

울산시 수도물 수질개선의 편익 추정

Measuring the Economic Benefits of the Tap Water Quality Improvement in Ulsan

곽 소 윤* / 유 승 훈**

Kwak, So Yoon / Yoo, Seung Hoon

Abstract

This paper attempts to measure the economic benefits of tap water quality improvement using a specific case study of Ulsan, one of the large cities in Korea. To this end, we apply the contingent valuation (CV) method by employing a one-and-one-half bounded spike dichotomous choice question format. We surveyed a randomly selected sample of 400 households in Ulsan and asked respondents questions in person-to-person interviews about how they would willing to pay for the program. Respondents overall accepted the contingent market and were willing to contribute a significant amount (1,611 won), on average, per household per month. This willingness varies according to individual characteristics such as education level and income. The aggregate value of the program in Ulsan amounts to approximately 8 billion won per year.

Keywords : Ulsan, tap water quality improvement, contingent valuation method

요 지

본 연구에서는 울산지역의 수도물 수질 개선에 대한 응답자들의 지불의사액을 도출하였다. 이를 위해 조건부가치추정법(CVM)을 활용하되, CVM 연구에서 지켜야하는 다양한 지침을 엄격하게 준수하여 가구조사를 시행하고 1.5단계 양분선택형 스파이크 모형을 적용하여 분석하였다. 울산광역시 400개 가구를 대상으로 가구조사를 시행하였고 일대일 개별면접을 통해 수도물 수질개선 프로그램에 대한 지불의사금액을 질문하였다. 응답자 중 71.5%가 지불할 의사가 없다고 응답한 것을 고려할 때 스파이크 모형의 적용은 적절하였으며, 분석결과 가구당 월 평균 1,611원의 지불의사액을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이러한 지불의사는 교육 및 소득과 같은 가구 특성변수에 유의하게 영향을 받았다. 이 값을 울산광역시 전체로 확장하면 2011년 6월 기준으로 연간 약 83억 원에 해당하였다. 본 연구의 결과는 수도물 수질개선이 경제적으로 타당성을 가지는지에 대한 판단을 할 때 편익정보로서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 울산, 상수도 수질개선, 조건부 가치추정법

1. 서 론

물은 인간의 삶과 사회에서 필수적인 요소이다. 역사

적으로 물은 문명의 토대가 되었고 현재에는 농업활동 및 제조업 활동 등 각종 경제활동에서 필수불가결한 요소로 작용하며 사회발전의 근원이 되고 있다. 수자원과 관련한

* 한국환경정책·평가연구원 부연구위원 (e-mail: sykwak@kei.re.kr)

Senior Researcher, Dep. of Economics, Korea Environment Institute, 290 Jinheung-ro, Eunpyeong-gu, Seoul 122-706, Korea.

** 교신저자, 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 교수 (e-mail: shyoo@seoultech.ac.kr)

Corresponding Author, Professor, Graduate School of Energy and Environment, Seoul National Univ. of Science and Technology, 172 Gongneung-dong, Nowon-gu, Seoul 139-743, Korea,

이슈들은 양적 차원과 질적 차원으로 나누어볼 수 있다. 생활패턴의 변화로 인해 일인당 물 사용량이 증가하고 인구수도 증가하고 있어, 사용하는 물의 비중이 늘어나고 있기에 물부족 문제를 겪는 나라들이 증가하는 것이 양적 차원의 이슈라면, 현재의 물 수요를 만족시킬 만큼 충분한 물이 있는 지역에서조차도 하천, 호수, 지하수 등이 지속적으로 오염되고 있다는 점은 질적 차원의 이슈이다. 우리나라는 급수보급률이 20.9%에 불과하던 1965년 이후로 수도공급의 기반시설을 꾸준히 확충하여 2008년 말 상수도는 92.7%에 도달하였다. 이와 더불어 질적으로도 2001년 이후 수질 기준이 강화되어 수질측면에서도 많은 발전이 이루어졌다. 그러나 이러한 개선에도 불구하고 돌발적으로 발생하는 수질사고와 상수원수의 오염 및 관망관리 미흡으로 인한 이물질 누출 등으로 국민들의 수도물에 대한 불신이 여전한 상황이다. 이에 정부는 수도물 수질개선정책의 시행을 고려한다. 이 때 경제적 효율성의 판단 기준 하에서 수도물 수질개선정책의 시행이 타당한지 여부를 판단하기 위해 국민들이 수도물 수질개선에 대해 갖는 지불의사액을 분석할 필요가 있다. 본 연구에서는 대표적인 공업도시인 울산광역시를 대상으로 수도물 수질개선에 대한 지불의사액 (WTP, willingness to pay)을 분석하고자 한다.

