

지하수오염 개선에 대한 지불의사액 추정Estimation of Household's Willingness to Pay for
Ground Water Pollution Improvement

유 승 훈* / 이 주 석**

Yoo, Seung-Hoon / Lee, Joo-Suk

Abstract

This paper attempts to examine households' willingness to pay (WTP) for ground water pollution improvement which can be used in cost-benefit analysis on the project for developing the soil pollution control technique. We applied a contingent valuation (CV) method to obtain at least a preliminary evaluation of the WTP. The CV survey was rigorously designed to comply with the guidelines for best-practiced CV studies. We surveyed a randomly selected sample of 500 households in Seoul metropolitan area and asked respondents questions in person-to-person interviews about how they would be willing to pay for the program. Respondents overall accepted the contingent market and were willing to contribute a significant amount (1,195 to 1,552 won), on average, per household per year. The aggregate value of the project for developing the soil pollution control technique amounts to approximately 20.3 billion won per year. The household values can be the benefits that ensue from the project and compared with the costs of the program to determine whether the project is economically desirable.

Keywords : ground water pollution, contingent valuation, willingness to pay

요 지

본 논문에서는 환경부에서 진행 중인 '지하수오염방지기술 개발사업'에 대한 경제성 분석의 기초자료로서 지하수오염 개선을 위한 일반가구의 지불의사액을 분석하고자 한다. 이를 위해 조건부 가치추정법(CVM)을 적용하되, CVM 연구에서 지켜야 할 다양한 지침을 엄격하게 준수하면서 가구조사를 시행하였다. 구체적으로 서울시, 인천시, 경기도 등 수도권 500 가구를 무작위로 추출하여 일대일 개별면접을 통해 '지하수오염방지기술 개발사업'에 의한 지하수오염개선을 위해 얼마나 지불할 의사가 있는지를 물었다. 응답자들은 전반적으로 조건부 시장을 잘 받아들였으며 가구당 월 평균 1,195원에서 1,552원의 지불의사액을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 이 값을 전국으로 확장하였더니 연간 약 203.3억원에 해당하였다. 이 값은 '지하수오염방지기술 개발사업'이 경제적으로 바람직한지 여부를 결정하기 위한 비용-편익분석에서 편익의 값으로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 지하수 오염, 조건부 가치추정법, 지불의사액

* 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 부교수 (e-mail: shyoo@seoultech.ac.kr)

Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea.

** 교신저자, 호서대학교 해외개발학과 전임강사 (e-mail: leejoosuk@hoseo.edu)

Department of International Area Studies, Hoseo University, 268 Anseo-dong, Cheonan, Chungnam 330-713, Korea.

1. 서 론

산업생산과 경제활동을 위해 지하수의 오염은 어느 정도 불가피한 측면이 있으며, 그간 지하수오염은 지속적으로 심화되어 왔다. 지하수오염은 매우 광범위하고 오래 지속되는 특징을 가져 해결이 상당히 어렵다. 또한 다른 환경오염은 상대적으로 눈에 잘 보이는 반면에 지하수오염은 눈에 잘 안 보여 발견 자체가 어려우며, 일단 발견되면 정화하는 비용이 상당히 많이 소요되고, 정화하는 데 소요되는 기간도 다른 환경문제에 비해 매우 오래 걸린다. 대표적인 지하수오염의 원인으로는 농사를 지을 때의 비료 과다 사용, 약 2만개에 달하는 주유소 및 기름 저장탱크에서의 기름 유출, 화학공장과 같은 유해물질 생산 공장이나 공단에서의 유독물질 누출, 약 900여 개의 달하는 폐광산 폐기물, 대기 및 수질오염 물질, 땅속에 버려져 있는 폐기물(쓰레기) 등이다. 이러한 지하수오염은 수질 및 대기 오염 유발, 농작물 피해 유발, 인체나 가축 피해 유발 등의 문제를 야기할 수 있다.

우리나라에서는 최근 공단이나 매립지 재개발, 군부대 이전, 주한미군기지 반환 등으로 공공부문 오염조사 및 정화 작업이 대규모로 진행되고 있다. 전국적으로 폐기물 매립지 1천400여개, 광산지역 500여개, 유류저장시설 5천여개, 과거 군부대 주둔지역 200여개 등 총 7천여개소의 지하수 또는 지하수가 오염된 것으로 추정된다. 또한 전국의 지하수 오염도는 매년 증가하고 있다(한국환경기술진흥원, 2006).

