

토양의 총 경제적 가치

박소연 · 유승훈*

서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과

The Total Economic Value of Soil in Korea

So-Yeon Park · Seoung-Hoon Yoo*

Department of Energy Policy, Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science & Technology

ABSTRACT

The Korean government is planning to invest a lot of funds for conservation of the soil. Accordingly, it needs quantitative information on the soil. This paper attempts to analyze the total value of soil quantitatively: the total economic value of soil can be divided into use value and non-use value. To this end, we apply a replacement cost method (RCM) and contingent valuation method (CVM). Especially, CVM is most widely used to measure the non-use value such as environment goods. We employed the one-and-one-half-bounded dichotomous choice (OOHBDC) for willingness to pay (WTP) elicitation and a spike model. The monthly mean WTP was estimated to be KRW 3,949 per household for the next 10 years, which is statistically significant at the 1% level. Expanding the value to the relevant population gives us KRW 897.9 billion per year and as of the end of 2015, the non-use value of soil was assessed to be KRW 838.6 billion. Meanwhile, use value is subdivided into direct use value and indirect use value. This value was calculated KRW 3,277 trillion and KRW 51.8 trillion, respectively. As a result, total economic value of soil is estimated to be KRW 3,330 trillion in Korea.

Key words : Soil, Economic value, Use value, Non-use value, Contingent valuation

1. 서 론

토양은 인간의 생존에 기초가 되는 필수적인 환경요소로 없어서는 안 될 중요한 자연자산이며, 그 가치가 매우 크다. 이는 인간의 삶이 토양의 다양한 기능을 활용하므로 지속되고, 풍성해지기 때문이다. 게다가 인위적으로 생성되는 것이 거의 불가능하여 한정된 환경용량을 갖고 있다(Ministry of Environment, 1996). 즉, 생태학적으로 자연적인 균형을 이룰 수 있는 조절기능이 한정되어, 그 기능이 상실되지 않도록 해야 한다. 따라서 토양을 지속적으로 사용해야 하는 인간은 이를 관리하고 보존해야 한다.

사회 각 분야의 개발 및 발전으로 다양한 인프라가 구축되면서, 토양이 심각한 수준으로 오염되는 것뿐만 아니라 인간의 건강한 삶까지 위협을 받고 있다. 따라서 여러 나라에서 깨끗한 토양을 보존하여 인간의 건강한 삶을 영

위하고자 노력하고 있다. 예를 들어 미국의 경우 1970년대 러브캐널 사건으로 환경영향평가를 실시하고, 유해화학물질 등에 대한 규제를 시작하였다. 일본의 경우, 토양 오염사고 후 관련된 법을 제정하고 토양환경을 지키기 위해 힘쓰고 있다. 우리나라 정부는 토양보전 기본계획(2010-2019)을 세워 오염된 토양으로 인해 위험에 노출된 국민의 건강 및 환경적인 피해를 줄이고자 노력하고 있다. 이를 위해 특정 토양오염 관리대상 시설을 지정하여 해당 시설의 토양 오염도를 지속적으로 검사 및 관리하고 있으며, 오염된 토양은 정화사업을 실시하고 있다.

향후, 깨끗한 토양을 활용 및 보존하기 위한 노력은 인간의 지속가능한 삶을 위해 계속해서 진행될 것이며, 그 중요성 또한 더욱 부각될 것이다. 이에 따라 다양한 관련 정책 수립을 위한 많은 재원이 투입 될 것으로 예상되며 정책수립의 당위성을 확보하기 위한 정량적 정보가 필요

*Corresponding author : shyoo@seoultech.ac.kr

Received : 2016. 11. 25 Reviewed : 2016. 12. 27 Accepted : 2016. 12. 29

Discussion until : 2017. 2. 28

하다. 그동안 국내에서 토양과 관련되어 이루어진 많은 연구를 찾을 수 있었다. 대부분 오염된 토양의 성분을 분석하거나 이를 처리하는 기술적인 연구(Ju et al., 2016; Lim et al., 2016; Lee et al., 2016; Choi and Lee, 2016; Yoon et al., 2015)와 몇몇의 정책관련 연구(Oh et al., 2016; Cho et al., 2016; Yang et al., 2016)가 존재했다. 그리고 이 선행연구들은 공학적, 환경적, 정책적 접근을 시도한 논문이다. 이외에도 경제학적인 접근을 적용하여 토양의 가치를 산정한 연구들을 찾을 수 있었는데 방법론적인 보완과 최근 자료의 값으로 재 산정될 필요가 있다.

경제학적인 접근을 적용하여 토양의 가치를 산정한 국내 선행연구들을 살펴보면, 첫 번째로, Kim(1995)은 대체비용법과 회피비용법을 적용하여 토양을 특성별(일반토양, 임야토양, 밭토양, 논토양)로 나누고 ha당 가치를 구하였다. 환경적 기능에 대한 토양의 가치는 일반토양의 경우 약 124만원/ha이며, 임야토양 약 378만원/ha, 밭토양 약 265만원/ha, 논토양 649만원/ha으로 산정되었다. 가장 크게 가치가 산정된 것은 논토양이었으며, 다음으로 임야토양, 밭토양, 일반토양 순으로 나타났다. 그러나 정확한 토양의 가치를 산출하기 위해서는 방법론적으로 보완되어야 할 부분이 많다(Son et al., 2009). 두 번째로, Ministry of Environment(2008)는 토양의 가치를 사용가치와 비사용가치로 나누고 연간 가치를 구한바 있다. 추정방법론에 있어 사용가치의 경우 대체비용법과 회피비용법을 적용하였고, 비사용가치는 CVM을 적용하였다. 그 결과 사용가치는 연간 약 24.7조원으로 계산되고, 비사용가치는 1.4조원으로 추정되었다. 그러나 비사용가치를 산정하기 위하여 CVM을 적용함에 있어 응답의 편의의 문제를 갖고 있는 이중경계 양분선택형을 적용하였으며, 모집단의 수도 100명으로, CVM 지침에서 제시하고 있는 1,000가구에 매우 부족한 샘플수이다. 따라서 비사용가치의 경우 CVM 지침을 준용하여 엄밀하게 재 산정 될 필요가 있다. 세 번째로, Son et al.(2009)는 앞서 Ministry of Environment(2008)의 연구와 같은 방법론을 적용하여 총 토양의 가치를 연간 26조로 추정하였다. 그러나 이 연구의 경우도 토양의 비사용가치를 추정함에 있어, CVM을 적용하였는데 그 지침에 맞게 추정되지 않았다. 또한 질문방법에 있어서도 응답편의를 갖고 있는 이중경계 양분선택형을 적용하여 CVM 지침에 따라 재 산정될 필요가 있다. 네 번째로, Ministry of Environment(2010)는 토양·지하수 경제가치 평가를 위한 진화적 방법론 연구를 통해 토양의 가치를 사용가치와 비사용가치로 각각 산정한 바 있다. 그

런데, CVM 질문법에 있어 응답편의의 문제를 안고 있는 이중경계 양분선택형 질문법을 사용하였다. 연구결과 토양의 가치는 사용가치가 연간 약 30.7조원으로 계산되고, 비사용가치는 연간 1.7조원으로 산정되어, 전체 약 32.4조원이 추정되었다. 끝으로, Ministry of Environment(2015)는 토양오염 정화기술의 경제적 가치 평가기술 개발연구를 통해 토양의 가치를 산정한 바 있다. 이 연구에 따르면, 토양의 가치를 간접사용가치와 비사용가치를 나누어 산정하였고, 간접사용가치의 경우 대체비용법을 적용하였고, 비사용가치의 경우 CVM을 적용하였다. 그 결과 간접사용가치는 연간 약 38.6조원이며, 비사용가치는 연간 약 0.6조원으로 산출되었다. 이 연구에서도 비사용가치를 추정함에 있어, 이중경계 양분선택형을 채택하였고, 샘플수는 1,400가구를 대상으로 실시하였다. 그러나 설문조사방법에 있어 80%는 온라인조사를 실시하였고, 20%는 면대면조사를 실시하였다. 그러나 CVM 지침에서는 일대일개별면접을 권고하고 있다.