WTP를 추정하는 다양한 방법론 중에서 진술선택기법의 한 종류인 조건부 가치추정법 (CVM, contingent valuation method)를 적용하여 WTP를 도출한다. CVM의 타당성 (validity)에 대해 많은 분석이 있었는데 이에 대한 타당성은 어느 정도 검증되었다는 평가를 받고 있으며 (Mitchell and Carson, 1989), CVM으로부터 얻게 되는 응답은 대체적으로 믿을 만하다는 결론 (Loomis, 1990; Bjornstad and Kahn, 1996; Gonzalez-Caban and Loomis, 1997)이 도출된 바 있다. CVM은 그 적용에 있어서도 응용사례가 대단히 많으며, 연구절차는 상당 부분 표준화되어 있다. 본 연구에서는 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 패널¹⁾이 제시한 CVM 지침을 준수하면서, 응답자료의 특성을 충분히 반영하는 모형을 설정하여 울산지역 수도물 수질 개선에 대한 지불의사금액을 분석하였다.

본 연구의 주요 내용은 다음과 같다. 제II장에서는 수질개선 편익을 다룬 선행연구를 살펴보고 CVM 연구 수행의 실증연구 절차에 대해 논의하고 제III장에서는 WTP를 도출하기 위하여 지불의사유도방법 및 분석모형에 대해

알아본다. 제IV장에서는 본 연구의 결과를 제시하고 제V장에서는 결과의 요약 및 시사점을 다룬다.

2. 선행연구 및 실증연구 절차

2.1 선행연구

수질 개선에 대한 편익을 추정한 국내외 선행연구들에 대해 살펴보기로 한다. 1990년대 이후로 상수원 및 상수도의 수질 개선에 관한 많은 연구가 이루어져 왔으며 CVM을 적용하여 연구결과를 도출한 선행연구들을 표로 정리해보면 Table 1과 같다.

국외 사례의 경우에는 상수원보다는 호수나 강의 수질 개선에 대한 연구가 주를 이루었고, 국내 사례는 서울, 부산 등 대도시의 상수도 수질 개선에 대한 연구가 있었다. Yoo and Yang (2001)은 부산지역의 수도물 수질 개선에 대한 응답자들의 WTP를 추정하기 위하여 CVM을 적용하였다. 무응답 편익과 표본선택편익을 처리할 수 있는 모형을 고려하였으며, 단일경계 양분선택형 모형 및 이중경계 양분선택형 모형을 모두 적용해보았다. 분석결과, 무응답편익은 존재하지 않았으나, 표본선택편익은 나타났다. 이를 위해 표본선택모형을 적용하였다. 김재홍 (2001)은 울산시민 1,003명을 대상으로 한 설문조사 자료를 이용하여 상수도 수질개선에 대한 시민지불의사를 CVM으로 추정하였다. 설문조사 결과, 응답자의 67.1%가 상수도 수질개선을 위하여 추가적인 지불의사가 있으며, 울산 시민들은 울산시 환경정책의 최우선 순위로 음용수 수질개선을 지적하고 있는 것으로 나타났다. 한편, 상수도 수질개선을 위한 추가 WTP를 분석해보면 교육수준, 소득수준, 환경자원봉사의향, 수도물 외 음용수 소비비용 등의 변수가 WTP에 유의한 양의 영향을 보였다. 유승훈과 홍필기 (2007)는 CVM을 적용하여 서울시 수도물 수질개선편익을 추정하였다. 서울 지역을 대상으로 설문조사 전문기관을 통해 서울시 전체 가구의 인구 특성과의 일관성을 유지하면서 무작위로 추출된 가구를 대상으로 설문을 시행하였고, 500개의 자료를 구하였다. 서울시 수도물 개선편익은 월 평균 가구당 3,808~4,434원으로 추정되었다. 유승훈 등 (2007)에서는 상수도 수질개선 프로그램을 시행할 계획을 가지고 있는 원주시를 대상으로 상수도 수질개선에 대한 가구의 WTP를 CVM을 통해 분석하였고 가구당 월 평균 1,583원에서 2,776원의 WTP를 가지고 있는 것으로 분석되었다. 한편, 표희동 등 (2011)은 부산시 가정용수의 수질개선을 위한 WTP를 비모수적 접근법을 사용하여 추정하였으며 가구당 월 평균 지불의사액은 2009

¹⁾ NOAA의 1993년 보고서 Report of the NOAA panel on contingent valuation을 참고하였음

Table 1. 선행연구 목록

선행연구	연구 대상
Carson and Mitchell (1993)	미국 전체 수질
Desvousges et al. (1987)	Monongahela 강
Hayes et al. (1992)	Upper Narragansett 만의 수질
Kaoru (1993)	미국 메사추세츠주에 위치한 세 개 연못
곽승준 (1993)	서울시 상수도 수질개선
Yoo and Yang (2001)	부산시 상수도 수질개선
김재홍 (2001)	울산시 상수도 수질개선
Barton (2002)	코스타리카의 수질개선
Brox et al. (2003)	캐나다의 Grand 강 수질 개선
유승훈과 홍필기 (2007)	서울시 수돗물 수질개선
과학기술부 (2007)	서울 포함 7대 광역시 수돗물 수질개선
유승훈 등 (2007)	원주시 상수도 수질개선
Atkins et al. (2007)	Randers 피오르 지역 수질개선
Gupta and Mythili (2008)	인도 Powai 호수의 수질개선
표희동 등 (2011)	부산시 가정용수 수질개선

년 기준 3,190원에서 3,331원으로 나타났다.

