

지불거부 응답처리에 따른 시화국가산업단지 토양오염 정화 및 오염방지의 가치비교 연구*

A comparative study of bias controlled benefit estimation for contaminated soil purification: case in Sihwa national industrial complex

손민수** · 김홍석***

Son, Minsu · Kim, Brian H.S.

Abstract

This study compares the willingness to pay (WTP) for purification of contaminated soil in Sihwa National Industrial Complex (SNIC). The value of SNIC is elicited by using the sample selection model and controlling the existence of sample selection bias. To compare the value of the project four type of logit models are applied: Single-Bounded Dichotomous Choice (SBDC) CVM, Double-Bounded Dichotomous Choice (DBDC) CVM, Type-I Tobit model and Type-II Tobit model. The estimated WTP for SNIC contaminated soil purification is 6,279 won/month/household in SBDC, 2,188 won/month/household in DBDC, 1,214 won/month/household in Type-I Tobit model, and 2,389 won/month/household in Type-II Tobit model with bias control. Therefore, the WTP is overestimated 3 times when the sample selection bias is not controlled in the estimation.

키 워 드 ▪ 토양오염, 시화국가산업단지, 조건부가치측정법, 이변량모형, 편지제어

Keywords ▪ Soil Contamination, Sihwa National Industrial Complex, Contingent Valuation Method, Bivariate Model, Bias control

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

토양은 동식물의 터전인 동시에 인간 활동의 근간이다. 우리가 숨 쉬는 대기, 먹는 물과 함께 인간이 건강하고 쾌적한 생활을 영위하기 위한 필수 조건이다. 오늘날 도시가 발달하고 번영하면서 자동차 이동이 많아지고 도시의 폐수와 폐기물이 급격히 증가하였다. 이 과정에서 대기오염과 수질오염이 악

화되어 크고 작은 오염사고들이 발생하였다. 숨 쉬고 마시는 직접적인 환경문제에 사람들은 민감하게 반응하기 시작하였고, 이에 대기오염과 수질오염에 대한 다양한 대응과 대책들이 마련되었다.

반면, 도시화에 따라 건물, 도로 등의 기반시설 증가로 토양을 직접적으로 접촉할 기회가 줄어 토양오염에 대한 인식이 낮은 경향이 있다. 그러나 토양오염은 오랜 기간 보이지 않는 부분에서 누적되어 지하수를 오염시키고, 토양에서 생존하는 동식물의 2차 피해와 함께 인체에도 영향을 미칠 수

* 본 논문은 2011 대한국토·도시계획학회 추계학술대회에서 발표된 논문을 수정·보완한 것임.

** 서울대학교 농경제사회학부 지역정보전공 BK조교수 (주저자: msson@snu.ac.kr)

*** 서울대학교 농경제사회학부 지역정보전공 부교수, 농업생명과학연구원 겸임연구원 (교신저자: briankim66@snu.ac.kr)

있다. 토양이 오염되면 그 속에 갇혀 살고 있는 생물들과 지하수의 오염을 야기하고, 이는 직·간접적인 영향으로 인간에게 피해를 입힌다. 급성적인 피해보다는 오랜 기간 누적되어 만성적인 영향을 준다. 또한, 토양오염은 대부분의 환경오염처럼 한번 오염되면 개선이 어렵고 대기나 수질오염에 비해 더 긴 시간과 많은 경제적 투자를 필요로 한다.

한편 근래 미군기지 토양오염, 산업단지 및 오염 유발 시설에서의 토양오염, 폐광지역의 중금속 오염 사고 등 사회적으로 토양오염은 이슈화되고 있다. 오염원인의 책임논란과 오염정화에 따른 주변 거주자들의 경제적 피해와 함께 정신적·신체적 피해가 가중되고 있는 실정이다. 이와 관련하여 환경부에서는 토양오염 조기진단 및 정화체계 구축, 토양오염이 우려되는 국공유지의 조기정화 및 청정부지(green field) 개발절차의 법제화 및 시범사업 등을 추진하는 등 다방면으로 노력을 하고 있다.

그러나 토양오염실태조사를 통해 발견된 오염토양의 경제적 손실 및 복원에 따른 사회적 비용과 편익에 대한 관심은 소홀하고 부족한 실정이다. 이와 같은 맥락에서 본 연구는 시화국가산업단지 토양오염실태조사 자료를 바탕으로 오염토양을 정화하고 토양오염 방지에 대한 환경적 가치에 판단기준을 제시하고자 한다. 또한 응답자의 지불거부와 그에 따른 표본선택효과를 제어하여 지불의사금액(WTP: Willingness To Pay)을 산출하고 토양오염 방지의 가치변화를 살펴본다. 이를 통해 토양오염 방지 및 정화정책의 사회적 편익추정과 자발적 정화노력에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 그림 1과 같이 시화국가산업단지의 해당 행정구역과 연결 행정구역인 시흥, 안산의 14개동(군자동, 정왕1동, 정왕2동, 정왕3

동, 정왕4동, 정왕본동, 고잔1동, 선부1동, 선부2동, 원곡1동, 원곡2동, 원곡본동, 초지동)이다. 연구대상은 시화국가산업단지 오염토양과 그에 따른 영향으로부터 거주자의 간접 피해를 방지하기 위한 가상 상황이다.



Fig. 1. Spatial Scope of Research

더불어 기존 김홍석(2010)의 연구를 비교대상으로 설정하여 전국 토양의 존재 및 유산가치와 시화국가산업단지 토양오염의 복원과 방지를 위한 가치를 비교 검토한다.

II. 문헌고찰

토양의 가치평가와 관련된 연구는 토지나 토지이용의 가치추정에 관한 연구에 비해 상대적으로 부족한 실정이다. 국내에서는 대체비용법과 회피비용법을 통해 1ha 당 나지, 밭, 논, 임야지 토양의 공공적 가치를 산출한 연구사례(김진영, 1995)가 있으나 사용가치에 국한되어 있어 보다 포괄적이고 토양의 비사용가치 또는 내재적 가치를 산출하기 위해서는 방법론적으로 보완되어야 할 부분이 많다.

최근 들어 김홍석(2008, 2010)의 연구에서 토양이 가지는 존재가치와 보전가치에 대한 연구가 시도 되었으며, 이들 연구에서는 토양이 가지는 사용가치와 비사용가치를 구분하여 가치를 추정하였다. 이와 더불어 한국법제연구원(2010)에서 토양환경보

존법의 입법에 따른 사회적 편익을 논하는 과정에서 토양오염에 대한 가치를 간접적으로 평가하였다.

국외 논문의 경우 토양의 환경재로서의 가치보다는 특정 지역의 환경자원 혹은 토지이용에 초점을 맞추고 그것의 보존가치를 추정하는 사례가 많았으며, 대부분 조건부가치추정법(CVM: Contingent Valuation Method)을 적용하여 평가한 연구들이다.

CVM을 이용하여 공공사업의 환경 및 사회적 편익을 추정한 최근 국내외 연구를 살펴보면, 다수의 연구들이 이중양분선택형(DBDC: Double Bounded Dichotomous Choice) 질문법을 주로 이용하고 있다.