따라서 지하수오염을 발견하고, 오염원인자를 찾아내며, 사전에 예방도 하면서 오염을 복원할 수 있는 실용적인 기술의 개발이 절실하게 요구되고 있다. 그러나 국내에서는 지하수의 오염을 방지하고 정화하는 독자적인 기술력이 없어 방지 현장에서 쓰이는 대부분의 장비와 기술을 외국에 의존하고 있는 실정이다. 또한 2010년까지 관련 시장규모가 1조원대로 전망되는 등 오염 부지를 평가하고 현장에서 측정하는 기술의 수요가 폭증할 것으로 보이지만 기술 국산화 비율은 5~10%에 불과한 상황이다. 이에 환경부는 우리나라의 지하수오염에 보다 적극적으로 대처하기 위하여 2017년까지 지하수와 지하수 오염 방지 기술의 90% 이상을 국산화하는 것을 목표로 약 1천 397억 원을 들여 '토양·지하수 오염방지기술 개발사업'을 추진 중이다. 동 사업이 차질 없이 수행될 경우 핵심적인 지하수오염방지기술을 국산화함으로써 외국에 지불되는 기술도입비용을 절감할 뿐만 아니라 기술수출의 발판을 마련하는 한편, 사전예방과 오염조사 기술에 집중 투자함으로써 국가와 개인이 미래에 부담할 막대한 정화비용의 발생을 사전에 차단하는 데에도 기여할 것으로 기대

된다. 환경부의 예측에 따르면 '지하수오염방지기술개발사업'이 시행될 경우 사업이 미시행되는 경우에 비해 오염도가 20% 감소될 것으로 나타났다.

통상적으로 지하수오염방지기술개발사업과 같은 국가연구개발사업을 위해서는 막대한 예산이 필요하다. 따라서 이러한 대형국가연구개발사업이 시행되기 위해서는 비용-편익 분석(CBA, cost benefit analysis)을 통한 경제적 효율성의 평가가 필요하다. 이를 위해서는 지하수오염방지기술개발사업으로 인해 발생하는 편익 즉, 가치를 예비적으로 산정하는 작업이 필수적이다.

경제성분석에서 편익이란 해당 사업으로 인해 새롭게 창출되는 가치를 의미한다. 지하수오염방지기술개발사업의 혜택에 대한 시각을 일반 국민으로 확대해보면 이 사업으로 인해 지하수의 오염이 개선되므로 지하수의 이용으로부터 발생할 수 있는 위험이 줄어들게 되어 이로 인해 국민후생도 증가하므로 이 효과를 이 사업의 편익으로 간주할 수 있다. 이에 본 연구는 조건부 가치측정법(CVM, contingent valuation method)을 활용하여 지하수오염의 개선에 대한 일반국민의 지불의사액(WTP, willingness to pay)을 도출함으로써 지하수오염방지기술개발사업의 경제적 편익을 산정하고자 한다(Brent, 1995; Young, 1996). 특히 CVM과 같은 비시장재화의 가치측정방법론을 활용한 지하수오염 개선편익과 관련된 연구가 국내에는 전무한 상황에서 처음 시도되었다는 점에서 학술적 의의가 있다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 먼저 제II장에서는 본 연구에서 다루는 WTP 추정모형을 제시한다. 제III장에서는 설문조사 및 자료의 개요를 설명한다. 제IV장에서는 주요 분석결과에 대해 논의하며 타 연구결과와의 비교를 시도하고 추정결과를 모집단으로 확장한다. 마지막 장은 연구결과를 요약하면서 결론을 제시하고 연구결과의 정책적 시사점과 향후 연구전망에 대해 논의한다.

2. WTP 추정모형

2.1 WTP 유도 방법

CVM 실증연구에서는 주로 양분선택형(DC, dichotomous choice) 질문법이 사용되는데 이것은 이 방법을 이용한 WTP 유도가 유인 일치적이며(incentive-compatible) 저항적 지불의사(protest bids)를 사전에 방지할 수 있기 때문이다. 특히 DC 질문유형 중에서 한 번의 질문만 하는 단일경계 양분선택형(SBDC, single-bounded dichotomous choice) 질문유형보다는 후속질문을 한 번 더 하는 이중경계 양분선택형(DBDC, double-bounded dichotomous

choice) 질문유형이 통계적 효율성 때문에 실제 CVM 연구에서 널리 사용되고 있다(Hanemann et al., 1991). 본 연구에서는 DBDC 질문법을 사용하고자 하기 때문에, DBDC 질문의 사용과 관련된 한 가지 중요한 측면에 대해 논의할 필요가 있다. 삼중경계(triple-bounded) DC 모형과 같은 이중경계 모형을 왜 사용하지 않느냐에 관한 것이다. 실제로 Langford et al. (1996)는 삼중경계 모형을 적용한 바 있다. 하지만 Cooper and Hanemann (1995)의 몬테카를로 모의실험(Monte Carlo simulation) 결과에 따르면, DBDC 모형과 비교할 때 삼중경계 모형은 이중경계 모형보다 평균자승오차(mean square error)의 관점에서 열등하다(Hanemann and Kanninen, 1999). 따라서 본 연구에서는 삼중경계 모형을 사용하지 않고 이중경계 모형을 사용한다.