2.2 실증연구 절차

본격적인 설문조사를 하기 위한 첫 단계로서 조건부 시장(contingent market)을 설정하기에 앞서, 울산지역의 일반적인 내용에 대해 조사대상자들에게 먼저 설명하였다. 이를 위해 시각적 보조자료를 제공하였으며 상수도와 관련된 일반적인 질문을 통해서 응답자들이 설문내용에 친숙해질 수 있도록 하였다. 이후 구체적인 조건부 시장을 제시하며 가치추정을 위한 질문을 시행하였다. 본 연구에서 울산지역 상수도 수질개선 편익을 추정하기 위해서는 평가하고자 하는 구체적인 정책방안을 제시해야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 울산광역시와 정부가 추진하고자 하는 ‘수돗물 안심하고 마시기 종합대책’을 평가대상으로 하였다. 수돗물 수질개선 및 노후관거 교체가 충분히 이루어지면 수돗물을 그냥 마실 수 있어 정수기, 약수, 생수 등을 이용하지 않아도 된다는 점을 설명함으로써 조건부 시장을 명확히 하고자 하였다. 아울러 많은 사람들이 수질개선에 소요되는 비용을 지불하는 데 동의해야 상수도 수질개선이 원만하게 시행될 수 있으며 그렇지 않다면 수질개선은 이루어지기 어렵다는 점을 강조하였다.

한편, CVM 조사를 수행함에 있어서 중요한 역할을 하

는 것은 응답자가 밝히고자 하는 지불의사를 쉽게 표현할 수 있도록 지불수단을 제시하는 것이다. 현실성 있는 지불수단이 되도록 시장을 설정하는 것은 응답자가 진정한 가치를 밝힐 수 있도록 유도한다는 점, 가상적 상황을 좀 더 현실화시킨다는 점, 또 의도와 행동 간의 관계를 밀접하게 할 수 있다는 점에서 중요하다. 이에 본 연구에서는 가구당 수도요금이라는 지불수단을 제시하였다.

제시금액은 최종적으로 얻고자 하는 WTP의 평균값에 민감한 영향을 미칠 수 있으므로 세심한 주의를 기울여 결정하여야 한다. 본 연구에서는 실제 설문조사에 들어가기 전에 30명을 대상으로 사전조사(pretest)를 시행한 후, 이들로부터 얻은 결과를 바탕으로 총 8개의 초기 제시금액을 결정하였다. 1,000원/3,000원부터 8,000원/10,000원까지 총 8개의 제시금액범위를 결정하였고 이렇게 결정된 금액을 각각 전체 400개 응답자가구를 무작위로 분류한 8개 그룹에 할당하였다. 설문방법은 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자가 충분히 이해할 수 있도록 하고 신뢰할만한 설문결과를 얻기 위하여 일대일 개별면접 설문을 실시하였다.

본 연구의 설문은 2007년에 울산에서 실시되었으며 가구조사의 특성을 고려하여 설문대상은 만 20세 이상 65세 미만의 세대주나 주부로 하였다. 또한 조사지역의 전체 인구를 대표할 수 있는 표본을 얻기 위하여 각 구의 인구

비율을 고려하여 각 나이의 비율에 맞게 표본 수를 할당 하였으며 남녀비율은 대략 동일하게 하였다. 설문수행은 설문의 신뢰도를 높이기 위하여 전문 리서치회사인 동서 리서치에 의뢰하였다.

3. WTP 추정모형

3.1 WTP 유도방법

유인 일치적이며 (incentive-compatible) 저항적 지불의사 (protest bids)를 사전에 방지할 수 있다는 특징 때문에 CVM 실증연구에서는 주로 양분선택형 (DC, dichotomous choice) 질문법을 사용하고 있다. DC 질문법은 질문의 횟수에 따라 단일경계 양분선택형 (SBDC, single-bounded dichotomous choice), 이중경계 양분선택형 (DBDC, double-bounded dichotomous choice) 등으로 나누어진다. SBDC 질문법은 한 번의 질문을 하고 DBDC는 후속질문을 한 번 더 하게 되는데, SBDC는 응답이 쉽다는 장점과 통계적 효율성이 낮고 많은 응답이 필요하다는 단점이 있어 실제 CVM 연구에서 통계적 효율성 때문에 DBDC가 널리 사용되어 왔다. 한편, 세 번의 질문을 하는 삼중경계 (triple-bounded) DC 모형에 대한 적용을 고려해볼 수 있고 실제로 Langford et al. (1996)는 삼중경계 모형을 적용한 바 있으나 Cooper and Hanemann (1995)과 Hanemann and Kanninen (1999)의 결과에 따르면 삼중경계 모형은 DBDC 모형과 비교할 때 열등한 것으로 나타났다.

그러나 DBDC와 관련하여 Cameron and Quiggin (1994)에 의해 응답자들이 두 번째 질문에 대해 본인의 의사가 '아니오'임에도 설문의 주체나 면접원의 기대를 만족시키기 위해 '예'라고 응답하는 승낙의 문제 (compliance problem)와 반복된 질문에 귀찮아서 무조건 '아니오'를 응답하는 거부 문제 (reject problem)가 발생할 수 있다는 점이 지적되었다. 따라서 본 연구에서는 단일경계모형보다 효율성을 개선하여 이중경계모형 수준의 효율성을 달성하면서도, 이중경계모형의 반응효과를 크게 줄여 단일경계모형 수준의 일치성을 확보할 수 있는 Cooper et al. (2002)의 1.5경계모형 (OOHBDC, one and one-half bound dichotomous choice question)을 사용한다.