국외 선행연구로는 Pimentel et al.(1995)이 문헌조사를 통하여, 연간 토양의 유실로 인해 전 세계적으로 잃게 되는 토양의 가치를 산정하였다. 그 결과 연간 약 4,000억 달러의 토양 유실비용이 산출된 바 있다. Maddison(2000)의 경우, 헤도닉가격 기법을 이용하여 영국에서의 토양등급별 농지에 대하여 암묵적인 가격을 추정하여 제시하였다. 토양을 1~6등으로 나누고, 등급에 따른 가격을 142.24 파운드~351.79 파운드까지 제시하였다. Colombo et al.(2003)의 경우는 CVM을 적용하여 토양침식을 통제함에 대한 사회적 편익을 연간 4~7백만 유로로 추정하였다. Aizaki et al.(2006)의 경우는 CVM을 적용하여 농지의 기능별 가치를 구하여 제시한 바 있다. 제시된 농지의 기능으로는 홍수예방(649엔), 지하수함양(505엔), 수환경보존(642엔), 토양침식 방지(445엔), 생물자원 활용(579엔), 경관개선(394엔), 레크리에이션 및 휴식(290엔), 야생생물보호(641엔)의 기능이며, 이상의 연구 결과는 Table 1에 요약하여 제시하였다.

Table 1에서 볼 수 있듯이 토양의 가치를 금액단위로 산정한 선행연구들을 보면, 사용가치와 비사용가치 측면에서 토양의 가치를 산정하고, 대체비용법, 회피비용법, CVM과 같은 방법론을 주로 적용하였다. 즉, 사용가치의 경우는 원단위 정보를 활용하여 산정을 하고, 비사용가치의 경우 CVM을 적용하여 그 가치를 추정하였다. 특히, 비사용가치의 경우, 시장에서 거래되는 가격을 사용하여 그 가치를 산정할 수 없기 때문에 방법론 적용에 있어 매우 신중해야 한다. 그렇지 않으면, 토양의 가치가 과대

Table 1. A Summary of some previous studies dealing with the economic benefits of the soil

Sources	Countries	Method	estimates
Kim (1995)	Korea	Replacement cost method, Avoided cost method	the environmental value of soil - bare soil : 1,264,822 won/ha - forest soil : 3,782,172 won/ha - upland soil : 2,647,325 won/ha - paddy soil : 6,490,814 won/ha total value of soil : 26 trillion won/year
Son et al. (2009)	Korea	CVM	- use value : 24.7 trillion won/year - non-use value : 1.4 trillion won/year (mean WTP 7,287won/month/household)
Environment (2008)	Korea	Replacement cost method, Avoided cost method CVM	use value : 24.7 trillion won/year non-use value : 1.4 trillion won/year
Ministry of Environment (2010)	Korea	Replacement cost method, Avoided cost method CVM	use value : 30.7 trillion won/year non-use value : 1.7 trillion won/year
Ministry of Environment (2015)	Korea	Replacement cost method, CVM	indirect-use value : 38.6 trillion won/year non-use value: 0.6 trillion won/year
Pimental et al. (1995)	the world	Literature Review	soil loss cost 400 billion dollar/year (70 dollar/year/person)
Maddison (2000)	England	Hedonic Price Method	the price of soil grade (silent price) - 1th grade : GBP 142.24 - 2th grade : GBP 375.44 - 3th grade : GBP 236.95 - 4th grade : GBP 12.23 - 5th grade : GBP 341.79 - 6th grade : GBP 351.79
Colombo et al. (2003)	Spain	CVM	social benefit of soil erosion control 4~7million euro/year (42~72 euro/ha/year) WTP for maintenance of farmland function: 4,144yen/household/year - flood prevention : 649 yen - groundwater recharge : 505 yen - water environment preservation : 642 yen - soil erosion control : 445 yen - biotic resources application : 579 yen - landscape improvement : 394 yen - recreation and rest : 290 yen - wildlife conservation : 641 yen
Aizaki et al. (2006)	Japan	CVM	

추정 또는 과소추정 될 수 있기 때문이다. 그런데 선행연구에서는 방법론을 적용함에 있어 몇몇의 개선될 점들이 존재한다. 또한 토양의 사용가치 중 직접사용가치는 제외되어 계산되었다. 따라서 직접사용가치를 연구범위에 포함하고, 방법론 적용의 개선을 통해 엄밀하게 재 추정될 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 가장 최신의 토양과 관련된 정량적 정보를 제시하고자 2015년 말 기준의 우리나라 토양의 총 경제적 가치를 산출하고자 한다. 이를 위해 토양의 가치를 Fig. 1과 같이 사용가치와 비사용가치로 나누어 산정한다. 특히, 비사용가치를 추정함에 있어서 환경재의 경제

적 가치 추정에 가장 많이 사용되고 있는 조건부 가치측정법(CVM, Contingent Valuation Method)을 적용하고자 한다. 이후 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 토양의 사용가치와 비사용가치에 대하여 설명하고, 각각의 가치를 산정하기 위한 방법을 제시한다. 3절에서 결과를 제시하고 마지막 절은 결론으로 할애한다.

2. 자료 및 방법

2.1. 토양의 사용가치

토양의 사용가치 중 직접사용가치는 토양의 시장에서의

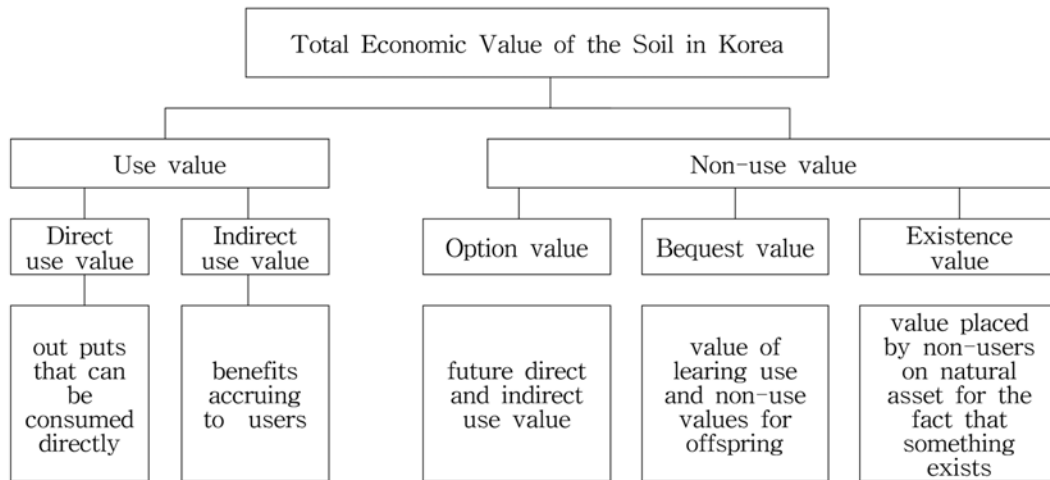


Fig. 1. Total Economic Value of Soil in Korea.

