denote statistical significance at the 1% and 5%, respectively.

^zThe unit of bidding price is 1,000 won.

Table 5. Estimated results of mean WTP for DBDC and Spike models.

Classification	Conventional model	Spike model
Mean annual WTP per household	4,516.2 won	8,643.6 won
(t-value)	(2.684)*	(6.120)*
95% confidence interval ^z	983.7-8,075.9 won	5,818.4-13,822.8 won

* denotes statistical significance at 1%.

^zThe confidence intervals are calculated by the use of Monte Carlo simulation technique of Krinsky and Robb (1986) with 5000 replications.

크 모형에서는 식(7)이 이용되었으며, 추정결과는 Table 5에 제시되어 있다. 먼저 통상적인 모형의 경우 환경개선용수 공급에 대한 가구당 연간 WTP 평균값은 4,516원으로 추정되었으며, t-값은 2.684로 나타나 WTP가 통계적으로 유의하게 0과 다른 것으로 나타났다. 스파이크 모형의 경우 가구당 연간 WTP 평균값은 8,644원으로 추정되었으며, t-값은 6.120으로 나타나 통상적인 모형과 마찬가지로 통계적 유의성이 높은 것으로 나타났다.

CVM 질문에 대한 불확실성을 반영하기 위해 Krinsky and Robb (1986)이 제안한 몬테카를로 모의실험(Monte Carlo simulation)을 이용하여 95% 신뢰구간을 계산하였으며, 부트스트랩을 이용한 표본의 재추출 횟수는 5,000회를 적용하였다.

공간적 범위와 시간적 범위에 따른 WTP 산정

앞서 언급한 것처럼 해당 환경재의 총편익 산정을 위해서는 편익의 공간적 적용범위와 시간적 적용범위를 결정하고, 이를 표본조사를 통해 추정된 가구별 연간 WTP에 적용해야 한다. 대치천과 지천의 환경개선용수를 이용함으로써 발생하는 편익의 공간적 범위는 좁게는 대상하천 인근의 청양군 거주민들로 제한할 수 있으나, 넓게는 청양군과 인접한 충청남도과 대전광역시로 범위를 확장할 수 있다⁹⁾.

가구당 연간 WTP 추정치에 2014년 기준 청양군의 가구수(14,588세대)와 충남의 가구수(830,292세대), 그리고 대전광역시 가구수(576,717)를 곱하면 최종적인 대치천과 지천 환경개선용수 공급의 각 공간적 범위별 연간 편익을 산정할 수 있다(Table 6). 가구당 연평균 WTP를 활용한 대치천·지천 환경개선용수 공급의 연간 편익은 청양군 1억 2,600만 원, 충남 69억 4,300만 원, 대전은 49억 8,500만 원으로 계산되었으며, 충남과 대전을 합한 연간 편익은 119

Table 6. Estimated results of annual-spatial extent benefits of providing water for environmental improvement.

Cheongyang		Chungnam		Daejeon	
House-hold (unit)	Annual benefit (billion won)	House-hold (unit)	Annual benefit (billion won)	House-hold (unit)	Annual benefit (billion won)
14,588	0.126	830,292	6.943	576,717	4.985

The number of households in Chungnam and Daejeon are drawn from the 2014 estimated population and household survey of KOSIS. The number of households in Cheongyang-gun is drawn from the 2014 statistical yearbook of Cheongyang-gun office published in 2016.

억 2,800만 원으로 산출되었다.

대치천·지천 환경개선용수 공급에 따른 편익 산정에서 시간적 적용 범위의 결정은 편익의 합산기간(time period) 결정을 의미하며, 오랜 기간에 걸쳐 발생하는 환경재의 편익에 초점을 맞추고자 한다면 적절한 합산 기간뿐만 아니라 도출된 WTP에 대한 적절한 할인율을 적용할 필요가 있다. 환경개선용수 공급 편익의 합산기간에 대해 KDI의 예비타당성조사 일반지침 상 별도의 기준은 없으며, 해당 시설의 내용연수나 유지관리비 발생 연수 등을 토대로 연구자의 판단에 따라 정해지고 있다.