3.2 WTP 모형

본 연구에서는 Hanemann (1984)이 제안한 효용격차모형 (utility-difference model)에 근거하여 울산시 수돗물 수질개선을 위한 응답자들의 WTP를 도출하고자 한다. WTP의 대표값을 분석할 수 있는 다른 모형으로 Cameron

and James (1987)가 제안한 WTP함수 모형이 있으나 McConnell (1990)이 두 가지 접근법은 쌍대 (duality)의 관계에 있으며 어느 방법을 사용하느냐 하는 것은 옳고 그름의 문제가 아니라 단지 연구자의 스타일의 문제이라고 하였기에 효용격차모형만을 고려한다.

DC 응답자료로부터 Hicks적 (Hicksian) 후생가치를 이끌어낸 Hanemann (1984)의 모형에 따르면, WTP를 추정할 때 소비자의 효용극대화이론에 근거하며 응답자들이 자신의 효용함수를 정확하게 파악하고 있다고 가정할 때 다음과 같은 간접효용함수 u 를 도출할 수 있다.

$$u = u(j, m; S), \quad j = 0, 1 \quad (1)$$

m 은 자신의 주어진 화폐소득을 의미하고 S 는 개인의 특성을 의미하며 j 는 평가대상재화의 상태를 나타낸다. 여기서, $j=0$ 는 비시장재화를 이용할 수 없는 또는 비시장재화가 공급되지 않는 상태를 의미하며 $j=1$ 는 비시장재화를 이용할 수 있는 또는 비시장재화가 공급되는 상태를 의미한다. 그러나 응답자가 측정대상 비시장재화의 상태 변화를 선택 또는 거부하는 데 있어 관측이 불가능한 부분이 존재한다. 따라서 간접효용함수에 다음과 같이 관측 가능한 확정적인 부분 $v(j, m; S)$ 과 관측 불가능한 확률적 부분 ϵ_j 를 도입하여 설명한다.

$$u(j, m; S) = v(j, m; S) + \epsilon_j \quad (2)$$

간접효용함수에 영향을 미치는 확률적 성분인 ϵ_j 는 j 와 상관없이 독립적이면서 동일한 분포를 갖는 (independently and identically distributed) 확률변수로 평균은 0으로 가정한다. 각 개인이 효용을 극대화한다고 가정하자. 만약 각 개인이 비시장재화의 이용을 위해 지불의사금액을 지불할 의사가 있느냐는 질문에 대해 "예"라고 대답하면 지불의사금액을 기꺼이 지불함으로써 효용을 극대화하며 효용함수는 Eq. (3)과 같이 표현된다.

$$v(1, m - WTP; S) + \epsilon_1 \geq v(0, m; S) + \epsilon_0 \quad (3)$$

이제 효용의 격차와 오차항의 격차를 Eq. (4)와 같이 정의할 수 있으며, 이 경우 "예"라고 응답할 확률은 Eq. (5)와 같이 표현된다.

$$\Delta v(WTP) \equiv v(1, m - WTP; S) - v(0, m; S) \quad (4)$$

$$\eta \equiv \epsilon_0 - \epsilon_1$$

$$\Pr\{\text{지불의사액} \geq \text{제시된 금액}\} = \Pr\{\Delta v(WTP) \geq \eta\} = F_\eta[\Delta v(WTP)] \quad (5)$$

여기서, $F_\eta(\cdot)$ 는 η 의 누적확률분포함수(cdf, cumulative distribution function)이다. “예”란 응답은 $\Delta v \geq 0$ 일 때 관측되며, “아니오”란 응답은 $\Delta v < 0$ 일 때 관측된다. 이는 C 로 표기한 지불의사액에 대하여 다음과 같이 다르게 표현될 수 있다. 여기에서 $G_C(A)$ 는 확률변수 C 의 누적분포함수이며, A 는 제시된 금액이다.

$$\Pr\{\text{지불의사액} \geq \text{제시된 금액}\} = \Pr\{C \geq A\} \equiv 1 - G_C(A) \quad (6)$$

따라서 Eqs. (5) and (6)을 비교하면 다음의 관계식을 구할 수 있다.

$$1 - G_C(A) \equiv F_\eta[\Delta v(WTP)] \quad (7)$$

이 결과는 이산반응모형(7)을 적합시키는 것이 곧 WTP의 분포함수인 $G_C(\cdot)$ 의 모수를 추정하는 것으로 해석될 수 있다는 점을 시사한다. 본 연구에서는 기존 지불의사 유도방법의 단점을 극복하고, 응답의 특성을 고려하여 반영하고자 1.5경계 Spike 모형을 택하였으며, 이를 이용한 WTP 응답자료의 추정모형은 앞서 제시된 기본 모형에 대해 다음과 같은 과정에 따라 도출된다. 스파이크 모형(Spike model)은 Krström(1997)이 제안하였으며 영의 WTP 자료를 처리하기 위해 널리 이용되고 있다. 이는 WTP의 분포에서 ‘0’을 기준으로 음(-)에 해당하는 부분을 절단(truncation)하고 절단된 부분을 ‘0’에서의 스파이크 값으로 고려한다.