가격을 적용한다. Ministry of Environment(2015)에 따르면, 토양의 직접사용가치는 토지의 공시지가로 그 가치를 평가할 수 있음을 언급한 바 있다. 이 연구에 따르면 직접사용가치는 경제적 기능이 중복되어 인간에게 효용을 제공할 수 없으므로 하나의 경제적 기능으로 경제적 가치를 판단할 수 있다고 언급하였다. 그리고 이를 그 토지의 공시지가로 실제적인 가치를 평가할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 토양의 사용가치와 관련된 연구가 극히 드물고, 충분한 선행연구가 없어 그 대안으로 Ministry of Environment(2015)에서 언급한 방법으로 직접사용가치를 평가하고자 한다. 하지만, 토양의 지리적 위치에 따라서 그 가치가 달라질 수 있으므로, 정확한 평가가 어렵다는 한계점이 존재한다. 다음으로 토양의 간접사용가치는 직접적인 토양의 이용은 없으나, 토양이 갖는 기능과 서비스가 이에 해당되며, 이를 환경공공적 기능이라 한다 (Ministry of Environment, 2010). Ministry of Environment(2008; 2010; 2015년)는 토양의 경제적 가치에 대한 연구를 지속적으로 진행해오면서, 그 연구 내용과 방법론 등이 개선되어왔고, 가장 최근 연구에서 토양에 대한 간접사용가치를 5가지 환경공공적 기능으로 정의하였다. 그 기능으로 토양의 오염물질정화 기능, 수자원저수 기능, 대기정화 기능, 대기냉각 기능, 수질정화 기능이 있다. 각각의 의미를 살펴보면, 토양의 오염물질정화 기능은 토양으로 유입된 오염물질을 토양이 자연적으로 분해하는 기능을 의미하며, 수자원저수 기능은 토양의 홍수조절 및 지하수 저장의 기능이라 언급하였다. 또한 대기정화 기능은 토양이 이산화탄소를 흡수하여 저감하거나, 산소 발생으로 인해 대기가 정화되는 기능으로 설명하였으며, 대기냉

각 기능은 토양에서 발생하는 여름철 수분 증발로 인하여 대기의 열을 흡수하여 대기의 기온을 저감시키는 기능이라고 설명하였다. 끝으로 수질정화 기능은 토양이 오염된 물을 자연적으로 정화하는 기능이라고 언급하면서, 인간은 이와 같은 토양 본연의 환경적 기능을 누리고, 이로 인한 편익이 발생한다고 제시하였다. 그리고 이들에 대하여 대체비용법을 적용하여 그 가치를 산정하였다. 이와 같은 방법론은 토양과 관련된 다른 선행연구(Kim, 1995; Son et al., 2009; Ministry of Environment, 2008, 2010, 2015)에서도 적용된 방법이다.

대체비용법이란 자연환경으로부터 받는 혜택을 대체하는데 드는 비용으로 평가를 할 수 있으며, 즉 토양의 공익적 기능에 대하여 시장에서 거래되고 있는 동일한 재화의 비용을 대체하여 계산할 수 있다. 본 연구에서는 Ministry of Environment(2015)에서 제시한 방법대로 토양을 4가지 지목으로 나누고, 기능별 가치를 구한다. 이를 위해 우선 토양의 ha당 가치를 구한 뒤 Table 2의 가장 최근(2015년) 기준의 지목별 면적을 활용하여 전체 토양으로 그 가치를 확장한다. 지목별 면적은 2015년 기준 통계청 자료를 활용하였다. 또한 <Table 3>와 같이, 토양의 간접사용가치를 산정하기 위하여 대체비용법을 적용하여 2015년 기준 비용 자료를 활용하되, 2015년 기준 자료가 없는 경우 가장 최근자료로 사용한다.

2.2. 토양의 비사용가치

토양의 비사용가치를 평가하기에 앞서, 환경재의 비사용가치를 평가한 몇몇의 연구를 찾을 수 있었다. 우선, Ministry of Environment(2009)는 자연자산 보존에 따른

Table 2. The land area by soil classification (by 2015)

Classification	Bare soil	Upland soil	Paddy soil	Forest soil
land area (ha)	298,300	1,142,900	767,900	6,400,300

source : Korean Statistical Information Service, kosis.kr

Table 3. The classification of the replacement costs for estimating the use value of the soil

Classification		Replacement costs
Indirect use value	The digestive function of organic wastes	Expenses for handling of organic wastes (won/ton)
	The function of retaining underground water resources	Water cost price of multipurpose dam (won/ton)
	The atmosphere purification function	Expenses for handling of CO ₂ production costs of O ₂
	The control function of atmospheric temperatures	Water price (won/ton)
	The water purification function	Purification cost of polluted water (won/ton)

가치를 사용가치와 비사용가치로 분류하고, 비사용가치를 선택가치, 존재가치, 유산가치로 재분류하였다. 자연자산 보존에 대한 선택가치는 지금은 자연자산을 이용하거나 방문의 계획이 없지만 향후, 이용 및 방문 가능성이 있으므로 자연자산을 보존하고자 하는 데서 느끼는 가치이며, 존재가치는 단지 자연자산이 보호되어 생태가 보호되는 것에 대해 부여하는 가치로 제시했다. 유산가치는 자연자산을 보존하여 후손에게 그 좋은 가치가 물려지는 것으로 정의하였다. Korea Water Resources Corporation(2014)은 우리나라 갯벌의 경제적 가치를 사용가치와 비사용가치로 나누고, 비사용가치를 선택가치, 존재가치, 유산가치로 다시 세분화하여 이에 대한 가치를 언급한 바 있다. 여기서 선택가치는 지금 당장 갯벌을 사용할 계획은 없지만 미래에 사용할 가능성에 대한 가치이며, 존재가치는 갯벌이 잘 보존되어 갯벌의 동식물 등이 보호되는 것을 선호하여 부여하는 가치로 정의하였다. 끝으로 유산가치는 현재 우리가 누리고 있는 갯벌의 가치에 대하여 후손에게 동일하게 물려주기 위해 부여하는 가치로 제시하였다. 이외에도 다양한 연구논문에서 환경재의 가치를 평가하는데 있어, 비사용가치로 선택가치, 존재가치, 유산가치를 평가하였다(Ahn and Bae, 2014; Lee, 2013; Shim, 2012; Kim et al., 2012; Son and Kim, 2010).