2.2 WTP 모형

DBDC-CVM 모형의 운용을 통해 얻어진 자료를 분석하여 WTP의 대표값을 분석할 수 있는 모형은 크게 Hanemann (1984)이 제안한 효용격차모형(utility difference model)과 Cameron and James (1987)이 제안한 WTP 함수 접근법의 2가지가 있다. McConnell (1990)는 흥미로운 연구결과를 제시하고 있는데 주요 내용에 따르면, 이 두 가지 접근법이 서로 쌍대(duality)의 관계에 있어 어느 방법을 사용하느냐 하는 것은 옳고 그름의 문제가 아니라 단지 연구자의 스타일의 문제라는 것이다. 따라서 두 접근법 중에 하나를 연구자가 적절하게 선택하여 사용하면 된다. 본 연구에서는 편의상 효용격차모형을 위주로 적용한다. 이 모형의 운용은 다음의 절차를 따른다. 우선 제시된 금액에 대해 지불의사가 있는 지 여부를 묻는 질문에 대한 응답을 모형화한다. 즉, ‘예’ 또는 ‘아니오’의 이산응답을 모형화한 후 최우추정법을 통해 관련된 모수들을 추정한다. 다음 단계로 WTP의 평균값 또는 중앙값을 계산한다.

응답자가 자신의 효용함수를 정확하게 알고, 주어진 화폐소득(m)과 개인의 특성벡터(S)에 근거하여 지하수오염방지기술개발사업의 상태(j)에 대해 느끼는 효용은 다음과 같은 간접효용함수 u 로 표현될 수 있다.

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

여기서, $j=0$ 는 지하수오염방지기술개발사업을 시행할 수 없는 상태를 의미하며 $j=1$ 는 지하수오염방지기술개발사업이 시행되는 상태를 의미한다. 그런데 연구자에게는 응답자가 측정대상 지하수오염방지기술개발사업의 상태 변화를 선택 또는 거부하는 데 있어 관측이 불가능한 부분이 존재한다. 따라서 간접효용함수는 다음과 같이 관측 가능한 확정적인 부분 $v(j, m; S)$ 과 관측 불가능한 확

률적 부분 ϵ_j 로 구성된다.

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

간접효용함수에 영향을 미치는 확률적 성분인 ϵ_j 는 j 에 상관없이 독립적이면서 동일한 분포를 갖는(independently and identically distributed) 확률변수로 평균은 0이다. 각 개인이 효용을 최대화한다고 가정하자. 그렇다면 각 개인은 다음의 조건을 만족할 때, “당신은 환경재의 이용을 위해 또는 환경재의 보존을 위해 A 를 지불할 의사가 있습니까?”란 질문에 대해 “예”라고 대답하면서 A 를 기꺼이 지불함으로써 효용을 최대화한다.

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

또는

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

이제 효용의 격차와 오차항의 격차를 $\Delta v(A) \equiv v(1, m - A; S) - v(0, m; S)$, $\eta \equiv \epsilon_0 - \epsilon_1$ 과 같이 정의한다. 그렇다면 “예”라고 응답할 확률은 다음과 같이 표현된다.

$$\Pr\{\text{응답이 “예”}\} = \Pr\{\Delta v(A) \geq \eta\} \equiv F_\eta[\Delta v(A)] \quad (4)$$

여기서 $F_\eta(\cdot)$ 는 η 의 누적분포함수(cdf, cumulative distribution function)이다. “예”란 응답은 $\Delta v \geq 0$ 일 때 관측되며, “아니오”란 응답은 $\Delta v < 0$ 일 때 관측된다. 지금부터 C 로 표기할 WTP는 확률변수로서 이의 cdf는 $G_C(A)$ 로 정의된다. 한편 Eq. (4)는 다음과 같이 다르게 표현될 수 있다.

$$\Pr\{\text{응답이 “예”}\} = \Pr\{C \geq A\} \equiv 1 - G_C(A) \quad (5)$$

따라서 Eq. (4)와 Eq. (5)를 비교하면 다음의 관계식을 구할 수 있다.

$$1 - G_C(A) \equiv F_\eta[\Delta v(A)] \quad (6)$$

이 결과는 이산반응모형(4)를 적합시키는 것이 곧 WTP의 분포함수인 $G_C(\cdot)$ 의 모수를 추정하는 것으로 해석될 수 있다는 점을 시사한다. 이 때 C 는 $j=0$ 상태에서 $j=1$ 의 상태로 변화하기 위한 WTP이다. C 가 음의 값도 가질 수 있을 때의 평균(C^+)은 흔히 다음과 같이 계산된다.

$$C^+ = E(C) = \int_0^\infty [1 - G_C(A)] dA - \int_{-\infty}^0 G_C(A) dA \quad (7)$$

2.3 DBDC 모형의 추정모형

주어진 지하수오염개선에 대해 i 번째 응답자는 첫 번째 제시금액(A_i)을 지불할 지 여부에 대해 “예” 혹은 “아니오”