본 연구의 경우 대치천·지천의 환경개선용수는 칠갑저수지에 저수된 물을 이용하는 것이기 때문에 저수지의 내용연수를 기준으로 편익합산 기간을 산정하는 것이 합리적일 것이다. 경제기획원 투자 조사 편람(농업부문)에서는 저수지의 내용연수를 70년으로 명시하고 있으나, 경제성 분석기간은 50년을 적용하는 것이 일반적이며, 본 연구에서도 환경개선용수 편익 합산 기간을 50년으로 설정하였다.

저수지 건설 사업과 같이 비용은 사업 초기에 발생하고 편익은 일정 기간 후 지속적으로 발생하는 경우 편익의 크기는 할인율에 따라 많은 영향을 받게 되기 때문에 적절한 할인율의 적용이 요구된다. 통상적으로 본 조사와 유사한 공공투자사업의 경우 KDI의 수자원(댐)부문사업 예비 타당성 조사 표준 지침에서 제시하고 있는 6.0%를 이용하고 있다.

순 현재 가치 총액은 다음과 같은 식을 이용하여 계산될 수 있다.

$$PV = WTP \times \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+i)^i} = WTP \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \quad (9)$$

식(9)에서 PV는 순 현재 가치 총액, i는 할인율, n은 편익 합산 기간을 나타낸다.

편익 합산 기간 50년과 6.0%의 할인율을 적용한 대치천·지천의 환경개선용수 공급의 순 현재 가치 총액은 Table 7과 같이 지역별로 청양군은 20억 원, 충청남도 1,094억 원, 대전광역시 786억 원으로 추정되었다.

Table 7. Estimated results of spatial-temporal benefits of providing water for environmental improvement.

unit: billion won

Cheongyang		Chungnam		Daejeon	
Annual benefit	NPV	Annual benefit	NPV	Annual benefit	NPV
0.126	1.987	6.943	109.440	4.985	78.571

The discount rate used in calculating the net present value is 6.0% and the combined benefit period is set to 50 years.

Conclusion

최근 국민들의 삶의 질에 대한 관심이 고조되면서 하천 수질 개선이나 생태계 복원, 친수공간 조성 등을 위한 환경개선용수의 편익과 가치에 대한 관심도 함께 증가하고 있다. 이런 측면에서 환경개선용수에 대한 가치 평가의 중요성을 반영하여 국토교통부의 건설공사 사후평가 수행매뉴얼 및 활용 가이드라인에 환경용수 개선에 대한 편익을 명시적으로 고려하고자 한 점은 의의가 크다고 할 것이다. 그러나 이 가이드라인에서 제시하고 있는 내용이 환경개선용수 공급의 편익을 CVM 등 비시장재화의 가치 평가 기법을 활용한다는 수준에서만 논의되고 있고, 세부적인 평가 및 산정 방법이나 고려사항에 대해서는 충분히 제시되지 못한 측면이 있다. 본 연구는 이중양분선택형 설문조사 방식과 스파이크모형을 이용함으로써 이전 환경용수 개선 편익 산정과 관련된 연구와는 다른 방법을 시도함으로써 다양한 산정 방법의 구체적인 사례를 제시하였다는 점에서 의의가 있다고 할 것이다.

CVM 방법을 이용한 분석 결과 충남지역과 대전지역을 대상으로 한 대치천과 지천의 환경개선용수 공급의 가구당 연간 WTP 평균값은 4,516원으로 추정되어 선행 연구들의 결과와 비교하면 높은 것으로 나타났는데, 이는 조사대상 상당수가 대치천과 지천의 인접지역이라고 할 수 있는 충남과 대전지역에 집중되었기 때문으로 판단된다¹⁰⁾. 가구당 연간 WTP를 인접지역이라고 할 수 있는 충남과 대전으로 적용한 대치천과 지천의 환경용수 공급에 따른 연간 편익은 119억 원으로 추정되었다. 이 금액은 칠갑 저수지를 포함한 칠갑지구 관련 총 건설 비용의 2015년 기준 현재 가치의 약 10%에 해당하는 금액으로 적지 않은 비중이라고 할 수 있다. 이는 환경개선용수 공급과 관련된 사업의 추진 타당성 여부를 판단할 때 환경개선용수 공급의 편익 산정이 중요할 수 있다는 점을 의미한다. Lee et al. (2013)의 연구에서 언급된 것처럼 정부의 제한된 예산 하에서 우선 순위가 높은 정책의 선택 시 환경개선용수의 편익 산정은 투자의 우선순위를 결정하는 데 중요한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