따라서 본 연구에서 토양의 비사용가치를 다음과 같이 정의한다. 토양 본연의 환경적 기능 또는 직접적인 소비와는 무관하게 토양의 존재로 인하여 발생하는 가치로 비사용가치를 정의하고, 선택가치, 존재가치, 유산가치에 대하여 그 가치를 산정한다. 여기서 선택가치는 당장 토양을 이용할 계획이 없더라도 나중에 이용할 가능성이 있기에 예약금 또는 보험금의 성격으로 부여하는 가치를 의미한다. 다음으로 존재가치는 토양이 존재하는 것만으로도

사람들이 만족하는 것과 관련된 가치이다. 끝으로 유산가치는 후손에게 토양을 온전하게 물려주는 것과 관련된 가치이다.

앞서 언급한바와 같이, 토양의 비사용가치를 추정하는 것은 토양의 사용가치를 추정하는 것보다 어려울 수 있다. 이는 토양의 비사용가치가 시장에서 당장 사고팔고 할 수 있는 재화의 성격을 갖고 있는 가치가 아니기 때문이다. 따라서 환경재의 가치를 평가하는데 널리 활용되고 있는 방법을 적용하여야 하며, 따라서 본 연구에서는 CVM을 적용한다. CVM은 사람들에게 평가하고자하는 환경재에 대하여 직접질문을 하는 설문조사를 통해 사람들이 지불하고자하는 지불의사액(Willingness to pay, WTP)을 구하고, 결과적으로 평가하고자하는 환경재에 대한 가치를 산정한다. Arrow et al.(1993)은 이 방법에 대하여 실증 연구시 지켜야하는 방법론적 지침을 잘 따르고, 적절한 분석을 적용한다면 신뢰할만한 결과를 도출할 수 있음을 언급한 바 있다. 또한 앞서 국내외 선행연구에서도 살펴본 바와 같이, 토양과 관련된 비사용가치를 산정할 때 대부분의 연구에서 CVM을 적용했음을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 연구의 방법론으로 CVM을 채택함이 적절한 것으로 판단된다. 이에 본 연구는 미국 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 및 EPA(Environmental Protection Agency)에서 환경재 및 공공재를 평가하는 방법론으로 권고하고 있는 CVM을 적용함에 있어 가이드라인을 충실히 따라 토양의 비사용가치 추정을 위한 설문을 진행한다. 또한 지불의사 유도를 위해 이중경계와 단일경계의 단점을 보완한 1.5경계 양분선택형 질문법을 사용하고, 영(0)의 WTP 자료를 명시적으로 다루기 위해 Krström(1997)이 제안한 스파이크 모형(spike model)을 적용한다.

2.2.1. CVM 적용 및 WTP 유도

CVM을 적용함에 있어 설문조사 대상이 되는 재화를 명확히 정의해야 한다. 이는 응답자의 지불의사에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 설문자료에 토양의 사용가치와 비사용가치에 대하여 설명하고, 표로 정리하여 이해하기 쉽도록 구성하였다. 특히, 토양의 비사용가치에 해당되는 선택가치, 유산가치, 존재가치에 대하여 설명하고, 이해를 돕도록 시각적 자료를 함께 제시하였다.

지불수단으로는 소득세를 채택하였는데, 그 이유는 국가가 토양의 가치를 온전하게 실현되도록 국민의 소득세를 재원으로 하여 토양을 관리하고 오염된 토양을 복원하는 등의 토양관련 사업을 시행하고 있기 때문이다. 따라서 이러한 내용을 설문지에 포함시켜 지불수단을 제시하였다. 즉, 토양의 관리 및 오염된 토양의 복원 등을 통해 토양의 비사용가치를 실현하고 누리기 위하여 향후 10년 동안 매월 1회의 소득세를 추가적으로 지불할 의사가 있는지를 질문하였고, 이 설문은 토양의 사용가치를 제외하고 비사용가치만을 평가하는 것임을 설문지 마지막에 다시 한 번 언급하여 주지시켰다.

이와 같이 설문지를 구성한 후에는 지불의사를 유도할 방법에 대하여 고민해야 한다. 본 연구에서는 일정한 금액을 제시하여 이에 대한 지불할 의사를 묻고, ‘예’ 또는 ‘아니오’로 응답하도록 하는 양분선택형(Double-Bounded Dichotomous Choice, DBDC) 질문법을 적용한다. 이 질문법에는 단일경계와 이중경계, 1.5경계 양분선택형 질문법이 있는데, 단일경계 양분선택형 질문법은 이중경계 양분선택형 질문법보다 통계적으로 효율성이 낮고(Hanemann et al.(1991), 이중경계 양분선택형 질문법은 단일경계 양분선택형 질문법보다 응답편의에 대한 문제를 갖고 있다(McFadden, 1994; Bateman et al., 2001; Carson and Groves, 2007). 이와 같은 문제의 대안으로 Cooper et al.(2002)은 1.5경계 양분선택형 질문법을 제안하였는데, 이 질문법의 경우, 통계적 효율성을 제공하면서 응답 편의를 줄일 수 있는 장점이 있다. 따라서 Barreiro et al.(2005)는 1.5경계 양분선택형 질문법이 단일경계 양분선택형 질문법과 이중경계 양분선택형 질문의 훌륭한 대안이 될 수 있다고 언급한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 1.5경계 양분선택형 질문법을 적용한다. 끝으로 본 연구의 제시금액의 범위는(2,000원/6,000원), (4,000원/8,000원), (6,000원/12,000원), (8,000원/16,000원), (12,000원/20,000원), (16,000원/24,000원), (20,000원/30,000원)이다.

2.2.2. 설문방법 및 표본설계

본 연구는 Arrow et al.(1933)에서 권고하는 지침에 따라 전문 설문조사기관을 통해 제주도를 제외한 전국 1,300가구를 대상으로 일대일 개별면접을 실시하였다. 우선 설문조사는 설문조사기관의 수퍼바이저의 관리·감독 하에 2016년 6월 초부터 7월 초까지 한 달간 이루어졌다. 광역자치단체 기준으로 전국 15개 지역의 인구 구성비를 고려하여, 임의표본을 추출하였다. 설문조사 대상은 각 가구에서 지출에 대한 의사 결정권을 갖고 있는 만20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 주부로 한정하였는데, 이는 설문조사에 있어 책임 있는 의견을 도출하기 위함이었다.

2.2.3. WTP 기본 모형

McConnell(1990)은 Cameron and James(1987)이 제안한 WTP 함수 접근법과 Hanemann(1984)이 제안한 효용격차 접근법이 서로 쌍대(duality)에 관계에 있으므로 어느 것을 사용할 것인가는 연구자가 결정할 몫이라고 언급하였다. 실증연구에서는 후자가 보다 널리 사용되고 있어, 본 연구에서는 효용격차 접근법을 채택한다.