울산지역 상수도 수질개선에 대한 i 번째 응답자의 응답결과는 우선 첫 번째 질문에 하한 제시금액 A' 가 제시된 경우와 첫 번째 질문에 상한 제시금액 A'' 가 제시된 경우로 나눌 수 있다. 첫 번째 질문에 하한 제시금액 A' 가 제시된 경우 응답자는 (1) ‘예-예’, (2) ‘예-아니오’, (3) ‘아니오’라고 응답할 수 있으며, 첫 번째 질문에 상한 제시금액 A'' 가 제시될 경우 응답자는 (1) ‘예’, (2) ‘아니오-예’, (3) ‘아니오-아니오’라고 응답할 수 있다. 첫 번째 질문에 하한 제시금액 A' 제시된 경우에 대하여 “아니오”라고 응답한 응답자와 첫 번째 질문에 상한 제시금액 A'' 가 제시된 경우에 대하여 두 번의 질문에서 “아니오-아니오”라고 응답한 응답자에 대해 단 1원의 지불의사가 있는지 없는지를 물어보는 질문으로 0의 WTP와 하한 제시금액 A' 보다 작은 양의 WTP로 구분해서 ‘아니오-예’, ‘아니오-아니오’, ‘아니오-아니오-예’, ‘아니오-아니오-아니오’로 세분화할 수 있다.

앞에서와 마찬가지로, WTP의 누적분포함수를 $G_C(\cdot; \theta)$ 라 하고 이를 로지스틱(logistic) 함수로 가정하여 스파이크 모형을 구성하면 평균값 WTP를 추정할 수 있다. 스파

이크 모형에 있어서, $\theta = (a, b)$ 일 때 WTP의 누적분포함수는 Eq. (8)과 같이 정의된다. 여기에서 a 는 환경질 개선에 대한 한계효용으로 해석할 수 있고 b 는 소득의 한계효용으로 볼 수 있다(Krström, 1997).

$$G_C(A; \theta) = \begin{cases} [1 + \exp(a - bA)]^{-1} & \text{if } A > 0 \\ [1 + \exp(a)]^{-1} & \text{if } A = 0 \\ 0 & \text{if } A < 0 \end{cases} \quad (8)$$

Eq. (8)에서 표본에서 영의 WTP를 갖는 응답자의 표본비중을 의미하는 스파이크는 $1/\ln[1 + \exp(a)]$ 로 정의되며 이 모형에 대한 로그우도함수(log-likelihood function)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln L = & \sum_{i=1}^N (I_i^{YY} \ln[1 - G_C(A_i'')] + I_i^{YN} \ln[G_C(A_i'') - G_C(A_i')]) \\ & + I_i^{NY} [G_C(A_i^L; \theta) - G_C(0; \theta)] + I_i^{NN} \ln[G_C(0; \theta)] \\ & + I_i^Y \ln[1 - G_C(A_i'')] + I_i^{NY} \ln[G_C(A_i'') - G_C(A_i')] \\ & + I_i^{NNY} [G_C(A_i^L; \theta) - G_C(0; \theta)] + I_i^{NNN} \ln[G_C(0; \theta)] \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{cases} I_i^{YY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '예-예'}) \\ I_i^{YN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '예-아니오'}) \\ I_i^{NY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '아니오-예'}) \\ I_i^{NN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '아니오-아니오'}) \\ I_i^Y = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '예'}) \\ I_i^{NY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '아니오-예'}) \\ I_i^{NNY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '아니오-아니오-예'}) \\ I_i^{NNN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '아니오-아니오-아니오'}) \end{cases}$$

한편 WTP의 평균값이 Eq. (10)과 같다는 사실을 고려하면 평균값 WTP는 Eq. (11)과 같이 추정된다.

$$E(\overline{WTP}) = \int_0^\infty [1 - G_c(A)] dA - \int_{-\infty}^0 G_c(A) dA \quad (10)$$

$$\overline{WTP} = (1/b) \ln[1 + \exp(a)] \quad (11)$$

또한 각 응답자들의 사회·경제적 특성들이 그들의 WTP 질문에 대한 응답에 어떤 영향을 주는지를 파악하기 위해서는 공변량(covariate)들을 포함한 모형을 분석할 필요가 있다. 공변량을 포함할 경우, 위 식들의 a 는 단순히 $a + x_i' \beta$ 로 대체된다. 여기서 x_i 는 응답자들의 사회·경제적 특성을 반영하는 공변량 벡터이고, β 는 추정해야 할 모수(parameter)들로 이루어진 벡터이다.