로 응답한다. “예”라고 응답한 응답자에게 제시되는 두 번째 금액과 “아니오”라고 응답한 응답자에게 제시되는 두 번째 금액은 각각 A_i^H 및 A_i^L 로 표시한다. 아울러 WTP 질문에 대한 응답을 간단하게 나타내기 위해 다음과 같이 몇 가지 변수를 더 정의한다.

$$\begin{cases} I_i^{YY} = \mathbf{1}(\text{i번째 응답자의 응답이 “예-예”}) \\ I_i^{YN} = \mathbf{1}(\text{i번째 응답자의 응답이 “예-아니오”}) \\ I_i^{NY} = \mathbf{1}(\text{i번째 응답자의 응답이 “아니오-예”}) \\ I_i^{NN} = \mathbf{1}(\text{i번째 응답자의 응답이 “아니오-아니오”}) \end{cases} \quad (8)$$

여기서 $\mathbf{1}(\cdot)$ 은 인디케이터함수 (indicator function)로서 괄호 안의 조건이 만족되면 1의 값을 취하고 만족되지 않으면 0의 값을 갖는다. 예를 들어, I_i^{YY} 는 i 번째 응답자의 응답이 “예-예”이면 1이고, 아니면 0의 값을 취한다.

이제 효용극대화를 추구하는 응답자 N 명의 표본을 가정할 경우 i 번째 응답자의 응답결과를 구분하여 다음과 같이 로그-우도함수를 구성할 수 있다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \left\{ \begin{aligned} &I_i^{YY} \ln[1 - G_C(A_i^H)] + I_i^{YN} \ln[G_C(A_i^H) - G_C(A_i)] \\ &+ I_i^{NY} \ln[G_C(A_i) - G_C(A_i^L)] + I_i^{NN} \ln G_C(A_i^L) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

통상적인 관례에 따라, $F_y(\cdot)$ 를 로지스틱 (logistic) cdf로 정형화하고 이것을 $\Delta = a - bA$ 와 결합하면 WTP의 cdf는 다음의 형태를 취하게 된다.

$$G_C(A) = [1 + \exp(a - bA)]^{-1} \quad (10)$$

2.4 스파이크 모형

지금까지는 일반적인 WTP 모형에 대해 설명하였다. 이제는 지하수오염방지기술개발사업의 환경개선 효과에 국한된 WTP의 성격에 대해 검토해 볼 필요가 있다. 사실 지하수오염방지기술개발사업의 환경개선 효과는 일반 국민들에게 매우 생소한 재화이며, 지하수 오염방지를 위해 본인의 소비를 일부러 줄여 이 금액만큼을 지불한다는 것에 대해 거절의 의사를 가지고 있는 사람들이 적지 않을 것이다. 따라서 이러한 경우에 적용이 가능한 모형의 개발이 필요하며, 이 모형에 투입되어야 할 자료를 확보할 수 있도록 설문지도 적절하게 보완될 필요가 있다.

이와 관련하여, 본 연구에서 사용한 설문지에는 단 1원의 지불의사가 있는지 없는지를 물어보는 질문도 포함되어 있다. 즉, 제시금액에 대한 두 번의 질문에서 “아니오-아니오”라고 응답한 응답자에게는 “그렇다면 귀하의 가구는 단 1원도 지불하실 의사가 없습니까?”라는 질문을 하였다. 이 질문에 대해 “지불할 의사가 있다”고 응답한다면 양의 WTP를 가지며, “지불할 의사가 없다”고 응답한

다면 영의 WTP를 가질 것이다.

사전적인 예상대로, 조사대상 500 가구 중에서 지하수 오염 개선에 대해서는 57.8% (289 가구),가 오염방지기술 개발사업의 환경개선 효과에 대해 지불의사가 전혀 없다는 의견을 밝혔다. 이러한 상황은 WTP에 관한 서베이 자료에서 흔히 관측된다.

영의 값을 가진 WTP 자료의 분석을 위해서는 다수의 가구들이 지하수오염개선에 대해 전혀 지불할 의사가 없다는 사실을 고려해야만 한다. 다시 말해서, WTP의 분포는 영의 값을 갖는 응답자 그룹과 양의 WTP를 갖는 응답자 그룹으로 양분되는 것이다. 경제성 분석 등에 사용될 수 있는 WTP의 평균값을 구하기 위해서는 WTP의 분포를 구해야 하고, WTP의 분포를 구하기 위해서는 이러한 점이 반드시 고려되어야 한다. 만약 영의 WTP 응답을 무시하고 분석을 한다면 적지 않은 오류를 범하게 된다. 통상 양의 값만 가지는 경제변수의 경우는 양의 영역에서만 정의되는 분포를 이용하여 분석하면 되지만, WTP 자료와 같이 영의 값과 양의 값을 함께 가질 수 있는 경제변수의 경우에는 정형화 (specification)에 있어서 어려움이 존재한다.