다음은 본 연구에서 채택하는 1.5경계 양분선택형 모형을 운용하기 위한 지불의사를 유도하는 질문은 식 (1)과 같으며, 이를 토양의 비사용가치에 대한 i 번째 응답자의 응답상황을 6개의 변수를 사용하여 표현할 수 있다. 우선 처음의 3개 경우는 첫 번째 질문에서 낮은 제시금액(A^L)을 제시한 경우에 해당하며, 뒤의 3개 경우는 첫 번째 질문에서 높은 제시금액(A^U)을 제시한 경우에 해당한다.

$$\begin{cases} I_i^{YY} = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "예-예"}) \\ I_i^{YN} = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "예-아니오"}) \\ I_i^N = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오"}) \\ I_i^Y = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "예"}) \\ I_i^{NY} = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-예"}) \\ I_i^{NN} = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-아니오"}) \end{cases} \quad (1)$$

그리고 효용극대화를 추구하는 N 명의 표본을 가정할 경우 로그-우도함수는 다음 식 (2)와 같이 구성된다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \left\{ \begin{aligned} &I_i^{YY} \ln[1 - G_C(A_i^U)] \\ &+ I_i^{YN} \ln[G_C(A_i^U) - G_C(A_i^L)] \\ &+ I_i^N \ln G_C(A_i^L) \\ &+ I_i^Y \ln[1 - G_C(A_i^U)] \\ &+ I_i^{NY} \ln[G_C(A_i^U) - G_C(A_i^L)] \\ &+ I_i^{NN} \ln G_C(A_i^L) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Hanemann(1984)의 제안에 따라 $G_C(A) = [1 + \exp(a - bA)]^{-1}$ 을 가정할 수 있다. 여기서 a 및 b 는 추정해야 할

모수이다. 그러면 평균값에 대한 정의를 통해 평균값 WTP는 a/b 로 도출된다.

2.2.4. 스파이크 모형

스�파이크 모형은 영(0)의 WTP를 처리하기 위해 널리 이용되고 있는 모형으로 Krström(1997)이 제안했다. 식 (3)과 같이 영(0)의 WTP 응답인 “아니오-아니오”는 영(0)의 WTP와 두 번째 제시금액(A^L)보다 작은 양의 WTP로 구분되므로, I_i^{NN} 은 다시 I_i^{NNY} 와 I_i^{NNN} 로 세분화된다.

$$\begin{cases} I_i^{NNY} = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 “아니오-아니오-예”}) \\ I_i^{NNN} = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 “아니오-아니오-아니오”}) \end{cases} \quad (3)$$

WTP의 누적분포함수를 $G_C(\cdot; \theta)$ 라 하고 이를 로지스틱(logistic) 함수로 가정하여 스파이크 모형을 구성하면 평균값 WTP를 추정할 수 있는데, 스파이크 모형에 있어서 $\theta = (a, b)$ 일 때 WTP의 누적분포함수는 식 (4)과 같이 정의된다.

$$G_C(A; \theta) = \begin{cases} [1 + \exp(a - bA)]^{-1} & \text{if } A > 0 \\ [1 + \exp(a)]^{-1} & \text{if } A = 0 \\ 0 & \text{if } A < 0 \end{cases} \quad (4)$$

스�파이크 모형의 로그우도함수는 식 (5)와 같으며, 이때 스파이크는 $1 / \ln [1 + \exp(a)]$ 로 정의되며 표본에서 영의 WTP를 갖는 응답자의 비중의 의미한다. 한편, 평균값 WTP는 식 (6)을 통해 추정된다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \ln \left\{ \begin{aligned} & I_i^{YY} [1 - G_C(A_i^U; \theta)] \\ & + I_i^{YN} [G_C(A_i^U; \theta) - G_C(A_i; \theta)] \\ & + I_i^{NY} [G_C(A_i; \theta) - G_C(A_i^L; \theta)] \\ & + I_i^{NNY} [G_C(A_i^L; \theta) - G_C(0; \theta)] + I_i^{NNN} G_C(0; \theta) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\overline{WTP} = (1/b) \ln [1 + \exp(a)] \quad (6)$$

3. 연구결과

3.1. 토양의 직접사용가치

본 연구에서 산정한 토양의 사용가치는 각 지목별 평균 공시지가를 사용하여 계산하였다. 각 지목별 평균 공시지가는 2016년 1월 1일 기준으로 발표되는 국토부의 지목별 평균지가 정보를 활용하였다. 국토부에 의한 토양의 각 지목별 가격은 일반토양(대지)의 경우 81억원/ha, 밭토양은 3.3억원/ha, 논토양의 경우 2.9억원/ha, 임야의 경우

0.4억원/ha이다. 그리고, 여기에 지목별 면적(ha)을 곱하면 계산된 총 가치는 약 3,277조원이다. 그런데 이 가치는 4개의 지목별 면적에 대한 값이므로, 전체 국토에 대한 토양면적을 적용하면 그 값은 더 클 것이다.

3.2. 토양의 간접사용가치

본 연구에서 산정한 토양의 간접사용가치는 ①오염물질 정화 기능 ②수자원저수 기능 ③CO₂ 및 O₂에 의한 대기 정화 기능 ④대기냉각 기능 ⑤수질정화 기능 등 5가지 환경공공적 기능이다.

3.2.1. 오염물질정화 기능

토양은 환경용량 내에서 오염물질 분해력을 갖는데 오염물질을 사용할 수 없으므로, 이를 폐기물로 간주하면 폐기물에 대한 정화능력을 생각해볼 수 있다. 폐기물 정화능력의 경우, 토양이 폐기물을 정화하는 능력과 토양에서 자라나는 작물의 폐기물 정화능력의 합으로 구성된다 (Ministry of Environment, 2015). 이때, 토양이 화학적으로 변화가 일어나지 않는 수준인 표준소비량과 작물이 흡수하는 소비량의 차로 토양의 정화능력을 알 수 있다 (Kim, 1995). 본 연구에서는 Ministry of Environment (2015)에서 제시한 값을 사용하였으며, 이를 화폐가치로 나타내기 위하여 대체비용으로 유기성폐기물을 처리하는 처리비용을 적용하였다. 유기성폐기물을 토양에 매립하여 정화될 때의 가치를 산정하기 어렵기 때문에 유기성폐기물을 처리하는 방법 중 하나인 소각법의 소각처리 비용을 대체비용으로 적용하였다. 이 대안으로 고체성 폐기물의 처리비용을 생각해 볼 수 있으나, 정화의 관점에서 볼 때, 유기성 폐기물이 대체비용을 적용하기에 더 적합한 것으로 판단된다. 한편 2014년 폐기물 소각시설 운영현황 (KONETIC, <https://konetic.or.kr>)에 제시되어 있는 값인 소각처리비용 102,557원/ton을 사용하여 식 (7)과 같은 방법으로 계산하였다. 그 결과 Table 4와 같이 토양의 오염물질 정화기능에 대한 총 가치는 약 29.7조원으로 산정되었다.

$$\begin{aligned} & \text{토양의 오염물질정화 기능에 대한 총 가치} = \\ & \text{오염정화처리능력} \times \text{처리비용} \times \text{토양면적} \end{aligned} \quad (7)$$

3.2.2. 수자원저수 기능

토양의 수자원 저수기능은 토양의 공극내 저장되는 수분량을 고려하여 산출한다 (Ministry of Environment, 2015). Ministry of Environment(2015)에 따르면, 토양의