Footnotes

- 1) 조건부 가치 측정법(CVM)은 환경재의 사용 가치뿐만 아니라 경관 개선, 생태계 복원에 따른 비사용 가치를 평가할 수 있다는 측면에서 장점을 갖고 있음. 그러나 CVM을 통해 추정된 지불의사액에 일정한 편익(bias)가 존재할 수 있다는 점에서 단점이 있으며, 이러한 오류를 최소화하기 위해 설문지에 대한 사전 조사, 응답자료의 보완, 조사자에 대한 세심한 교육 등 다양한 노력을 기울일 필요가 있음.
- 2) 저항 응답이란 지불의사가 없다고 응답한 응답자들 중 이미 납부한 세금으로 충당되어야 한다거나, 판단을 위한 정보 부족 혹은 정부의 계획을 믿을 수 없다는 이유로 제시 금액에 대해 ‘아니오’라고 응답한 경우를 의미함. 이들 응답자들은 환경개선용수 공급을 위한 추가적인 세금 납부에 대해 본인들의 선호나 지불 능력을 반영하여 진술하지 않고 조건부 가치 문항에 응답하기를 저항한 응답자들로 볼 수 있음(Eom, 2015).
- 3) 여행 비용 모형은 특정 환경재를 이용하기 위해 사람들이 얼마만큼의 액수를 지불할 의사가 있는지를 추정하기 위해 그 지역에 도달하는 데 소요된 시간과 비용에 대한 정보를 이용하는 방법임.
- 4) 헤도닉 가격 모형은 환경재와 같은 특정 재화에 대해 시장에서는 직접 거래되지 않는 요인이 가격 결정에 영향을 미친다는 가정 하에 소비자가 재화 구매시 가격을 지불할 때 간주하였을 가능한 모든 속성으로 재화를 분해하여 각각의 속성에 대해 가치를 측정하는 방법임.
- 5) 회피 행위 모형은 환경재와 같은 공공재와 시장재 수요 간의 상호 작용을 분석하여 공공재 공급 변화로부터의 편익을 추정하는 방법임.
- 6) Cooper and Hanemann(1994)의 연구결과에 따르면 편익의 비효율성의 함으로 구성되는 평균 자승 오차(mean square error) 측면에서 단일 양분 선택형이나 삼중 양분 선택형보다 이중 양분 선택형이 바람직한 것으로 평가되고 있음. 그러나 단일 양분 선택형 대신 이중 양분 선택형을 이용할 경우 통계적 효율성은 증가되지만 처음 제

시된 가격이 두 번째 가격과 일관성을 갖지 않는 경우에는 편의를 초래할 가능성이 커질 수 있다는 문제점이 있음(McFadden, 1994; Cameron and Quiggin, 1994).

- 7) 초기 제시금액은 사전 조사에서 얻은 지불의사 금액의 분포를 감안하여 20, 40, 60, 80분위수 주위의 금액과, 관련 선행 연구의 제시 금액 등을 함께 고려하여 결정됨.
- 8) 표본 설정 시 일반적으로 임의 표본을 도출하기 위해 조사 지역 내의 성별이나 연령별 비중을 고려해야 하지만, 설문 조사의 예산상의 제약과 설문 대상 가구의 선정을 임의 표본으로 구성할 경우 응답률이 크게 저하될 가능성이 높은 이유 등으로 인구 구성을 적절하게 반영하여 표본이 할당되지 않은 한계가 있음.
- 9) 대치천과 지천의 환경개선용수 이용에 따른 편익 산정의 공간적 범위를 청양군뿐만 아니라 충청남도, 대전광역시 등으로 설정한 경우 설문 조사 가구도 청양군 거주민과 충남지역 거주민, 그리고 대전광역시의 거주민을 대상으로 추출하여야 하지만 예산상의 제약으로 인해 설문 조사가 청양군 거주민으로 한정하여 이루어져 본 조사에서 추정된 WTP를 충청남도와 대전광역시로 확대하여 적용하는 데에는 일정 정도 한계가 있음. 그러나 칠갑저수지의 환경용수 개선 편익 평가를 위해 진행된 조사에서 방문자의 거주지역이 청양군뿐만 아니라 충청남도와 대전인 경우가 상당수 존재하고 있어 대치천과 지천의 환경개선용수 편익발생의 공간적 범위를 충청남도와 대전까지 확대하는 것에 큰 문제는 없을 것으로 판단됨.
- 10) Lee et al. (2013)의 연구에서는 전국의 가구당 연간 WTP가 각각 2,238원, Eom (2015)의 연구에서는 저항응답제의 표본은 2,000원 내외, 표본 선택 모형에서는 6,000원 정도로 측정됨.