최근에는 단일경계양분선택형(SBDC: Single Bounded Dichotomous Choice)와 DBDC의 단점을 보완할 수 있는 1.5경계 양분선택(OOHBDC: One & One-Half Bounded Dichotomous Choice)모형을 적용하여 측정 재화의 가치를 추정하기도 한다(Cooper et al., 2002; 곽소윤 외, 2008; 유승훈, 2007; 유승훈·이주석, 2008; 이주석 외, 2007).

SBDC와 DBDC 모형 중에서 보다 효율적이고 정확한 모형인가에 대한 논의는 CVM을 연구하는 그룹에서도 매우 활발한 연구주제이며, 결정적인 결론을 이끌어 내지는 못 하였다(이종연, 2014). 다만 DBDC 모형이 SBDC 모형에 비해 통계적 효율성(statistical efficiency)을 높일 수 있으나(Hanemann et al., 1991) 내적 일관성(internal consistency), 출발점 편익, 유인 불일치(incentive incompatibility) 등의 편익을 초래할 가능성 또한 높아진다고 설명하고 있다(McFadden, 1994; Herriges and Shogren, 1996; Whitehead, 2002).

지불의사유도 방법에 따른 WTP 추정연구는 일반적으로 CVM의 특성상 모집단으로부터 표본을 추출하여 표본의 응답에 따라 연구결과를 추정한다. 이때, 표본추출에 있어 무작위 표본을 뽑아 관찰하기 어려우면 표본선택편의(sample selection bias)가 발생하게 된다(남준호, 1998). 이를 해결하기 위

한 방법으로 Heckman(1979)에 의해 표본선택모형(sample selection model)이 개발되었고, 실제 다른 연구 분야에서 많이 이용되고 있다.

그러나 CVM에서 발생할 수 있는 표본선택편의를 해결하기 위해 실증연구에 적용된 사례는 최근에서야 발표되고 있는 실정이다. 이들 실증연구에서는 흔히 관측되는 무응답 및 '0'의 응답을 고려하지 않으면 무응답 편익 및 표본선택 편익이 발생하여 WTP를 왜곡시킬 수 있다고 한다.

지불거부의를 나타낸 응답자의 처리과정에서 나타나는 표본선택문제를 보완하기 위해 근래 이변량 토빗모형(type-II tobit model), 스파이크모형(spike model) 등을 제안하고 있다(Carlsson and Johansson-Stenman, 2000; Lee et al., 2006; Strazzer et al., 2003; Yoo, 2009; Yoo and Kwak, 2002; Yoo et al., 2001; 곽소윤 외, 2008; 유승훈, 2003; 유승훈·양창영, 2004; 유승훈·이주석, 2008; 이민규·박은영, 2009).

따라서 본 연구에서는 지불거부 응답자의 처리과정에서 발생할 수 있는 표본선택문제를 제어하기 위해 이변량 토빗모형을 활용하여 지불거부에 따른 WTP의 차이를 비교하고, 선택모형에서 SBDC, DBDC 모형의 결과와 비교하여 연구의 차별성을 부여하고자 한다.

III. 연구의 방법 및 설계

1. 설문 의 설계

연구대상의 모집단은 시화국가산업단지 토양오염 영향권인 시흥, 안산 내의 14개동이며, 이들 지역의 20세 이상 성인 남녀를 대상으로 연령비, 거주지 비율을 기준으로 표본을 추출하였다¹⁾. 표본수는 500부로 모집단의 분포를 기반으로 최소 할당 표본추출법(Quota Sampling)을 이용하여 연령, 성별,

소득 등에 의해 오차범위(±5%) 이내에서 표본을 랜덤하게 추출하였다. 1:1 면접조사를 통해 설문을 진행하였으며, 토양오염에 대한 정확한 정보전달과 통제에 효율성을 위해 한국리서치에 의뢰하여 2010년 9월과 10월에 걸쳐 설문조사를 실시하였다.

Table 1. Contents of Survey

Classification	Contents
Cognition in Soil	<ul style="list-style-type: none"> • Cognition in soil value • Consciousness of urbanization and development
Cognition in Environment	<ul style="list-style-type: none"> • Degree of interest in Environment • Cognition in environment issue • Cognition in soil contamination
Economic value	<ul style="list-style-type: none"> • Willingness to pay donations for the restoration and prevention of soil contamination

가상 시장 시나리오의 주요 내용은 위의 표와 같으며, 가설적 편의를 최소화하기 위한 노력으로 응답자가 소득과 지출을 고려하여 지불의사 문항에 신중하게 답하도록 강조하였다. 또한 징수방법의 편의를 방지하기 위해 제시금액을 월별(X)과 연간(X×12)으로 모두 표시하였다.

가상 시장 시나리오의 지불수단으로 한국개발연구원(2012)에서는 기금과 같은 추상적인 지불수단보다 소득세 사용을 권장하고 있다. 그러나 토양오염 정화에 대한 비용은 원인제공자 부담원칙에 의해 집행 됨에도 불구하고 정화비용을 지역주민에게 전가한다는 오해의 소지가 발생할 수 있고, 세금에 대한 응답자들의 거부감을 고려하여, 토양오염의 추

가적인 방지로 인한 환경적/건강적 효과에 대한 '자발적인 기금참여'의 형태로 지불수단을 제시하였다.

WTP를 묻는 질문방법은 가장 널리 사용되고 있는 이중양분선택형 질문법을 채택하였다. 초기 제시금액을 설정하기 위해 사전설문조사를 실시하였으며 응답자들의 지불의사액 분포를 분석하여 2,000원/5,000원/10,000원/15,000원/20,000원/25,000원 6가지의 초기 제시금액을 설정하였고 그림2와 같은 방식을 통해 최종 지불의사금액을 묻는다. 초기 제시금액은 금액별로 균등하게 할당하되 응답자들에게 무작위로 배포하였다.

2. 분석모형

1) 효용격차모형

오염정화 및 오염방지에 대한 지역주민의 Hicks적 보상잉여(Compensating Surplus)를 추정하기 위한 방법으로 Hanemann(1984)의 효용격차모형(utility difference model)을 근거로 시화국가산업단지 토양오염 정화 및 오염방지에 대한 양분선택형 CVM 자료를 활용하였다.