4. 실증분석 결과

4.1 설문결과

Table 2는 울산시 수돗물 수질개선을 위한 매월 WTP에 대해 ‘예’ 또는 ‘아니오’라고 대답한 총 응답자의 분포를 나타낸다. 전체 400명의 응답자를 비슷한 숫자의 8개 그룹으로 구분한 다음에 각 제시금액 범위를 배정하였으며, 각 그룹 안에서는 대략 절반씩 나누어 받은 첫 번째 질문에서 하한 제시금액을 제시하고, 나머지 받은 첫 번째 질문에 상한 제시금액을 제시하였다. 특이할 만한 사항은 전체 400명의 응답자 가운데 71.5%가 울산시 수돗물의 수질개선에 대한 지불의사가 전혀 없다고 응답하였다는 것이다. 이것은 본 연구에 스파이크 모형의 적용을 정당화한다.

4.2 1.5경계 스파이크 모형의 추정결과

TSP 프로그램을 사용하고 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation)을 이용하여 Eq. (9)의 모수를 추정된 결과는 Table 3에 제시되어 있다. 최우추정법의 적용을 용이하게 하기 위해 제시금액은 1,000원 단위로 사용하였으며, 추정된 방정식의 통계적 유의를 살피기 위해 모든 추정계수는 0이라는 귀무가설을 상정하고 Wald 통계량을 구하였다. Wald 통계량으로 볼 때, 추정방정식에 있는 모든 추정 계수들의 값이 0이라는 귀무가설은 유의수준 1%에서 통계적으로 기각되었다.

제시금액에 대한 계수는 예상대로의 값을 가지며 제시금액이 높아질수록 ‘예’의 응답률이 낮아진다는 것을 시사한다. 스파이크는 0.7121로 유의수준 1%에서 유의하다.

Table 2. 제시금액에 따른 응답 분포

제시금액	표본 크기	응답자 수							
		하한 금액이 먼저 제시된 경우				상한 금액이 먼저 제시된 경우			
		yes-yes	yes-no	no-yes	no-no	yes	no-yes	no-no-yes	no-no-no
1,000 / 3,000	49	5	10	0	10	6	3	1	14
2,000 / 4,000	54	1	5	3	23	5	2	1	14
3,000 / 5,000	52	5	3	3	19	2	0	0	20
4,000 / 6,000	50	0	3	0	26	2	1	3	15
5,000 / 7,000	49	1	1	3	22	3	0	1	18
6,000 / 8,000	50	1	3	3	19	3	3	3	15
7,000 / 9,000	48	1	3	5	16	1	1	2	19
8,000 / 10,000	48	0	1	6	19	1	1	3	17
	400	14	29	23	154	23	11	14	132

응답자가 실제로 영의 WTP로 밝힌 비중을 고려했을 때 적절하게 추정되었다.

울산시 수돗물 수질에 대한 추정결과와 Eq. (10)을 이용하여 구한 평균값 WTP의 추정결과는 Table 4에 제시

Table 3. 추정결과

변수	추정결과
상수항	-0.9058 (-8.17)**
제시금액	-0.2108 (-9.28)**
스파이크	0.7121 (31.33)**
관측 가구수	400
로그우도(Log-likelihood)	-365.15
Wald 통계량 (<i>p</i> -value)	184.78** (0.000)

주) 제시금액은 편의상 1,000원 단위의 값을 이용하였다. Wald 통계량은 추정되어야 할 모수의 값이 모두 ‘0’이라는 가설 하에서 계산된 것이다. 추정치 아래의 괄호 안에 있는 숫자는 *t*-값이다. **는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

Table 4. WTP 추정결과

구분	추정결과
평균 WTP(원/가구/월)	1,611
- <i>t</i> -값	7.69**
- 90% 신뢰구간	1,311 - 2,030
- 95% 신뢰구간	1,260 - 2,117

주) 평균 WTP의 표준오차는 델타법(delta method)를 이용하여 계산되었다. 평균 WTP의 신뢰구간은 Krinsky and Robb (1986)에 제시된 몬테칼로 모의실험 기법을 이용하여 계산하되 재표본추출의 횟수는 5,000회로 하였다. **는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

Table 5. 공변량에 대한 정의 및 기초통계량

변수	정의	평균	표준편차
교육	응답자의 교육수준(교육연수) (0=교육을 받지 않음 ~ 20=대학원 졸업)	12.3	2.26
소득	세후 가구당 총 소득(단위: 10,000원)	331.92	139.06
연령	응답자의 연령(단위: 세)	39.91	10.33
성별	응답자의 성별(1=남성; 0=여성)	0.48	0.50

Table 6. 공변량을 포함한 경우의 추정결과

변수	추정결과
상수항	0.2257 (0.22)
교육	-0.1062 (-1.91)*
소득	0.0022 (3.05)**
연령	-0.0108 (-0.93)
성별	-0.1155 (-0.51)
제시금액	-0.2154 (9.30)**
관측 가구수	400
로그우도(Log-likelihood)	-359.54
Wald 통계량(p-value)	188.39** (0.000)

주) Wald 통계량은 추정되어야 할 모수의 값이 모두 '0'이라는 가설 하에서 계산된 것이고 추정치 아래의 괄호 안에 있는 숫자는 t-값이며 **는 유의수준 1%에서, *는 유의수준 10%에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

되어 있다. 평균값 WTP는 매달 가구당 1,611원으로 나타났다. 추정된 WTP는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의했다. 또한 WTP의 추정과 관련된 응답의 불확실성을 반영하기 위해 하나의 점추정치만을 제시하는데 그치지 않고 Krinsky and Robb (1986)이 제시한 몬테카를로 모의실험(Monte Carlo simulation)을 적용하여 신뢰구간을 제시하였다.