Acknowledgements

이 연구는 2015년 (재)한국농촌연구원의 「칠갑지구 다목적농촌용수 건설공사 사후평가」의 일환으로 수행되었음.

References

- Cameron TA, James MD. 1987. Efficient estimation methods for closed ended contingent valuation surveys. *Review of Economics and Statistics* 69:269-276.
- Cameron TA, Quiggin J. 1994. Estimation using contingent valuation data from a "dichotomous choice with follow-up" questionnaire. *Journal of Environmental Economics and Management* 27:218-234.
- Cheongyang-gun Office. 2016. 2014 Statistical Yearbook. [in Korean]
- Cooper JC, Hanemann WM. 1994. Referendum contingent valuation: How many bounds are enough? Paper presented at 1994 American Agricultural Economic Association Convention in San Diego, CA, USA. Washington, D.C.: Economic Research Service, USDA.
- Eom YS. 2015. Measuring benefits of providing water for environmental improvement in Yeongdok Ohsip river: Considering protest bids and distance-decay function in the application of CVM. *Environmental and Resource Economics Review* 24:435-461. [in Korean]
- Gim US, Ryu MH, Lee JI. 2013. Australian water reform for allocating environmental water. *Environmental Policy* 21:21-43. [in Korean]
- Hanemann WM. 1984. Welfare evaluation in contingent valuation experiments with discrete responses. *American Journal of Agricultural Economics* 66:332-341.
- Hansen LT, Hallam A. 1991. National estimates of recreational value of streamflow. *Water Resource Research* 27:167-175.
- Johnson NS, Adams RM. 1988. Benefits of increased streamflow: The case of the John Day river steelhead fishery. *Water Resource*

Research 24:1839-1846.

- KDI (Korea Development Institute). 2008. Modified and supplemented study for feasibility analysis standard guidelines of water resources projects (4th). [in Korean]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2016. Population and Household. Assessed in <http://kosis.kr/statisticsList> on 5 January 2016.
- Krinsky I, Robb AL. 1986. On approximating the statistical properties of elasticities. *The Review of Economics and Statistics* 68:715-719.
- Kriström. B. 1997. Spike models in contingent valuation. *American Journal of Agricultural Economics* 79:1013-1023.
- Kwon OS. 2007. Environmental economics. Pakyoungsa, Seoul, Korea. [in Korean]
- Lee JS, Ryu MH, Yoo SH. 2013. Assessment of economic value of Sangkwon multi-purpose reservoir(I): Benefits of environmentally-enhancing water. *J. Korea Water Resources Association* 46:989-995. [in Korean]
- McFadden D. 1994. Contingent valuation and social choice. *American Journal of Agricultural Economics* 76:689-708.
- MOCT (Ministry of Construction and Transportation). 2007. Estimation of instream flow of improve natural & social environment. [in Korean]
- MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport). 2015. Post-construction assessment. [in Korean]
- Shin YK, Kim HJ, Kim SB, Yoo SH. 2012. An economic evaluation of agricultural heritage. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy* 39:710-725. [in Korean]
- Werner M. 1999. Allowing for zero in dichotomous-choice contingent-valuation models. *Journal of Business & Economic Statistics* 17:479-486.
- Yoo SH. 2004. South Koreans' willingness to pay for Korean unification. *Applied Economics Letters* 11:15-19.
- Yoo SH, Kwak SJ. 2002. Using a spike model to deal with zero response data from double bounded dichotomous choice contingent valuation surveys. *Applied Economics Letters* 9:929-932.