시화국가산업단지 토양오염 정화 및 오염방지에 대한 응답자의 효용은 응답자의 소득(Y)과 사회경제적 특성(S)에 의존하는 간접효용함수(U(·))의 형태로 표현할 수 있다. 그러나 이와 같은 효용함수는 응답자 본인에게는 확실한 값이지만, 관찰자의 입장에서는 관찰될 수 없는 부분이 존재하기 때문

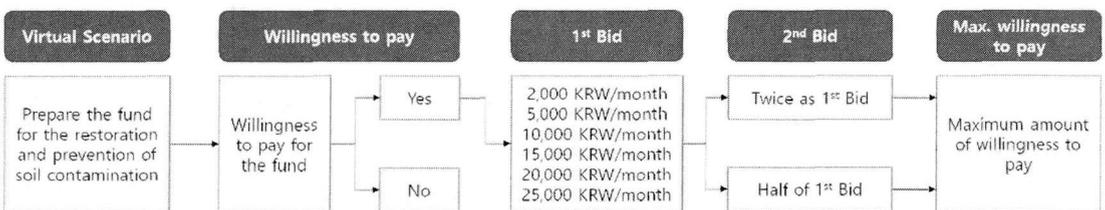


Fig. 2. Composition of Double Bounded Dichotomous Choice Question

에 식(1)에서와 같이 확률적 성분을 가지게 된다.

$$U(i, Y; S) = V(i, Y; S) + \varepsilon_i \quad (1)$$

$i = 1 \text{ or } 0$

식(1)에서 i 는 지시변수로서, $i = 1$ 이면 토양오염 정화 및 오염방지의 효용을 선택하는 경우이고, $i = 0$ 이면 그렇지 않은 경우를 의미한다. ε_i 는 확률오차로서, 평균이 0인 독립적이고 정규분포를 갖는 확률변수이다. 따라서 응답자가 시화국가산업단지 토양오염 정화 및 오염방지를 위한 제시금액 B원을 지불할 의사가 있는 경우, 응답자의 효용함수는 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$V(1, Y - B; S) + \varepsilon_1 \geq V(0, Y; S) + \varepsilon_0 \quad (2)$$

이는 응답자가 B원을 지불하여 소득이 감소함에도 불구하고 시화국가산업단지 토양오염을 정화하고 오염방지를 통해 누릴 수 있는 효용수준이 그렇지 않은 경우보다 크거나 같음을 의미한다. 따라서 관찰자의 입장에서는 응답자가 제시금액 B원에 대해 '지불의사 있음'을 선택할 확률을 식(3), (4)와 같이 나타낼 수 있다. 이 때, ΔV 는 시화국가산업단지 토양오염 정화 및 오염방지가 원활할 경우의 효용과 그렇지 않을 경우의 효용의 차이를, $\Pr[\cdot]$ 는 확률함수를, $F_\eta[\cdot]$ 는 η 의 누적분포함수를 의미한다.

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \Pr[V(1, Y - B; S) - V(0, Y; S) \geq \varepsilon_0 - \varepsilon_1] \\ &= \Pr[\Delta V \geq \eta] \\ &= F_\eta[\Delta V] \end{aligned} \quad (3)$$

$$\pi_0 = 1 - \pi_1 \quad (4)$$

여기서, $\Delta V = V(1, Y - B; S) - V(0, Y; S)$, $\eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1$ 표본에 있는 각 응답자를 $i(i = 1, \dots, N)$ 라 두고, 최초제시액을 B_{τ} 라 하고, $B_{\tau H}$ 와 $B_{\tau L}$ 을 각각 더 높은 제시액과 더 낮은 제시액이라고 둔다. 이중양

분선택형 질문에서 4가지의 다른 결과를 지시변수를 사용하면 다음과 같다.

- 1) 응답이 'no-no'인 경우
 $(WTP_\tau < B_{\tau L}) : D_{1\tau} = 1$
- 2) 응답이 'no-yes'인 경우
 $(B_{\tau L} < WTP_\tau < B_{\tau H}) : D_{2\tau} = 1$
- 3) 응답이 'yes-no'인 경우
 $(B_{\tau} < WTP_\tau < B_{\tau H}) : D_{3\tau} = 1$
- 4) 응답이 'yes-yes'인 경우
 $(B_{\tau H} < WTP_\tau) : D_{4\tau} = 1$

이러한 4가지 다른 결과에 대한 확률을 각각 $P_{1\tau}, P_{2\tau}, P_{3\tau}, P_{4\tau}$ 라고 하면, 각 확률은 모수 θ 를 가지는 WTP 누적분포함수 $F(x; \theta)$ 로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} P_{1\tau} &= F(B_{\tau L}; \theta) \\ P_{2\tau} &= F(B_{\tau H}; \theta) - F(B_{\tau L}; \theta) \\ P_{3\tau} &= F(WTP_\tau; \theta) - F(B_{\tau H}; \theta) \\ P_{4\tau} &= 1 - F(WTP_\tau; \theta) \end{aligned} \quad (5)$$

그러면 표본의 로그우도함수(log-likelihood function)는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$L(\theta) = \sum_{\tau=1}^N \left\{ \begin{aligned} &D_{1\tau} \log P_{1\tau} + D_{2\tau} \log P_{2\tau} \\ &+ D_{3\tau} \log P_{3\tau} + D_{4\tau} \log P_{4\tau} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

위의 식은 최우추정법(maximum likelihood method)를 이용하면 우도값을 최대화하는 θ 의 값을 구할 수 있다. 식(6)의 θ 가 로지스틱 분포를 따른다고 가정하면 로짓모형(logit model)이 되고, 누적정규분포로 가정하면 프로빗모형(probit model)이 된다. 본 연구에서는 상대적으로 추정이 용이하고 적합도가 높게 나타나는 로짓모형을 이용하고자

한다. 따라서 $F_{\eta}[\Delta V]$ 을 로지스틱 함수로 가정하면 식(7)와 같이 로짓모형으로 나타낼 수 있고, 이 때 ΔV 를 응답자의 가구소득 및 특성의 선형함수로 가정하면, 식(8)과 같이 선형로지스틱 모형으로 표현할 수 있다.

$$\pi_1 = F_{\eta}[\Delta V] = \frac{1}{1 + \exp(-\Delta V)} \quad (7)$$

$$F_{\eta}[\Delta V] = \frac{1}{1 + \exp[-(\alpha + \beta \times bid + \gamma S)]} \quad (8)$$

여기서, α : 상수항, β : 제시금액(*bid*)의 계수, γ : 제시금액 변수를 제외한 독립변수들의 계수

최종으로 시화국가산업단지 토양오염 정화 및 오염방지에 대한 응답자의 지불의사액은 식(8)을 이용하여 다음과 같은 방법을 통해 추정할 수 있다. 우선 무작위로 제시되는 제시금액 B원을 0에서 무한대까지로 설정하여 확률누적면적을 추정하는 절단 평균지불의사액은 식(9)와 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} WTP_{mean} &= \int_0^{\infty} F_{\eta}[\Delta V] dB \\ &= -\frac{1}{\beta} \ln[1 + \exp(\alpha)] \end{aligned} \quad (9)$$

2) 토빗모형(Tobit model)

본 연구에서는 시화국가산업단지 토양오염 복원 및 오염방지 사업을 위한 인근 거주자들에게 가구당 기부금(B원)에 대한 지불수락여부와 제안된 재화에 대한 WTP 수준으로 각 독립변수의 영향은 서로 다를 수 있도록 이변량(bivariate)모형으로 구성한다. *i*번째 응답자의 표본을 선택하는 방정식 y_{1i}^* 와 WTP 수준을 결정하는 방정식 y_{2i}^* 를 다음과 같이 정의할 수 있으며, ‘Type-II 토빗모형’이라고도 한다.(Amemiya, 1984)

$$y_{1i}^* = x_{1i}'\beta_1 + u_{1i} \\ y_{1i}^* = \begin{cases} 1 & \text{if } y_{1i}^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_{1i}^* \leq 0 \end{cases} \quad (10)$$

$$y_{2i}^* = x_{2i}'\beta_2 + u_{2i} \\ y_{2i}^* = \begin{cases} y_{2i}^* & \text{if } y_{2i}^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_{2i}^* \leq 0 \end{cases} \quad (11)$$