Table 4. The value of the soil for digestive function of organic wastes

Classification	Bare soil	Upland soil	Paddy soil	Forest soil
Digestive function of organic wastes(ton/ha)	19.01	34.15	34.15	34.15
Expenses for handling (won/ton)	102,557	102,557	102,557	102,557
Unit value for digestive function of organic wastes (won/ha)	1,958,840	3,502,323	3,502,323	3,502,323
Land area (ha)	298,300	1,142,900	767,900	6,400,300
Value of soil classification (million won)	584,322	4,002,805	2,689,434	22,415,918
Total value for digestive function of organic wastes (million won)	29,692,479			

Table 5. The value of the soil for function of retaining underground water resources

Classification	Bare soil	Upland soil	Paddy soil	Forest soil
Retaining underground water resources (ton/ha)	516.7	577.9	11,714.0	2,779.8
Water cost price of multipurpose dam (won/ton)	50.3	50.3	50.3	50.3
Unit value of retaining underground water resources (won/ha)	25,990	29,068	589,214	139,824
Land area (ha)	298,300	1,142,900	767,900	6,400,300
Total value of retaining underground water resources (million won)	1,388,348			

Table 6. The value of the soil for atmosphere purification

Classification	Bare soil	Upland soil	Paddy soil	Forest soil
CO ₂ absorbed amount (ton/ha)	0	3.43	12.15	7.79
Expenses for handling of CO ₂ 원/ton)	12,028	12,028	12,028	12,028
O ₂ generation amount (ton/ha)	0	2.5	9.13	5.33
Production costs of O ₂ (won/ton)	194,700	194,700	194,700	194,700
Unit value of atmosphere purification function; CO ₂ (won/ha)	-	41,256	146,140	93,698
Unit value of atmosphere purification function; O ₂ (won/ha)	-	486,750	1,777,611	1,037,751
Land area (ha)	298,300	1,142,900	767,900	6,400,300
Total value of atmosphere purification function (million won)	9,322,320 (CO ₂ : 759,068, O ₂ : 8,563,252)			

비옥도와 관련하여 토양은 저수 능력을 갖고 있으며, 이와 같은 저수 능력의 대체비용으로 용수를 저수하는 기능을 갖고 있는 다목적댐의 용수 원가를 적용할 수 있다. 따라서 본 연구에서도 선행연구와 같이 그 값을 적용한다. 대체비용으로 다목적댐의 용수원가를 적용하여 식 (8)과 같이 그 가치를 구한다. 다목적댐의 용수 원가는 2015년 국정감사 자료에서 제시한 50.3원을 적용하였다. 그리고 Table 5에 제시되어 있는 것과 같이 토양의 수자원저수기능에 대한 총 가치는 약 1.4조원이 계산되었다.

$$\text{토양의 수자원저수기능에 대한 총 가치} = \text{수자원 저수량} \times \text{다목적댐 용수원가} \times \text{토양면적} \quad (8)$$

3.2.3. 대기정화 기능

토양의 대기정화기능은 CO₂에 의한 대기정화기능과 O₂에 의한 대기정화기능으로 나눌 수 있다. 우선 CO₂에 의한 대기정화기능은 토양이 CO₂를 흡수하여 처리한다고 할 때, 이를 CO₂ 처리비용을 사용하여 그 가치를 산정할

수 있다. O₂에 의한 대기정화기능은 토양에서 발생하는 O₂의 발생량에 O₂의 제조원가를 사용하여 그 가치를 구할 수 있다(Ministry of Environment, 2015). 여기서 CO₂처리비용은 2015년 CO₂ 평균 매매가격인 12,028원을 적용하였다. O₂의 경우는 제조원가에 대한 자료를 구하는데 한계가 있어서, Ministry of Environment(2015)에서 제시한 자료를 사용하였다. 결과는 Table 6에 제시되어 있으며, CO₂에 의한 대기정화기능의 가치는 약 7,591억원이고, O₂에 의한 대기정화기능에 대한 가치는 약 8.6조원으로 산정되어, 토양의 대기정화기능의 총 가치는 약 9.3조원으로 산정되었다.

3.2.4. 대기냉각 기능

대기냉각기능은 토양 지목별로 토양에 있던 수분이 대 기증으로 증발되면서 이로 인한 대기 중 열량감소효과를 의미한다. 이를 계산하기위하여 Ministry of Environment(2015)의 여름철 토양의 지목별 수분 증발량 자료를 사용하였다. 또한 여름철 수돗물을 살수함으로 대기를 냉

Table 7. The value of the soil for control function of atmospheric temperatures

Classification	Bare soil	Upland soil	Paddy soil	Forest soil
Amount of water evaporation (ton/ha)	1,152	1,704	3,600	1,914
Mean water price (won/ton)	660	660	660	660
Unit value for control function of atmospheric temperatures (won/ha)	760,781	1,125,322	2,377,440	1,264,006
Land area (ha)	298,300	1,142,900	767,900	6,400,300
Total value for control function of atmospheric temperatures (million won)	11,428,725			

Table 8. The value of the soil for water purification function

Classification	Bare soil	Upland soil	Paddy soil	Forest soil
Amount of digestive for polluted water (ton/ha)	0	0	0.16	0
purification cost of polluted water (won/ton)	3,073	3,073	3,073	3,073
Unit value of water purification function (won/ha)	-	-	492	-
Land area (ha)	298,300	1,142,900	767,900	6,400,300
Total value of water purification function (million won)	378			

Table 9. Indirect use value of the soil

Classification (won/ha/year)	Bare soil	Upland soil	Paddy soil	Forest soil
The digestive function of organic wastes	1,958,840	3,502,323	3,502,323	3,502,323
The function of retaining underground water resources	25,990	29,068	589,214	139,824
The atmosphere purification function (CO ₂)	-	41,256	146,140	93,698
The atmosphere purification function (O ₂)	-	486,750	1,777,611	1,037,751
The control function of atmospheric temperatures	760,781	1,125,322	2,377,440	1,264,006
The water purification function	-	-	492	-
sum	2,745,610	5,184,719	8,393,220	6,037,602
Land area (ha)	298,300	1,142,900	767,900	6,400,300
Total	51.8 trillion won			

각시키는 효과와 동일하다고 간주하고, 대체비용으로 평균 수도요금가격 660원/ton 을 사용하여 Table 7과 같이 그 가치를 산정하였고, 총 가치는 약 11.4조원으로 계산되었다. 한편 이 대안으로 빗물의 가격 또는 살수용 사용되는 물의 가격을 생각해 볼 수 있으나, 이에 대한 가격 정보를 찾는데 어려움이 따랐다. 향후 이와 관련된 자료 등을 통해 재 산정해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

3.2.5. 수질정화 기능

토양의 수질정화기능은 토양에 오수가 스며들었을 때, 이를 여과하고 화학적으로 이온작용 및 흡착과정으로 오수를 정화하는 것에서 온다고 볼 수 있다(Ministry of Environment, 2015). 그러나 토양이 직접 오수를 여과하는 자료는 구하기 어렵기 때문에 선행연구(Ministry of Environment, 2015)에서 제시한 지목별 토양의 오염물질 정화량에 대한 자료를 활용하고, Ministry of Environment(2015)에서 제시한 오수를 처리하는 시설을 운영할 때 오수처리비용 3,073원/ton을 사용하여 수질정화기능의

가치를 계산하였다. 그 결과 토양의 수질정화기능에 대한 총 가치는 3억 7천만원으로 산정되었고, 이를 Table 8에 제시하였다.