이러한 영의 WTP 자료를 처리하기 위해 널리 이용되는 모형은 Kriström (1997)이 제안한 스파이크 모형 (spike model)이다. 이제 스파이크 모형에 대해 정형화하겠다. Eq. (8)의 마지막 부분에 있는 “아니오-아니오”의 응답은 0의 WTP와 두 번째 제시금액 (A^L)보다 작은 양의 WTP로 구분되므로, I_i^{NN} 은 다시 I_i^{NNY} 와 I_i^{NNL} 로 세분화된다.

$$\begin{cases} I_i^{NNY} = \mathbf{1}(\text{i번째 응답자의 응답이 “아니오-아니오-예”}) \\ I_i^{NNL} = \mathbf{1}(\text{i번째 응답자의 응답이 “아니오-아니오-아니오”}) \end{cases} \quad (11)$$

앞에서와 마찬가지로, WTP의 누적분포함수를 $G_C(\cdot; \theta)$ 라 하고 $1 - G_C(\cdot; \theta)$ 를 로지스틱 (logistic) 함수로 가정하여 스파이크 모형을 구성하면 평균값 WTP를 추정할 수 있다. 스파이크 모형에 있어서, $\theta = (a, b)$ 일 때 WTP의 누적분포함수는 Eq. (12)과 같이 정의된다.

$$G_C(A; \theta) = \begin{cases} [1 + \exp(a - bA)]^{-1} & \text{if } A > 0 \\ [1 + \exp(a)]^{-1} & \text{if } A = 0 \\ 0 & \text{if } A < 0 \end{cases} \quad (12)$$

이 모형에 대한 로그우도함수 (log-likelihood function)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln L = & \sum_{i=1}^N \ln \{ I_i^{YY} [1 - G_C(A_i^H; \theta)] \\ & + I_i^{YN} [G_C(A_i^H; \theta) - G_C(A_i; \theta)] \\ & + I_i^{NY} [G_C(A_i; \theta) - G_C(A_i^L; \theta)] \\ & + I_i^{NNY} [G_C(A_i^L; \theta) - G_C(0; \theta)] + I_i^{NNL} \ln [G_C(0; \theta)] \} \end{aligned} \quad (13)$$

이 때 스파이크는 $1/\ln[1 + \exp(a)]$ 로 정의되며 표본에서 영의 WTP를 갖는 응답자의 비중을 의미한다. 한편 평균값 WTP는 다음과 같이 추정된다.

$$\overline{WTP} = (1/b)\ln[1 + \exp(a)] \quad (14)$$

3. 실증연구절차

3.1 대상재화 설정

본격적인 설문조사를 하기 위한 첫 단계로서 대상재화와 이에 대한 조건부 시장을 설정해야 한다. WTP에 관한 핵심질문을 하기 전에 설문지는 조건부 시장의 일반적 상황부터 만들어 갔다. 먼저 응답자에게 지하수오염 및 지하수오염에 대해 잘 알고 있는지에 대해 질문하였다. 다음으로 수질, 공기, 쓰레기 등의 다른 환경문제에 비해 지하수오염과 지하수오염이 얼마나 더 중요하다고 생각하는지에 대해 물었고, 반환 미군기지 관련 보도와 오염된 지하수 파동 관련 보도를 접한 적이 있는지에 대해 질문하였다.

그 다음 단계로 지하수 오염방지기술개발사업을 추진하기 위해서는 비용이 소요됨과 이를 통하여 생기게 될 경제적 상황을 설명하면서 기꺼이 추가적으로 지불하고자 하는 금액에 대해 질문하였다. 이 과정에서 지하수오염 관련 컬러사진 4장의 시각적 보기카드를 응답자들에게 제공하여 응답자들의 이해를 도모하였다.

특히 CVM을 적절하게 운용하기 위해서는 가치를 평가하고자 하는 비시장재화의 공급이전 상황과 공급이후 상황을 분명하게 묘사해야 하며, 구체적인 정책수단도 아울러 제시하여 설문에 대한 신뢰성을 확보해야 한다. 본 연구에서 응답자에게 제시된 정책수단은 정부주도로 오염방지 기술개발사업을 추진하는 것이다. 이 사업이 시행되지 못할 때와 이 사업이 시행될 때의 오염도 상황을 나타내는 그림을 설문조사 대상자들에게 제시하였다. 사업이 시행되기 이전은 지하수 오염도가 지속적으로 증가하는 상황이며, 이 사업이 시행된 이후로는 지하수오염도 증가를 감소시킬 수 있게 된다.

3.2 지불수단 선택

조건부 시장의 설정에 있어서 중요한 역할을 하는 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 의향과 행동 간의 관계를 밀접하게 할 수 있다는 점에서 중요하다. 특정한 지불수단을 결정할 때는 우선, 평가하고자 하는 재화와 관련된 정도, 둘째, 응답자

의 결정을 단순화할 수 있는 정도, 셋째, 여러 가지 편의를 제거할 수 있는 정도를 기준으로 삼게 된다. 즉, 평가하려는 대상과 관련하여 현실성이 있으며 사실과 부합하는 수단을 선택해야 한다는 것이다.