여기에서 β_1 과 β_2 는 추정할 모수벡터, u_{1i} 와 u_{2i} 는 교란항, x_{1i} 과 x_{2i} 는 설명변수 벡터이다. y_{1i}^* 는 제시금액에 대한 지불수락여부를 확인하는 변수이며, 지불을 수락하면 1이고, 거부하면 0의 값을 가진다. 여기서 오차항 $\{u_{1i}, u_{2i}\}$ 는 이변량정규 분포(bivariate normal distribution)을 따른다고 가정하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} u_{1i} \\ u_{2i} \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & \rho\sigma \\ \rho\sigma & \sigma^2 \end{bmatrix}\right) \quad (12)$$

이때, $\{y_{1i}^*, y_{2i}^*\}$ 는 이변량 정규분포 $N(x_{1i}'\beta_1, x_{2i}'\beta_2, 1, \sigma^2, \rho)$ 를 따르게 된다. 여기서 1, $\sigma^2\rho$ 는 각각 y_{1i}^* 와 y_{2i}^* 의 한계분포(marginal distribution)의 표준편차와 이들의 상관계수를 의미한다. 이를 바탕으로 Type-II 토빗모형의 우도함수를 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} L &= \prod_0 P(y_{1i}^* \leq 0) \times \prod_1 f(y_{2i}^* | y_{1i}^* > 0) \\ &\quad \times P(y_{1i}^* > 0) \end{aligned} \quad (13)$$

식(13)에 최우추정법(MLE: Maximum Likelihood Estimation) 및 헤크만의 2단계 추정법²⁾을 적용하여 모수를 추정할 수 있으며, 추정결과를 바탕으로 WTP의 표본 평균값인 $E(WTP)$ 을 구할 수 있으며 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$\overline{E}[WTP|x_2] = [\overline{x_2}'\hat{\beta}_2 + \rho\sigma\lambda(\overline{x_1}'\hat{\beta}_1)] \quad (14)$$

여기서 \bar{x}_2 는 응답자 표본에 대한 설명변수벡터 (x_2)의 표본평균, $\hat{\beta}_2$ 는 모수벡터(β_2)의 추정치, $\lambda(\cdot)$ 는 밀스비율의 역수(Inverse of Mill's ratio)³⁾를 뜻한다.

이변량 토빗모형과 더불어 단변량 모형에서 제시 금액(B)에 대한 지불수락 방정식 y_{1i}^* 와 개방형질문법을 통한 WTP 방정식 y_{2i}^* 를 각각 로짓모형과 Type-I 토빗모형을 활용하여 이변량 토빗모형으로 산출한 WTP인 식(14)와 비교하여 각각의 차이를 살펴본다.

개방형질문법을 통한 WTP 추정방법인 Type-I 토빗모형에서는 Tobin(1958)과 Amemiya(1984)가 제시한 모형을 활용하여 추정한다. 그러나 본 연구의 개방형질문의 결과는 이중양분질문을 거쳐 최종적으로 유도한 최대지불의사금액을 말하는 것으로 별도의 질문을 통해 도출된 값이 아니므로 한계점을 가지고 있다. 일반적인 Type-I 토빗모형은 앞서 살펴본 이변량 토빗모형의 WTP 방정식 y_{2i}^* 만 존재하는 형태이다. 토빗모형을 추정할 때에는 최우추정법이나 헤크만의 2단계 추정법을 사용하게 된다. Type-I 토빗모형에서는 최우추정법을 사용하며, 토빗모형의 로그우도함수는 다음과 같은 함수식으로 표현할 수 있다.

$$L(\beta, \sigma^2) = \sum_{y_i=0} \ln \left[1 - \Phi \left(\frac{x_i' \beta}{\sigma} \right) \right] - \sum_{y_i>0} \frac{1}{2} \left[\ln 2\pi + \ln \sigma^2 + \frac{(y_i - x_i' \beta)^2}{\sigma^2} \right] \quad (15)$$

첫 번째 항은 $y_i > 0$ 인 관찰 값들에 대응하는 것이고, 두 번째 항은 $y_i = 0$ 인 관찰 값들로부터 얻는 정보를 나타낸다. 위의 식(15)를 이용해 모수에 대한 일차추정량을 얻고, 절단정규분포의 성질을 이용하면 다음 식과 같이 WTP의 표본 평균값인

$E(WTP)$ 를 구할 수 있다.

$$E(WTP | x_i, y_i > 0) = x_i' \beta + \sigma \frac{\phi_i}{\Phi_i} \quad (16)$$

여기에서 ϕ 와 Φ 는 각각 표준정규분포의 확률밀도함수 $\phi_i = \phi(x_i' \beta / \sigma)$ 와 누적분포함수 $\Phi_i = \Phi(x_i' \beta / \sigma)$ 을 의미한다.

IV. 지불의사액 분석결과

1. 제시금액별 응답결과

제시금액별 응답결과는 다음 표와 같이 나타났으며, Y와 N은 제시금액에 대해 지불의사가 '있음', '없음'을 의미한다. 이중양분선택형 질문법의 경우 지불의사를 연속으로 두 번 답해야 하므로 예상할 수 있는 응답의 조합은 [Y-Y], [Y-N], [N-Y], [N-N]의 4가지이다. 예를 들어, [Y-N]를 답한 응답자는 첫 번째 제시금액 X원에 대해서는 '지불의사 있음'을 선택하였으나, 두 번째 제시금액 2X원에 대해서는 '지불의사 없음'을 선택한 경우이다.

Table 2. Result of response by bid amount

1 st Bid	[Y-Y]	[Y-N]	[N-Y]	[N-N]	Total
2,000 KRW	16	17	1	46	80
5,000 KRW	17	7	5	57	86
10,000 KRW	6	18	6	55	85
15,000 KRW	0	10	4	67	81
20,000 KRW	0	6	6	69	81
25,000 KRW	0	5	1	81	87
Total	39	63	23	375	500

표 2는 설문에서 응답자가 제시금액의 조합에 따라 응답한 분포이며, 제시금액이 높아질수록 '지불의사 있음'은 적어지고, 반대로 '지불의사 없음'은 많아지는 경향이 있음을 알 수 있다.

2. 변수의 선정

설문조사를 통해 수집한 자료와 분석모형을 바탕으로 시화국가산업단지 토양오염의 정화와 오염방지를 위한 모니터링 사업의 자금조성을 위한 응답자들의 지불의사액에 영향을 줄 것으로 예상되는 변수들의 정의와 기초 통계량을 다음 표 3과 같이 정리하였다.

이들 변수를 바탕으로 응답자의 가구소득 및 특성의 선형함수 ΔV 는 다음 식(17)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta V = f \left[\begin{array}{l} need, ngo, donation, age, \\ adjacent, period, engage, job, \\ education, income, type, bid \end{array} \right] \quad (17)$$

본 연구에서 종사여부와 환경에 대한 관심정도 및 사회공헌의 정도에 따른 지불의사액에 미치는 영향이 중요한 반응변수로 설정하였다.