추정된 가구당 월평균 WTP를 이용하여 울산지역의 수돗물 수질개선에 따른 주민들이 누리는 편익의 크기를 가늠할 수 있다. 울산시의 수돗물 수질개선을 위해 2007년을 기준으로 가구당 매월 1,611원을 지불할 의사가 있는 것으로 분석되었기에, 이 값을 소비자물가지수를 이용하여 현재시점의 가치로 보정하고 12와 울산지역 가구수(374,094가구)를 곱하여 수돗물 수질개선에 대한 울산시민의 연간 편익을 계산하였다. 그 결과, 2011년 6월 기준으로 가구당 매월 1,854원이고, 연간 83.2억원에 이르는

것으로 나타났다.

4.3 공변량을 포함한 모형의 추정결과

본 연구에서 사용되는 공변량에 대한 정의는 Table 5에 제시되어 있다. 공변량을 포함한 모형의 추정결과는 Table 6에 제시되어 있다. 추정결과에 따르면 교육 및 월평균 가구소득 변수의 계수만이 10%와 1% 유의수준에서 유의하였다. 또한 소득 변수가 양(+)의 부호를 갖는 것은 월평균 가구소득이 높을수록 주어진 금액에 대한 지불의사가 높다는 것을 의미한다.

5. 결론

본 연구는 대표적인 공업도시인 울산광역시를 대상으로 수돗물 수질개선에 대한 응답자들의 지불의사금액을 도출하였다. 김재홍(2001)의 연구에서도 울산지역을 대상으로 수질개선에 대한 편익을 추정할 바 있으나, 기존의 연구에서는 톤당 추가적인 지불의사금액을 질문하였다. 본 연구에서는 응답자들이 수돗물 1톤에 대한 개념 및 가구의 수돗물 사용량에 대한 정보를 가지고 있지 않을 가능성이 높으므로 이러한 한계점을 개선하여 매월 수도요금에 추가적인 지불의사금액이 어느 정도인지를 질문하였다. 이를 위한 방법론으로 CVM을 적용하였으며, 다양한 지불의사유도방법 중에서 1.5단계 양분선택형 질문법을 택하여 분석하였다. 한편, 영의 응답의 비중이 매우 높은 편이라는 점을 반영하여 스파이크 모형을 적용하였다. 울산광역시 400가구를 대상으로 일대일 개별면접 조사를 수행하였으며, 기존 CVM 연구들이 제시하는 CVM 연구 수행 상의 지침들을 충분히 고려하고 반영하였다. 분석결과, 울산지역의 대표적 응답자들은 수돗물의 수질개선을 위해 추가적인 수도요금으로 매월 1,611원을 지불할 의사가 있었으며, 이 값에 물가지수를 반영하여 현재화시키고 울산광역시의 가구 수를 고려하여 울산광역시 전체로 확장하면 연간 약 83.2억원에 해당하는 것으로 나

타났다.

이러한 결과는 연구적 측면과 정책적 측면에서 의의를 가진다. 연구적인 측면에서 본 연구는 기존의 서울, 부산, 원주 등의 사례 연구에 더하여 울산광역시라는 공업도시에 대해 CVM의 적용가능성을 검토하였다. 유승훈과 홍필기(2007)에서 도출된 서울시 수돗물 수질개선에 대한 WTP보다는 낮은 수준이었지만 유승훈 등(2007)에서 도출된 원주시의 WTP에 비슷한 수준을 보이며 통계적으로 유의한 수준의 WTP를 나타내었다. 현재 수돗물 수질개선에 대한 WTP 분석이 일부 지역에 국한되었다는 점을 감안할 때 향후 전국적으로 연구구도를 확장시켜 포괄적인 지역간 비교를 시도해 볼 수 있을 것으로 판단된다. 정책적 측면에서 본 연구의 의의는 다음과 같다. 본 연구결과는 대상지역의 수질개선사업이 사회적으로 바람직한지 여부를 판단하는 경제적 분석에서 중요한 정보로 활용될 수 있다. 일반적으로 어떠한 사업의 비용-편익 분석을 수행할 때 시장에서 명백하게 거래되고 있는 재화가 아닌 경우 편익 정보를 도출하기 쉽지 않은 경우가 많다. 수질개선사업도 그 경우에 해당하지만 본 연구의 결과를 사업의 편익에 대한 예비적인 값으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로 향후 지역별 수질개선에 대한 편익의 추정을 시도할 경우에 대비하여, 후속 연구를 위한 방법론적 지침을 제시하고 연구결과의 시사점을 극대화할 필요가 있으며, 연구에서 도출된 지역별 편익 정보는 향후 수질개선에 대한 정부사업의 필요성에 대한 대 국민 홍보자료로 활용이 가능할 것이다.

참고문헌

과학기술부(2007), 21세기 프론티어연구개발사업-수자원의 지속적 확보기술개발 사업, 수자원 및 기술가치평가시스템 구축, K-water.