본 연구에서는 평가하고자 하는 지하수오염방지기술개발사업의 시행을 위한 재원확보 차원과 응답자의 친숙성을 종합적으로 고려하여 소득세를 지불수단으로 하였다. 많은 CVM 실증연구들이 소득세를 지불수단으로 사용하고 있다. 또한 Arrow et al. (1993)의 지침대로 응답된 WTP에 대한 지불로 다른 재화에 대한 지출을 줄여야함을 응답자에게 인식시켰다.

한편 지불원칙 및 지불기간은 가구당 1년에 1회 향후 10년 동안 부담하는 것으로 하였으며 설문조사원들은 이 점을 응답자에게 강조하였다. 또한 가구의 소득은 제한되어 있으며 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 한다는 사실과 정부가 해야 할 사업은 지하수오염방지기술개발사업 외에도 많다는 사실을 고려하면서 WTP 질문에 대답할 것을 명시적으로 요청하였다.

3.3 제시금액 설계

제시금액은 최종적으로 얻고자 하는 WTP의 평균값에 민감한 영향을 미칠 수 있으므로 세심한 주의를 기울여 결정되어야 한다. 본 연구에서는 무작위 추출된 30명을 대상으로 한 사전 설문조사를 통해 제시금액의 범위를 결정하였다. 이를 통하여 도출된 제시금액은 다음과 같다. 500원부터 5,000원까지 500원 간격의 10개 제시금액을 이용하였으며, 전체 응답자를 무작위로 10개 그룹으로 분류하여 제시금액을 고르게 할당하였다. 즉 총 500명의 응답자를 50명씩 10개 그룹으로 분할한 다음, 각각의 그룹에 대해 10개의 금액을 배정하였다.

3.4 설문방법 선택

설문방법은 개별면접설문, 전화설문, 우편설문 등이 있다. 지하수오염방지기술개발사업의 경제적 편익 추정의 경우 몇몇 복잡한 내용이 포함되어 있기 때문에 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자가 충분히 이해할 수 있도록 하기 위하여 일대일 개별면접 설문을 실시하였다. 특히 Arrow et al. (1993)은 CVM 설문에서 전화조사나 우편조사가 아닌 일대일 개별면접 설문조사에 근거해야 한다고 강조한 바 있다. 또한 인터뷰 끝에 응답자의 전화번호를 물어 임의로 추출된 가구에 대해 설문조사 감독자들은 조사원들이 일을 제대로 했는지 확인전화를 하였고 몇 가지 질문을 다시 해서 응답자들의 대대에 일관성이 있는지를 점검하고 응답이 빠진 항목에 대해 다시 질문을 하여 답을 얻었다.

3.5 표본 설계

설문조사 대상지역은 서울시, 인천시, 경기도의 수도권 지역으로 한정하였다. 이것은 설문조사 예산상 전국을 대상으로 하기에는 문제가 있으며, 수도권은 인구의 절반 가량이 살고 있는 곳이라 수도권만 대상으로 하더라도 어느 정도의 대표성을 확보하고 있다고 볼 수 있다. 각 지역의 전체 인구를 대상으로 임의표본(random sample)을 도출하기 위해 각 지역 내의 인구구성비로 임의표각 나이의 비율에 맞게 표본 수를 할당하였다. 그리고 설문단위는 개인이 아닌 가구로 하여, 무작위 추출된 총 500 가구의 설문결과를 얻을 수 있었다.

설문조사는 수도권 지역에 대해 2007년 5월 중순부터 6월 중순까지 한국과학기술기획평가원, 호서대학교, 동서리서치 동서조사연구소의 공동주관으로 실시되었다. 표본추출 및 면접조사는 조사전문기관인 (주)동서리서치에 의뢰하였다. 책임있는 가구의 의견에 대한 정보를 도출하기 위해 조사대상은 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 주부로 한정하였다.

4. 분석 결과

4.1 WTP의 추정결과

Eq. (13)을 이용하여 Eq. (12)의 모수를 추정된 결과는 Table 1에 요약되어 있다. 최우추정법의 적용을 용이하게 하기 위해 제시금액은 1,000원 단위로 사용하였다. Wald

Table 1. The Estimation Results

Variables	Estimation results (t-value)
Constant	-0.2562 (-2.81)#2
Bid	-0.7550 (-18.52)#
Spike	0.5637 (25.09)#
Observation	500
Log-likelihood	-626.91
Wald statistics1	407.52
(p-value)	(0.000)

Notes) 1. The hypothesis is that all the parameters are jointly zero and the corresponding p-value is reported in the parentheses below the statistic.

2. # indicates statistical significance at the 1% level.

Table 2. The Eestimation Result of Mean WTP

mean annual WTP per household	759 won
- Standard error	58 won
- t-value	13.19#
- 95% confidnece interval	[671 - 860]

Note) # indicates statistical significance at the 1% levels, respectively.