3.2.6. 토양의 간접사용가치의 선행연구와 결과 비교

토양의 간접사용가치에 대하여 가치를 산정한 결과 오염물질정화기능에 대한 가치는 약 29.7조원, 수자원저수기능에 대한 가치는 약 1.4조원, 대기정화기능에 대한 가치는 약 9.3조원, 대기냉각기능에 대한 가치는 약 11.4조원, 수질정화기능은 약 3억 7천만원으로 계산되어 토양의 연간 사용가치는 Table 9과 같이 약 51.8조원으로 추정되었다. 이 값을 가장 최근에 수행된 선행연구(Ministry of Environment, 2015)의 결과와 비교해보면 다음과 같다. ①오염물질정화기능에 대한 가치 약 22.9조원 : 약 29.7조원, ②수자원저수기능에 대한 가치 약 1조원 : 약 1.4조원, ③대기정화기능에 대한 가치 약 9.2조원 : 약 9.3조원, ④대기냉각기능에 대한 가치 약 5.2조원 : 약 11.4조원, ⑤수질정화기능 약 3억 7천만원 : 약 3억 7천만원으로 계

Table 10. Distribution of the responses by the bid amount

Bid amount (won)		Lower bid is presented as the first bid (%)				Upper bid is presented as the first bid (%)				Sample size (%)
Lower bid	Upper bid	yes-yes	yes-no	no-yes	no-no	yes	no-yes	no-no-yes	no-no-no	
2,000	6,000	7 (4.9)	22 (15.4)	5 (3.5)	37 (25.9)	10 (7.0)	15 (10.5)	8 (5.6)	39 (27.3)	143 (100.0)
4,000	8,000	4 (2.8)	13 (9.1)	13 (9.1)	42 (29.4)	12 (8.4)	6 (4.2)	12 (8.4)	41 (28.7)	143 (100.0)
6,000	12,000	7 (4.9)	8 (5.6)	17 (12.0)	39 (27.5)	8 (5.6)	6 (4.2)	12 (8.5)	45 (31.7)	142 (100.0)
8,000	16,000	7 (4.9)	12 (8.5)	13 (9.2)	39 (27.5)	10 (7.0)	5 (3.5)	10 (7.0)	46 (32.4)	142 (100.0)
12,000	20,000	2 (1.4)	8 (5.6)	17 (11.8)	45 (31.3)	7 (4.9)	1 (0.7)	17 (11.8)	47 (32.6)	144 (100.0)
16,000	24,000	3 (2.1)	6 (4.2)	19 (13.3)	44 (30.8)	6 (4.2)	2 (1.4)	19 (13.3)	44 (30.8)	143 (100.0)
20,000	30,000	0 (0.0)	4 (2.8)	22 (15.4)	45 (31.5)	6 (4.2)	2 (1.4)	22 (15.4)	42 (29.4)	143 (100.0)
Total		30 (3.0)	73 (7.3)	106 (10.6)	291 (29.1)	59 (5.9)	37 (3.7)	100 (10)	304 (30.4)	1,000 (100.0)

산되어 토양의 연간 사용가치는 약 38.6 : 약 51.8만원으로 추정되었다.

3.3. 토양의 비사용가치

3.3.1. WTP 응답분포

설문조사는 총 1,300가구를 대상으로 이루어졌으나, 중요한 정보를 담고 있지 않거나 신뢰성이 떨어지는 경우, 설문결과에서 제외하고, 결과적으로 1,000개의 응답 결과를 얻을 수 있었다. 전체 응답자 중에서 약 595가구에서 지불의사가 없음을 밝히면서, 59.5%가 영(0)의 WTP를 나타냈다. Table 10은 제시금액에 대한 응답분포를 정리하여 제시한 것이며, 각 제시금액별 응답자수는 비슷한 수로 배분되었다.

3.3.2. WTP 모형의 추정결과

Table 11은 1.5경계 스파이크 모형의 추정결과를 제시한 것이다. 제시된 추정치 모두 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 제시금액의 추정계수가 사전적으로 예상했던 대로 음(-)의 부호로 추정되어 제시금액이 커질수록

Table 11. Estimation results of the spike model

Variables	Estimates	t-value
Estimates	-0.415	-6.36 [#]
Bid	-0.128	-21.32 [#]
Spike	0.602	38.55 [#]
Mean WTP per household per year	3,949	16.55 [#]

Note: [#]indicates statistical significance at the 1% level.

제시된 금액에 대하여 지불하지 않겠다고 응답할 확률이 커짐을 확인할 수 있다. 다시 말해, 제시금액 항의 추정계수가 합리적인 값으로 추정되었음을 알 수 있다. 한편 스파이크 값은 0.602로 앞서 WTP 응답분포에서 확인할 수 있듯이 59.5%가 영(0)의 WTP를 보이는 응답자의 비중이 스파이크와 근사치로 추정되어 적절하게 스파이크가 추정되었음을 알 수 있다. 끝으로 토양의 비사용가치에 대한 가구당 월평균 WTP는 3,949원으로 추정되었다.

3.3.3. 공변량을 포함한 모형의 추정결과

응답자의 개별 특성이 제시금액에 대하여 지불하겠다는 “예”로 응답할 확률에 미치는 영향을 살펴보기 위해 공변량(covariates)이 포함된 모형을 추정한다. 공변량 포함 모형에서 사용된 변수의 정의 및 기초통계량 정보는 Table 12에 제시되어 있다. 응답자 특성 변수로 교육수준(EDUCATION), 성별(GENDER), 연령(AGE), 소득수준(INCOME) 등 4개를 고려한다. 공변량을 포함한 모형의 추정결과는 Table 13에 담겨 있다. 사전적인 예상대로 가

Table 13. Definitions and sample statistics of the variables

Variables	Estimates	t-values
Constant	-2.942	-2.07*
EDUCATION	0.048	1.54
GENDER	-0.082	-0.61
AGE	0.068	1.10
INCOME	0.082	4.36*
Bid	-0.130	20.98*

Note: *indicate statistical significance at the 5% level.

Table 12. Definitions and sample statistics of the variables

Variable	Definition	Mean	Standard deviation
EDUCATION	The respondent's education level in years	14.15	2.31
GENDER	The respondent's gender (0=female; 1=male)	0.50	0.50
AGE	The respondent's age in years	46.5	9.5
INCOME	The household's monthly income before tax deduction (unit: ten thousand Korean won)	4.45	2.75

Table 14. Annual non-use values of the soil in Korea

Monthly Mean WTP	A number of household	Annual total value (2016 year)	Annual total value (at the end of 2015)
3,949 won	18,948,342	897.9 billion won	889.7 billion won

Table 15. Total economic value of the soil (2015)

Use value	Non-use value	Total economic values of soil (year)
3,329.1 trillion won	889.7 billion won	3,330.0 trillion won

구소득에 대한 추정계수는 양수이면서 유의수준 5%에서 통계적으로 유의하여, 가구소득이 증가할수록 제시금액에 “예”라고 답할 확률이 커진다.