3. 지불거부 편의검정

설문 시나리오 대한 WTP의 지불에 대한 참여 응답자와 거부 응답자의 특성을 비교하여 지불거부 편의를 검정한다. 지불 응답자와 지불 거부자 간의 변수특성의 차이가 유의미한가를 검정하기 위해 개별 변수에 대한 Z-통계량을 이용한다. 귀무가설은 변수의 평균에 있어서 지불 응답자와 거부자 간의 차이가 없다는 것이며, 귀무가설 검정을 위한 Z-통계량 식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

Table 3. Definition and summary statistics of variables

Category	Variable	Definition	Mean	Std. dev.
Characteristics of cognition and behavior	need	need of environmental function(1) needlessness of environmental function(0)	0.904	0.295
	ngo	participant(1) non-participant(0)	0.016	0.126
	donation	donate(1) not donate(0)	0.218	0.413
Spatial characteristics	adjacent	on site(1) near the site(0)	0.33	0.471
	period	less than 1 year(1) from 1 year to 5 years(2) from 5 years to 10 years(3) more than 10 years(4)	3.122	0.972
	engage	work in(1), work outside(0)	0.626	0.805
Social-Economic characteristics	age	20s(1) 30s(2) 40s(3) 50s(4) 60s(5) 70s(6)	3.574	1.271
	job1	exalted rank, specialized rank (1)	0.056	0.230
	job2	clerical job, engineer (1)	0.652	0.477
	job3	technical and sales work (1)	0.224	0.417
	education	more than college (1) less than college (0)	0.392	0.489
	income	less than 1 million(1) from 1 million to 2 million(2) from 2 million to 3 million(3) from 3 million to 4 million(4) from 4 million to 5 million(5) from 5 million to 6 million(6) from 6 million to 7 million(7) more than 7 million(8) (unit : KRW/month)	3.976	1.429
	type	detached house(1), besides(0)	0.15	0.357
Amount of bid	bid	1 st bid (2k/5k/10k/15k/20k/25k) (unit: KRW)	-	-

$$Z = \frac{\widehat{x}_{yes} - \widehat{x}_{no}}{\sqrt{\frac{s_{yes}^2}{n_{yes}} + \frac{s_{no}^2}{n_{no}}}} \quad (18)$$

여기서 \widehat{x}_{yes} 와 \widehat{x}_{no} 은 각각 변수의 평균, s_{yes}^2 와 s_{no}^2 은 각각 변수의 표준편차, n_{yes} 와 n_{no} 은 각각 변수의 표본크기를 뜻한다.

Table 4. Test of differences between respondents and protests

Variable	Response bid		Protest bid		Z-stat.
	Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.	
adjacent	0.360	0.481	0.314	0.465	22.079 [#]
age	41.749	12.514	39.462	12.691	41.373 [#]
period	5.383	1.896	5.403	2.020	-2.372 [#]
engage	0.983	0.968	0.434	0.623	147.438 [#]
need	0.914	0.281	0.898	0.303	12.484 [#]
ngo	0.034	0.182	0.006	0.078	43.827 [#]
donation	0.989	1.561	0.372	1.054	101.334 [#]
edu	3.829	1.181	3.594	1.075	46.672 [#]
income	4.029	1.432	3.935	1.398	14.926 [#]
type	0.114	0.319	0.169	0.376	-36.891 [#]
number of samples	175		325		

Note: # means the null hypothesis was rejected at the .05 significance level.

WTP추정에 있어 영향을 미칠 수 있는 주요 10개의 변수들을 살펴보면 모두 Z-통계량이 유의수준 5%의 임계치 1.96을 상회하므로, 지불 응답자와 지불 거부자 간의 차이가 없다는 귀무가설을 기각하게 된다. 이는 설문지의 표본자료가 지불거부에 대한 편이가 존재할 수 있으므로 WTP 추정에 유의할 필요가 있음을 뜻한다.

4. 분석결과

시화국가산업단지 토양오염 정화 및 오염방지의 가치를 추정하기 위해 다음 표와 같이 앞에서 선

정한 변수들을 바탕으로 표본선택문제를 살펴보기 위해 4가지 모형을 토대로 WTP 추정결과를 비교 분석하였다.

단변량 모형에서는 제시금액에 대한 지불의사 수락여부를 통한 SBDC CVM 자료와 DBDC CVM 자료를 바탕으로 추정한 결과와 개방형 질문법 CVM 자료를 바탕으로 Type- I 토빗모형으로 추정한 결과를 제시하였다.

Model I의 종속변수는 지불 제시금액에 대한 수용 여부이며, 설명변수로는 산업단지 근접성(adjacent), 나이(age), 거주기간(period), 종사여부(engage), 토양의 필요성(need), 기부여부(donation), 직업더미(job), 소득수준(income), 거주형태(type), 제시금액(bid)이 선택되었다. 추정결과, Wald chi2 검정에서 1% 유의수준에서 설명변수의 추정계수가 '0'이라는 귀무가설을 기각하여 결과 값은 유의미한 수치임을 확인할 수 있다. 세부적으로 engage와 bid가 1% 유의수준에서 유의한 결과를 보였다. 반면에 adjacent, age, need, education, job, income, type은 유의수준에 못 미치는 것으로 확인되었다. bid 변수의 경우, 추정벡터가 (-)값을 가지므로 제시금액이 높아질수록 응답자의 지불의사는 낮아지는 것을 의미하므로 제시된 재화에 대하여 응답자들의 인식이 잘 반영된 결과라고 할 수 있다. Model II의 종속변수는 지불 제시금액에 대한 2단계 제시에 대한 수용 여부이며, YY, NN, YN, NY의 형태로 표현된다. 설명변수로는 adjacent, period, engage, ngo, donation, education, income, bid 변수들이 선택되었다. 모형의 적합도는 Wald chi2 검정에서 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각하여 결과 값은 유의미한 수치임을 의미한다. 마찬가지로 bid 변수 추정벡터가 (-)값을 가져 응답자들의 인식이 잘 반영되었다고 판단할 수 있다.