검정을 시행한 결과 추정된 모든 계수가 0이라는, 즉 추정된 결과가 무의미하다는 귀무가설이 유의수준 1%에서 기각되었다. 또한 제시금액의 추정계수가 음수인 것은 제시금액이 높아질수록 “예”라고 응답할 확률이 낮아짐을 시사한다. 이것은 설문조사가 제대로 수행되었음을 의미한다. 아울러 모든 추정계수가 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 한편 스파이크는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하며 각각 0.5637로 추정되었다. 500가구 중에서 영의 WTP를 밝힌 가구의 표본비율이 0.637이므로 스파이크의 추정값은 표본비율과 대략 유사함을 알 수 있다.

4.2 평균값 WTP의 추정 결과

스파이크 모형의 추정결과와 Eq. (14)를 이용하여 구한 평균값 WTP의 추정결과는 Table 2에 제시되어 있다. 평균값 WTP는 각각 연 가구당 759원으로 계산되었으며, 델타법(delta method)을 적용하여 추정된 이 값에 대한 표준오차는 58원이다. 따라서 t-값은 13.19으로 계산되므로, 추정된 평균 WTP는 유의수준 1%에서 모두 통계적으로 유의하다. 평균 WTP의 신뢰구간은 Krinsky and Robb (1986)에 제시된 몬테칼로 모의실험 기법을 이용하여 계산하되 재표본 추출의 횟수는 5,000회로 하였다.

4.3 모집단으로의 확장

CVM 연구를 수행하는 중요한 목적 중에 하나는 표본 정보를 이용하여 모집단 전체의 편익을 추정하는 것이며,

본 연구의 목적도 이와 같다. 즉 500가구라는 표본에 대해 도출된 정보를 활용하여 대한민국이라는 모집단 전체로 확장하는 작업이 마지막 단계로 요구된다. 이 과정에서 따져봐야 할 중요한 사항은 과연 표본이 모집단을 제대로 반영하고 있는지 여부이다.

앞서 언급하였듯이, 본 연구에서는 상당한 예산이 소요됨에도 불구하고 국내 유수의 전문조사기관에 의뢰하여 과학적인 표본추출 및 조사를 하고자 하였다. 아울러 설문대상자도 가구 내에서 책임있는 의사결정을 할 수 있는 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 주부만으로 한정하였다. 표본도 우리나라 인구의 절반가량이 거주하고 있는 수도권에 대상으로 하였다. 따라서 우리나라 전체 가구, 적어도 수도권 전체 가구의 의견을 잘 반영하고 있으며, 가상시장을 이용했다 하더라도 책임있는 정보를 도출했다고 볼 수 있다. 따라서 표본의 정보를 모집단으로 확장하는 데 별 무리가 없어 보인다.

첫째, 스파이크 모형으로부터 얻은 WTP의 평균값인 연 가구당 759원(지하수오염개선 편익)을 그대로 이용할지 여부이다. 이론적인 관점에서 볼 때, 다른 편익 추정기법에 비해 CVM은 편익의 정확한 값을 구할 수 있지만, 실증적으로 보면 통상 편익의 상한값을 구하는 것으로 인식되고 있다. 아울러 WTP를 계산하는 과정에서 여러 가지 불확실성이 개입되어 있다. 따라서 편익을 보수적으로 추정하는 것이 부정확한 판단을 내릴 가능성을 줄일 수 있다. 이런 관점에서 본 연구에서는 평균값 WTP 추정치를 이용하는 대신에 보수적 관점에서 95% 신뢰구간의 하한값을 이용하고자 한다.

둘째, 수도권에 추정된 값을 수도권 외 13개 광역지방자치단체로 편익이전(benefit transfer)을 해야 하는데, 이때 널리 사용되는 방법은 소득에 대해 조정을 해 주는 것이다. 하지만 현재 정부에서는 행정구역별 가구당 소득 자료를 공개하지 않고 있다. 가구당 지역내총생산의 이용도 고려해 볼 수 있지만, 우리나라의 지역내총생산은 행정구역별 소득수준을 제대로 반영하지 못하는 것으로 알려져 있다. 따라서 광역 지방자치단체별 소득수준의 차이를 반영할 수 있는 다른 지표를 찾아야 한다. 이때 한 가지 대안은 민간소비지출 자료를 이용하는 것이다. 박현

등(2004)에서도 민간소비지출을 이용하는 것이 가장 현실적이고 합리적임을 지적한 바 있다.

본 연구의 표본에서 얻은 WTP의 평균값 정보를 이용하여 모집단으로 확장하는 것은 다음 4단계의 절차를 거치게 된다.