곽승준(1993) 수질개선의 편익추정 : 조건부가치추정법과 반모수 추정법의 적용. **자원경제학회지**, 자원경제학회, 제3권, 제1호, pp. 183-198.

김재홍(2001),울산시의 상수도 수질개선의 편익 추정. **한국정책학회보**, 한국정책학회, 제10권, 제3호, pp. 245-262.

유승훈, 신철오, 양창영(2007). 원주시 가구의 상수도 수질개선에 대한 지불의사액 추정. **환경정책연구**, pp. 79-103.

유승훈, 홍필기(2007), 무응답 자료 처리모형을 이용한 서

울시 수돗물 수질개선편익 추정. **서울도시연구**, 제8권, 제1호, pp. 41-54.

표희동, 박철형, 추재욱(2011), 비모수추정법에 의한 부산시 가정용수 수질개선에 대한 지불의사액 추정. **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제44권, 제2호, pp. 125-134.

Atkins, J.P., Burdon, D., and Allen, J.H. (2007). "An application of contingent valuation and decision tree analysis to water quality improvements." *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 55, pp. 591-602.

Barton, D.N. (2002). "The transferability of benefit transfer: contingent valuation of water quality improvements in Costa Rica." *Ecological Economics*, Vol. 42, pp. 147-164.

Bjornstad, D.J., and Kahn, J.R. (1996). *The Contingent Valuation of Environmental Resources: Methodological Issues and Research Needs*. Edward Elgar.

Brox, J.A., Kumer, R.C., and Stollery, K.R. (2003). "Estimating willingness to pay for improved water quality in the presence of nonresponse bias." *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 85, No. 2, pp. 414-428.

Cameron, T.A., and James, D. (1987). "Efficient estimation methods for closed-ended contingent valuation surveys." *Review of Economics and Statistics* Vol. 69, pp. 269-276.

Cameron, T.A., and Quiggin, J. (1994). "Estimation using contingent valuation data from a dichotomous choice with follow-up questionnaire." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 27, pp. 218-234.

Carson, R.T., and Mitchell, R.C. (1993). "The value of clean water: the public's willingness to pay for boatable, fishable, and swimmable quality water." *Water Resources Research*, Vol. 29, No. 7, pp. 2445-2454.

Cooper, J., and Hanemann, W.M. (1995). *Referendum Contingent Valuation: How Many Bounds Are Enough?*. USDA Economic Research Search Service, Food and Consumer Economics Division, Working paper.

Cooper, J. C., Hanemann, M., and Signorello, G. (2002). "One and one-half bound dichotomous choice contin-

- gent valuation.” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 84, pp. 742-750.
- Desvousges, W.H., Smith, V.K., and Fisher, A. (1987). “Option price estimates for water quality improvements: a contingent valuation study for the monongahela river.” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 14, pp. 248-267.
- Gupta, V., and Mythili, G. (2008). Estimating intangible benefits of improving water quality of Powai lake in India, paper presented at Consortium Europeen sur l’Economie du Paysage (CEEP).
- Hanemann, W.M. (1984). “Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses.” *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 66: pp. 332-341.
- Hanemann, W.M., and Kanninen, B.J. (1999). The statistical analysis of discrete-response CV data, in I.J. Bateman and K.E. Willis, ed., *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU, and Developing Countries*. Oxford: Oxford University Press.
- Hayes, K.M., Tyrrell, T.J., and Anderson, G., (1992). “Estimating the benefits of water quality improvements in the upper Narragansett bay.” *Marine Resource Economics*, Vol. 7, pp. 75-85.
- Gonzalez-Caban, A., and Loomis, J. (1997) “Economic benefits of maintaining ecological integrity of Rio Mameyes, in Puerto Rico.” *Ecological Economics*, Vol. 21, pp. 63-75.
- Kaoru, Y. (1993). “Differentiating use and nonuse values for coastal pond water quality improvements.” *Environmental and Resource Economics*, Vol. 3, pp. 487-494.
- Krinsky, I., and Robb, A.L. (1986). “On approximating the statistical properties of elasticities.” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 68, pp. 715-719.
- Kriström, B. (1997). “Spike models in contingent valuation.” *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 79, pp. 1013-1023.
- Langford, I.H., Bateman, I.J., and Langford, H.D. (1996). “A multilevel modelling approach to triple-bounded dichotomous choice contingent valuation.” *Environmental and Resource Economics*, Vol. 7, pp. 197-211.
- Loomis, J. (1990). “Comparative reliability of the dichotomous choice and open-ended contingent valuation techniques.” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 18, pp. 78-85.
- McConnell, K.E. (1990). “Models for referendum data: the structure of discrete choice models for contingent valuation.” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 18, pp. 19-34.
- Mitchell, R.C., and Carson, R.T. (1989). *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Washington, D.C.: Resources for the Future.
- Yoo, S.-H., and Yang, H.-J. (2001). “Application of Sample Selection Model to Double-bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation Studies.” *Environmental and Resource Economics*, Vol. 20, No. 2, pp. 147-163.

논문번호: 11-096	접수: 2011.08.14
수정일자: 2011.10.12/11.04	심사완료: 2011.11.04