Type- I 토빗모형(Model III)의 종속변수로는

Table 5. Result of analysis

Variable	SBDC CVM - Model I -	DBDC CVM - Model II -	Type- I Tobit - Model III -	Type-II Tobit (Sample Selection) - Model IV -	
				Protest	WTP
adjacent	0.022(1.43)	0.039(1.66)*	2.154(1.29)	0.259(2.01)**	3.222(1.82)*
age	0.004(0.59)	-	0.131(1.82)*	0.016(2.99)***	-
period	0.014(1.74)*	-0.046(-1.72)*	-1.534(-1.75)*	-0.295(-2.06)**	-5.846(-2.97)***
engage	0.024(2.89)***	0.051(5.58)***	9.557(5.60)***	0.557(6.68)***	7.015(3.95)***
need	0.033(1.18)	-	4.693(1.70)*	-	-
ngo	-	0.130(2.65)***	-	-	-
donation	0.037(2.27)**	0.013(2.45)**	10.740(6.00)***	0.182(3.84)***	1.964(2.73)***
education	-0.014(-0.81)	0.016(1.94)*	2.009(2.51)**	0.160(2.93)***	-
job1	0.034(0.95)	-	-4.006(-1.71)*	-	-
job2	0.015(0.44)	-	-6.503(-3.28)***	-	-
job3	0.024(0.68)	-	1.201(0.43)	-	-
income	0.008(1.46)	0.030(1.72)*	2.079(1.55)	-	-
type	0.027(1.37)	-	-	-	-
bid	-0.425(-7.78)***	-0.303(-5.59)***	-	-	-
constant	2.426(18.33)***	-0.059(-0.42)	-25.688(-4.00)***	-1.981(-5.89)***	-3.439(-0.56)
σ	-	-	-	0.729	
ρ	0	0	0	11.207	
λ	-	-	-	8.175	
obs.	500		500(Censored:325, Uncensored:175)		
Log likelihood	-758.834	-361.611	-855.664	-	
Wald chi2	33.24***	48.17***	-	17.52***	
LR chi2	-	-	100.03***	-	
Pseudo R2	-	-	0.057	-	

Note: Meaning the number in parenthesis is z-statistic.

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

λ means Inverse of mill's ratio.

재화에 대한 최대 지불의사금액(WTP_{max})이 사용되었고, 설명변수는 adjacent, age, period, engage, need, donation, education, job, income 변수들이 선택되었다. 우도비 검정($LR \chi^2$)은 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각하여, 모든 설명변수는 0의 값이 아닌 추정결과치가 유의미함을 판정하였다. adjacent, job3, income 변수 이외는 10% 유의수준에서 유의한 결과를 보였다.

이변량 모형에서는 표본선택문제에 의한 비밀치

적인 모수 추정치를 확인하기 위해 Type-II 토빗 모형(Model IV)을 활용하였다. Wald통계량이 1% 유의수준에서 유의하므로 모든 설명변수가 0이라는 귀무가설을 기각하여 변수들의 추정치는 유의미함을 나타낸다. 지불의사거부 함수에서 지불여부에 따른 표본을 선택하여 지불의사금액 추정 방정식인 WTP 방정식에 활용되는 모형의 구조이다. 여기서 ρ 는 Protest 방정식과 WTP 방정식의 각 오차항 간의 상관계수로 0보다 작으면 지불거부 응답자를

무시하여 과소평가하게 되고, 0보다 크면 항의 응답자를 무시함으로써 과대평가하게 됨을 의미한다 (Strazzera et al., 2003). 본 연구의 이변량 모형에서 ρ 값은 11.207로, 이는 항의응답자를 무시하게 되면 WTP를 과대추정하게 될 수 있음을 의미한다. 밀스비율의 역수(Inverse of Mill's ratio)인 λ 는 달리 위험률(hazard rate)로 불리기도 하며, 각각의 응답이 표본으로부터 배제될 순간적 확률(instantaneous probability)을 의미한다. 이 위험률이 클수록, 응답이 배제될 가능성이 커짐을 의미하며, 보통 0.8이상이면 표본선택효과로 인한 편의를 심각하게 고려해 보아야 한다.(남준호, 1998) 본 연구의 이변량 모형의 λ 값은 8.175로 10% 유의수준에서 유의미하기 때문에, 표본선택문제가 존재하여 이변량 모형이 더 유의미한 결과를 유도할 수 있음을 보여준다. 설명변수의 유의수준은 전체적으로 유의한 변수임을 보여주고 있다.

산업단지의 인접정도에 따른 변수(adjacent)는 5% 유의수준에서 유의미하며 산업단지에 근접할수록 WTP 지불의사가 높음을 나타낸다. 거주기간(period)과 종사여부(engage) 변수는 대체로 99% 유의수준에 적합한 결과 값을 나타내고 영향권 지역의 거주기간이 높을수록 지불의사가 떨어지고, 시화국가산업단지 종사 비율이 높을수록 응답자는 지불의사 확률이 높아지는 결과를 나타내었다. 이는 산업단지 종사에 대한 건강 염려로 지불의사를 많이 하고자 하는 반면, 거주기간에 따른 누적효과로 보상심리가 커져 지불의사가 떨어진 것으로 판단된다. 또한 기부자가 기부금액에 비례하여 지불의사가 양의 반응을 보였다.

모형의 결과 값을 토대로 질문단계, 개방형 질문의 방법, 표본선택에 따른 평균 절단지불의사액(WTP_{mean})이 변화하는 정도를 살펴보았다.

Table 6. Result of WTP_{mean} according to the control of bias

	bound	open	Sample selection	Mean WTP/HH
Model I	×	×	×	6,279 KRW/month (75,348 KRW/year)
Model II	○	×	×	2,188 KRW/month (26,260 KRW/year)
Model III	×	○	×	1,214 KRW/month (14,563 KRW/year)
Model IV	×	×	○	2,389 KRW/month (28,665 KRW/year)

그 결과, 개방형 질문에 따른 WTP가 가장 작게 산출되고, SBDC법을 이용한 로짓모형의 WTP가 가장 크게 산출되었다.

SBDC법을 이용한 로짓모형(Model I)으로 산출한 WTP는 월 6,279원/가구, DBCD CVM(Model II)로 산출한 WTP는 월 2,188원/가구, Type I 토빗모형(Model III)으로 산출한 WTP는 월 1,214원/가구, 이변량 토빗모형(Model IV)으로 산출한 WTP는 월 2,389원/가구 이다.

이변량 모형에서 표본선택에 따른 편의를 제거하지 못하게 되면, 단변량 모형보다 추가적으로 월 3,890원/가구 과대추정치가 발생하게 된다.

5. 토양의 가치와 토양오염의 복원가치

일반적으로 환경의 가치란 환경이 가지고 있는 원천적 가치를 의미하는 것이 아니라 어떤 행위의 결과로 증가하거나 감소한 후생의 크기를 의미한다. 본 연구는 시화국가산업단지 토양오염 실태조사를 기반으로 오염토양의 복원과 오염방지를 위한 가상 상황에 대한 설문 응답자들의 WTP를 통해 응답자의 후생감소를 추정하여 토양의 가치를 산출하고자 했다.

한편, 김홍석(2010)의 연구에서는 토양 본래의 기능 및 서비스를 보존하고 후손에게 물려주기 위해 감소하는 후생을 막기 위한 WTP를 추정하였다.

전자는 환경개선으로 인한 서비스의 증산이 연속적인 상황이 아니라 정해진 기간을 통해 효용변화를 추정하였고 후자는 연속적인 상황이라 할 수 있다. 이를 토대로 각각 토양에 대한 가치를 추정하면 다음 표 7과 같이 정리할 수 있다.

표 7에서 알 수 있듯이 토양의 내재된 기능과 서비스에 대한 가치부여가 토양오염의 복원에 따른 기능과 서비스의 가치부여보다 응답자들에게 높게 인식되고 있다. 이는 토양의 내재된 가치와 서비스가 보이지 않는 부분에서 더 많을 것이라는 기대감도 있지만, 토양오염으로 인한 가치손실에 대한 응답자들의 피해보상 심리와 오염원인 제공자의 부담 원칙에 따른 지불거부 반응심리가 크게 작용한 것이라 판단된다.