- ① 수도권 지역의 2005년 인구주택총조사 기준 세대수 정보(통계청, <http://kosis.nso.go.kr>)를 이용하여 표본에 대해 추정된 평균값 WTP를 조사대상인 수도권 지역 전체의 모집단으로 확장한다.
- ② 2004년 기준 각 광역 지방자치단체별 세대 당 민간 소비지출자료(한국은행, <http://www.bok.or.kr>)를 이용하여, 수도권 지역에 대해 추정된 WTP의 평균값을 수도권 외의 13개 광역지방자치단체로 이전한다.
- ③ 2005년 기준 수도권 외 13개 광역지방자치단체의 2005년 인구주택총조사 세대수 정보(통계청, <http://kosis.nso.go.kr>)를 이용하여 수도권 외 지역 전체의 모집단으로 확장한다.
- ④ ①의 결과 및 ③의 결과를 합하면 우리나라 전체에 대해 지하수오염방지기술개발사업의 환경개선 편익을 추정할 수 있다.

분석결과는 Table 3에 제시되어 있다. 지하수오염방지기술개발사업의 환경개선 편익은 수도권의 경우 연간 58.5억원, 나머지 13개 광역 지자체는 55.6억원으로 총 114.1억원에 달하는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구의 가장 중요한 목적은 지하수오염방지기술개발사업과 관련된 일반 가구의 WTP를 추정하는 것이었다. WTP를 추정하기 위한 방법론으로 CVM을 적용했으며, 이를 위해 서울시, 인천시, 경기도 등 수도권 500가구를 대상으로 일대일 개별면접 조사를 수행하였다. Arrow et al. (1993)의 여러 가지 지침에 근거한 설문설계, 최근에 개발된 표본설문조사 표집기법 및 인터뷰 기법의 운용 등 CVM 연구에서 특별하게 요구되는 여러 조건들을 충분히 만족시키면서 본 연구가 수행되었다. 게다가 본 연

Table 3. The Environmental Benefit of Ground Water Pollution Prevention Technology Development Project

District	Annual WTP per household	Number of household	Annual benefit (billion won/year)
Metropolitan area	671 won	8,715,596	5.85
Other area	608 won	9,141,915	5.56
Total	-	17,857,511	11.41

구는 표본특성과 이론적 타당성 검증의 관점에서 지하수 오염 개선에 대한 가구의 WTP를 분석하기 위한 설문조사기법의 응용과 설문조사 수행결과를 강조하였다. 또한 ‘아니오-아니오’의 응답률이 약 57.9%를 점하고 있는 점을 감안할 때, 이러한 응답자들을 정말로 WTP가 0인 집단과 양의 WTP를 가진 집단으로 구분하여 스파이크 모형 (spike model)을 적용하였다.

분석결과 지하수오염방지기술개발사업의 환경개선효과, 즉 지하수오염의 개선에 대해 연 평균 759원의 WTP를 가지고 있었다. 이 값을 전국으로 확장하면 연간 약 114.1억원에 해당한다. 이러한 작업과 작업의 결과는 정책적인 측면뿐만 아니라 연구적인 측면에서도 중요한 의의를 가진다.

먼저 정책적 관점에서, 연구결과는 지하수오염방지기술개발사업의 편익이 의미하는 바를 이해하기 위한 좋은 출발점이 된다. 지하수오염의 개선은 시장에서 명백하게 거래되고 있는 재화가 아니기에 편익을 추정하기란 쉽지 않다. 따라서 본 연구는 지하수오염방지기술개발사업에 대한 통상적인 비용-편익 분석에서 사용될 수 있는 편익에 대한 예비적인 값을 도출하는 정책적 의의를 가진다. 경제적 효율성을 강조한다면, 지하수오염방지기술개발사업의 비용이 그 편익을 초과하지 않는다면 이 사업은 정당화된다. 연구적인 측면에서 지하수오염은 그 심각성에 비해 인식이 쉽지 않기 때문에 다른 환경문제에 비해서 간과되어 왔으며 이와 관련된 경제적 환경비용 또는 지하수오염의 개선의 경제적 편익에 따른 연구 역시 국내에는 전무한 상황이었다. 따라서 CVM을 활용하여 지하수오염의 개선에 대한 일반국민들의 WTP를 도출한 본 연구는 향후 지하수오염과 관련된 유사 연구에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

참고문헌

한국환경기술진흥원 (2006). **토양지하수 오염확산방지를 위한 장기 종합기술개발 계획 수립**. 한국환경정책평가연구원.

Arrow, K., Solow, R., Portney, P.R., Leamer, E.E., Radner, R., and Schuman, H. (1993). "Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation." *Federal Register*, Vol. 58, pp. 4601-4614.

Brent, R.J. (1995). *Applied Cost-Benefit Analysis*. Cheltenham, Edward Elgar.

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.

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.

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.

Hanemann, W.M., Loomis, J.B., and Kaninnen, B.J. (1991). "Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation." *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 73, pp. 1255-1263.

Krinsky, I., and Robb, A.L. (1986). "On approximating the statistical properties of elasticities." *Review of Economics and Statistics*, Vol. 68, pp. 715-719.

Krström, 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.

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.

Young, R.A. (1996). *Measuring Economic Benefit for Water Investment and Policies*. The World Bank.

논문번호: 10-050	접수: 2010.06.22
수정일자: 2010.08.30	심사완료: 2010.08.30