Table 7. Differences between the existence value and restoration and prevention value

Method	The existence value of soil	Value of the restoration and prevention	Differences
SBDC	98,976 KRW	75,348 KRW	23,628 KRW
DBDC		26,260 KRW	72,716 KRW
Tobit- I		14,563 KRW	84,413 KRW
Tobit-II		28,665 KRW	70,311 KRW

Note: Existence value of soil is the result of Kim(2010)

물론 김홍석(2010)의 연구는 모집단이 전 국민을 대상으로 설정하였고 샘플의 규모에서도 본 연구와 차이가 있지만, 분석결과에서도 나타났듯이 지불거부에 따른 표본선택문제의 영향이 크다고 볼 수 있다. 또한 토양의 가치와 토양오염 복원 및 오염방지의 가치가 격차가 발생하는데 대한 검토와 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다. 이는 환경재화로서 가지는 토양의 가치가 오염으로 가치를 훼손당하게 될 경우, 오염정화 및 오염방지의 가치를 통한 오염행위의 비용부과에서 누락할 수 있는 가치가 존재할 수

있음을 시사하고 있다. 손실된 가치보다 복원 및 오염방지의 가치가 작게 추정됨으로써 사회적 비용이 증가할 수 있는 부분이 존재하므로 토양오염 사고 시 보다 체계적인 검토가 필요하다.

V. 결론

본 연구는 시화국가산업단지 토양오염 정화 및 오염방지에 대한 가치를 유도하기 위해 지불거부 응답과 DBDC 및 개방형 질문법을 가미하여, WTP 추정상의 변화를 살펴보았다. 크게 단변량 모형과 표본선택모형인 이변량 모형으로 구분하여 살펴보았으며, 제시된 재화에 대하여 가치를 산출할 경우, 응답자 표본선택문제가 발생됨을 확인할 수 있었다.

본 연구의 목적과 차별성은 공공사업의 가치평가에서 발생할 수 있는 항의 및 무응답의 자료를 적절하게 제어하지 않으면 표본선택문제가 발생하여 WTP의 추정시 상당한 왜곡을 발생시킬 수 있음을 확인하는데 있다. 본 연구의 결과에서도 표본선택문제를 제어하지 않을 경우, 한국개발연구원(2012)의 지침에 따른 SBDC의 WTP가 표본선택모형보다 약 3배의 WTP를 과대추정하게 됨을 확인할 수 있었다.

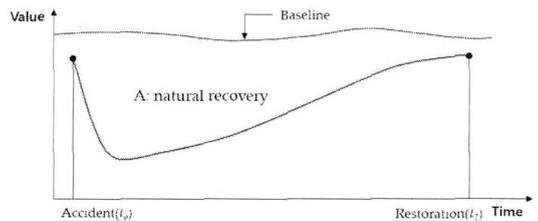


Fig. 3. Loss Value during the restoration

기존 CVM을 활용하여 공공사업 또는 비시장재의 가치평가를 한 연구들이 각종 편의(bias)에 대한 한계를 가지고 있는 것과 마찬가지로 본 연구에서

도 정보편의, 출발점 편익, 지불수단의 편익, 전략적 편익 등의 여러 편익들의 존재를 의심해 볼 수 있다. 특히 설문 대상자가 오염에 대한 직접적인 피해에 노출될 수 있으므로 지불의사에 대한 거부반응이 심각하게 노출되었다. 토양오염 정화 및 오염방지에 대한 시나리오를 정확히 전달하고, 그들에게 객관적인 가치 평가를 도출하게 하려면 설문 설계 시 각종 편익에 관한 검토를 충분히 해야 할 필요가 있었다.

두 번째로 설문조사량의 부족과 샘플의 대표성, 설문자료들을 바탕으로 도출된 토양오염 정화 및 오염방지의 가치가 토양 자원이 가지는 존재가치와의 차이가 존재하는데 건강 위해성 평가 및 생태계·환경 위해성 평가와 같은 다양한 접근 방안에 대한 검토와 논의가 필요하다고 본다.

토양오염환경보전법에 의해 늘어나는 토양오염에 대해서 국가의 개입이 늘어날 수 있는 만큼 앞으로 정책결정 과정에서 토양오염으로 인한 환경과 건강의 변화에 대한 논의와 고려가 다각적으로 검토되어야 할 것이다. 비록 CVM을 통해 국가 정책의 결정을 판단하기에는 한계가 있을 수 있지만, 토양이라는 환경재화에 대한 직/간접적인 손실과 이득을 고려하여 보다 포괄적인 정책평가를 꾀할 필요가 있다.

주1. 표본 및 모집단의 성별, 연령, 지역별 분포는 다음 표와 같다.

Classification		Ratio of sample	Ratio of population
Gender	Male	53.0%	53.9%
	Female	47.0%	46.1%
Age	20's	22.6%	22.1%
	30's	27.6%	31.6%
	40's	28.6%	26.2%
	over 50's	21.2%	20.0%
Region	Siheung-si	40.6%	46.6%
	Ansan-si	59.4%	53.4%

주2. 본 연구에서는 단변량 토빗모형의 경우 최우추정법을 통하여 모수를 추정하고, 이변량 토빗모형에서는

헤크만의 2단계 추정법을 통하여 모수를 추정함. 각 추정법의 세부단계는 Green, W. H.(2007)에서 참고.

주3. Inverse of Mill's ratio는 지불의사 수락 방정식 y_{1i}^* 에서 활용된 설명변수벡터 x_1 의 표본평균과 모수 벡터 β_1 의 추정치를 곱하여 합산한 값의 누적분포 함수 $\Phi(\overline{x_1\hat{\beta}_1})$ 를 확률밀도함수 $\phi(\overline{x_1\hat{\beta}_1})$ 로 나눈 값을 의미함. $\lambda(\overline{x_1\hat{\beta}_1}) = \phi(\overline{x_1\hat{\beta}_1}) / \Phi(\overline{x_1\hat{\beta}_1})$

인용문헌

References

1. 곽소윤,이주석,유승훈, 2008. "조건부 가치측정법을 이용한 생태체육공원 조성의 경제적 편익 추정", 「재정정책논집」 10(1): 257-276.
Kwak, S. Y., Lee, J. S. and Yoo, S. H., 2008. "Measuring the Economic Benefits of Establishing the Ecological Sports Park: A Contingent Valuation Study", *The Journal of Korean Public Policy*, 10(1): 257-276.
2. 김진영, 1995. "토양의 환경적 가치에 대한 경제적 평가", 중앙대학교 대학원 박사학위논문.
Kim, J. Y., 1995. "Economic evaluation about environmental value of soil", Ph. D. dissertation, Chungang University.
3. 김홍석, 2008. 토양·지하수 경제적 가치평가 및 사례조사, 과천: 환경부.
Kim, H. S., 2008. *Research on value evaluation and examples for soil and groundwater*, Ministry of Environment: Gwacheon-si.
4. 김홍석, 2010. 토양·지하수 경제적 가치 평가를 위한 진화적 방법론 연구, 과천: 환경부.
Kim, H. S., 2010. *Research on progressive methodology for economic value evaluation of soil and groundwater*, Ministry of Environment: Gwacheon-si.
5. 남춘호, 1998. "사회학적 연구에서 표본선택편의", 「한국사회학」 32: 99-136.
Nam, C. H., 1998. "Sample Selection Biases in Sociological Studies", *Korean Journal of Sociology*,

- 32: 99-136.
6. 유승훈, 2003. "생수 및 정수기 소비지출에 대한 이변량 토빗 연립방정식 분석", 「자원 환경경제연구」 12(4): 559-578.
 - Yoo, S. H., 2003. "Bivariate Tobit simultaneous equation analysis about consumer spending on bottled water and water purifier", *Environmental and Resource Economics Review*, 12(4): 559-578.
 7. 유승훈, 2007. "1.5 경계 양분선택형 모델을 이용한 도시소음 저감의 편익 추정", 「자원환경경제연구」 16(3): 451-483.
 - Yoo, S. H., 2007. "Using One and One-half Bounded Dichotomous Choice Model to Measure the Economic Benefits of Urban Noise Reduction", *Environmental and Resource Economics Review*, 16(3): 451-483.
 8. 유승훈.이주석, 2008. "층간소음의 불편비용 추정", 「국토연구」 58: 181-193.
 - Yoo, S. H. and Lee, J. S., 2008. "Inconvenience Costs from Reduction of Noise between Floors", *The Korea Spatial Planning Review*, 58: 181-193.
 9. 유승훈.양창영, 2004. "여수 앞바다의 해양오염 방지를 위한 지불의사액 분석", 「해양정책연구」 19(2): 107-137.
 - Yoo, S. H. and Yang, C. Y., 2004. "Willingness to Pay for the Prevention of Marine Pollution at the Yeosu Coast", *Ocean Policy Research*, 19(2): 107-137.
 10. 이민규.박은영, 2009. "김 가정 소비 지출의 결정 요인 분석: 선택 편익을 고려한 Type 2 토빗 모델을 이용하여", 「수산경영논집」 40(3): 147-167.
 - Lee, M. K. and Park, E. Y., 2009. "A Study on Determinants Affecting At-home Laver Consumption Expenditures : Type II Tobit Model Treating Sample Selection Bias", *The Journal of Fisheries Business Administration*, 40(3): 147-167.
 11. 이종연, 2014. "비용편익분석을 위한 조건부가치측정법에서의 총편익 산정: 소득효과 및 거리-소멸 효과를 중심으로", 「한국개발연구」 36(1): 45-80.
 - Lee, J., 2014. "Calculation of Total Benefit by the Contingent Valuation Method for Cost-Benefit Analysis : Focusing on Income and Distance-Decay Effects", *KDI Journal of Economic Policy*, 36(1): 45-80.
 12. 이주석.유승훈.곽승준, 2007. "낙동강 수질개선의 편익추정-1.5 경계 양분선택형 조건부 가치측정방법을 이용하여", 「경제연구」 25(2): 111-129.
 - Lee, J. S., Yoo, S. H. and Kwak, S. J., 2007. "Measuring the Economic Benefits of Water Quality Improvement of Nakdong-river -Using One One-Half Bound Dichotomous Choice Model", *Journal of Korean National Economy*, 25(2): 111-129.
 13. 임혜진.유승훈.곽승준, 2006. "서울시 서울숲 조성의 경제적 편익 추정", 「지역연구」 22(2): 225-250.
 - Lim, H. J., Yoo, S. H. and Kwak, S. J., 2006. "Measurement of the Economic Benefits for Seoul Forest Provision in Seoul", *Journal of the Korean Regional Science Association*, 22(2): 225-250.
 14. 한국개발연구원, 2012. 예비타당성조사를 위한 CVM 분석지침 개선 연구, 서울.
 - KDI, 2012. *CVM Guidelines for the Preliminary Feasibility Study*, Seoul.
 15. 한국법제연구원, 2010. 토양환경보전법에 대한 입법 평가, 서울.
 - KLRI, 2010. *Evaluation of Legislation on the Soil Environment Conservation Act*, Seoul.
 16. Amemiya, T., 1984. "Tobit models: A survey," *Journal of Econometrics*, 24(1-2): 3-61.
 17. Carlsson, F. and Johansson-Stenman, O., 2000. "Willingness to pay for improved air quality in Sweden," *Applied Economics*, 32(6): 661-669.
 18. Cooper, J.C., 2002. "Flexible functional form estimation of willingness to pay using dichotomous choice data," *Journal of Environmental Economics and Management*, 43(2): 267-279.
 19. Del Saz-Salazar, S. and Garcia-Menendez, L., 2001. "Willingness to Pay for Environmental Improvements in a Large City Evidence from The Spike Model and From a Non-Parametric Approach," *Environmental and Resource*

- Economics*, 20(2): 103-112.
20. Green, W.H., 2007. *Econometric Analysis*, Prentice Hall.
 21. Hanemann, W.M., 1984. "Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses," *American Journal of Agricultural Economics*, 66(3): 332-341.
 22. Hanemann, M., Loomis, J. and Kanninen, B., 1991. "Statistical Efficiency of Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation," *American Journal of Agricultural Economics*, 73(4): 1255-1263.
 23. Hayashiyama, Y., Tanabe, S. and Hara, F., 2001. "Economic evaluation of snow-removal level by contingent valuation method," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1741(1): 183-190.
 24. Heckman, J., 1979. "Sample selection bias as a specification error," *Econometrica: Journal of the econometric society*, 47(1): 153-161.
 25. Herriges, J. A. and Shogren, J. F., 1996, "Starting Point Bias in Dichotomous Choice Valuation with Follow-up Questioning," *Journal of Environmental Economics and Management*, 30(1): 112-131.
 26. Lee, CK., Kwak, SJ. and Yoo, SH., 2006. "Willingness to pay for a cyber ecological park," *Applied Economics Letters*, 13(13): 843-846.
 27. McFadden, D., 1994. "Contingent Valuation and Social Choice," *American Journal of Agricultural Economics*, 76(4): 689-708.
 28. Strazzera, E., Scarpa, R., Calia, P., Garrod, GD. and Willis, KG., 2003. "Modelling zero values and protest responses in contingent valuation surveys," *Applied Economics*, 35(2): 133-138.
 29. Tobin, J., 1958. "Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables," *Econometrica*, 26(1): 24-36.
 30. Whitehead, J. C., 2002. "Incentive Incompatibility and Starting-Point Bias in Iterative Valuation Questions," *Land Economics*, 78(2): 285-297.
 31. Yoo, SH., 2009. "Dealing with the willingness to pay data with preference intensity: a semiparametric estimation," *Applied Economics Letters*, 16(4): 387-390.
 32. Yoo, SH. and 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(14): 929-932.
 33. Yoo, SH., Kwak, SJ. and Kim, TY., 2001. "Modelling willingness to pay responses from dichotomous choice contingent valuation surveys with zero observations," *Applied Economics*, 33(4): 523-52.

Date Received 2014-04-24

Date Reviewed 2014-07-07

Date Accepted 2014-07-07

Final Received 2014-07-15