3.3.4. 토양의 비사용가치의 확장

토양의 비사용가치를 추정하는 주요 목적 중 하나는 표본정보를 이용하여 모집단 전체의 가치를 추정하는 것이다. 즉 전국 1,000가구의 표본에 대해 산출된 자료를 활용하여 모집단 전체로 확장하여 전체 가치를 구할 수 있다. 본 연구에서의 CVM 조사는 여론조사 전문기관에서 설문조사를 총괄하여 무응답률이 낮고 과학적 표본추출을 통해 표본의 대표성이 확보된다고 볼 수 있다. 따라서 표본의 정보를 모집단으로 확장하는 데 무리가 없다고 판단된다. 모집단에 대한 토양의 비사용가치에 대한 추정결과는 Table 14에 제시되어 있다. 2016년 기준 토양의 연간 비사용가치는 8,979억원으로 추정되며, 이를 소비자물가지수를 이용하여 2015년 말 기준으로 제시하면 약 8,897억원으로 추정된다.

3.3. 토양의 총 경제적 가치

이상에서 토양의 사용가치와 비사용가치를 산정하였다. 토양의 총가치는 사용가치와 비사용가치의 합으로 이루어진다. 따라서 2015년말 기준의 우리나라 토양의 연간 총가치는 Table 15에 제시한 것과 같이 약 3,330조원으로 추정되었다.

4. 결 론

토양은 인간의 생존 및 건강한 삶과 직결되어 있으므로 매우 중요하다. 문명이 발달할수록 인간은 토양을 더 많이 활용하였고, 인간의 활동으로 인하여 토양은 오염되었다. 이러한 현상은 우리나라도 예외는 아니며, 이에 정부는 오염된 토양을 복원하고, 정화하여 활용하고, 보존하는 등의 다양한 토양 관련사업에 많은 재정을 투입하고 있다. 따라서 토양과 관련된 정량적인 정보들이 필요한 실정이고, 본 연구에서는 토양의 가치를 사용가치와 비사용가치

로 구분하여 각각을 산정한 뒤 우리나라 토양의 연간 총가치를 구해보고자 하였다.

이를 위해 대체비용법과 CVM을 적용하여 토양의 사용가치와 비사용가치를 추정하였다. 특히, 토양의 비사용가치를 추정하기 위하여 환경재의 비사용가치를 추정하는데 가장 널리 활용되고 있는 CVM을 사용함에 있어, NOAA 가이드라인을 준용하였다. 또한 정교하게 만들어진 설문지에 근거하여 전문설문기관을 통해 설문조사를 실시하였고, 전국 1,000가구의 설문 응답자료를 확보하였다. 분석모형을 적용함에 있어서, 사전적으로 예측된 영(0)의 WTP를 다루기 위해 스파이크 모형을 적용하였고, 1.5단계 모형을 통해 제시금액에 대하여 전혀 별 의사가 없는 응답자와 1원이라도 지불할 의사가 있는 응답자를 구분할 수 있었다. 이렇게 추정된 월평균 WTP는 3,949원이며, 이는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 결과를 보였다. 여기서, 제시금액의 추정계수의 부호가 음(-)의 부호를 나타내어, 제시금액의 크기가 커질수록 제시금액에 대하여 지불한다고 응답할 확률이 감소함을 확인할 수 있었다. 끝으로 공변량을 통한 모형을 적용하므로 공변량이 지불의사에 미치는 영향을 살펴보았으며, 가구소득이 증가할수록 제시금액에 대하여 “예”라고 응답할 확률이 커졌다.

이상과 같이 토양의 사용가치와 비사용가치를 추정하였으며, 그 결과 2015년 말 기준 토양의 사용가치는 연간 약 3,329.1조원으로 계산되었고, 비사용가치는 연간 약 8,897억원으로 추정되어 전체 가치는 약 3,330조원으로 산정되었다.

본 연구에서 평가한 토양의 가치는 시간에 따라 변할 수 있는 가치이다. 이는 토양의 가치를 산정함에 있어, 시간이 지남에 따라 변할 수 있는 토양의 면적과 가격정보, 설문조사 등의 자료를 사용하였기 때문이다. 실제로 면적의 경우 과거(Ministry of Environment(2015))보다 대지 면적의 경우는 늘어났으며, 밭, 논, 임야토양의 경우는 줄어들었다. 또한 가격정보의 경우도 국가 경제상황에 따라 당연히 변화되기 때문이다. 설문조사의 경우, 최대한의 응답편의를 줄이려고 조사에 있어 많은 노력을 기울이지만,

그 해의 경제상황과 정부정책 등에 대한 국민의 관심도에 따라 응답률이 떨어지기도 한다. 따라서 본 연구에서 추정된 토양의 총 경제적 가치는 변할 수 있는 가격이며, 확정된 가격이 아니다. 또한 본 연구는 토양의 총 가치를 산정하기 위하여 각 가격들을 합산 할 수 있도록 그 단위를 맞춰 산정하였다. 그런데 간접사용가치의 경우, 각각의 환경공공적 기능들이 상호 밀접한 연관성을 갖고 있으므로 이를 산정하는데 주의를 기울여야 한다. 즉, 자연자본의 경우 한계가치가 구간에 따라 다르게 나타날 수 있어 수치에 대한 한계점을 갖고 있다.

본 연구의 결과는 토양과 관련된 사업(토양오염 복원 및 정화사업, 토양오염정화기술개발 사업 등등) 추진 시 토양의 가치에 대한 금액단위를 제공하므로 사업의 중요성을 뒷받침 할 수 있는 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 환경부의 토양지하수 오염방지기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Arrow, K., Solow, R., Portney P.R., Leamer, E.E., Radner, R. and Schuman, H., 1993, Report of the NOAA panel on contingent valuation. Washington, DC : national oceanic and atmospheric administration, *U.S. Department of Commerce*.
- Aizaki, H., Sato, K., and Osari, H., 2006, Contingent valuation approach in measuring the multifunctionality of agriculture and rural areas in Japan. *Paddy and Water Environment*, **4**(4), 217-222.
- Ahn, S.E. and Bae, D.H., 2014, The economic value of freshwater ecosystem services based on the evidences from the environmental valuation information system, *Journal of Environmental Policy and Administration*, **22**(4), 27-54.
- Bateman, I.J., Langford, L.H., Jones, P., and Kerr, G.N., 2001, Bound and path effects in double and triple bounded dichotomous choice contingent valuation, *Resour. Energy Econ.*, **23**, 191-213.
- Barreiro, J., Sanches, M., and Viladrich-Grau, M., 2005, How much are people willing to pay for silence? A contingent valuation study, *Appl. Econ.*, **37**, 1233-1246.
- Cameron, T.A. and James, M.D., 1987, Efficient estimation methods for "closed-ended" contingent valuation surveys, *Rev. Econ. Stat.*, **69**, 269-276.
- Cooper, J.C., Hanemann, M., and Signorello, G., 2002, One and one-half bound dichotomous choice contingent valuation, *Rev. Econ. Stat.*, **84**, 742-750.
- Colombo, S., Calatrava-Requena, J., and Hanley, N., 2003, The economic benefits of soil erosion control: an application of the contingent valuation method in the Alto Genil basin of southern Spain, *J. Soil Water Conserv.*, **58**(6), 367-371.
- Carson, R.T. and Groves, T., 2007, Incentive and informational properties of preference questions, *Environ. Resour. Econ.*, **37**, 181-210.
- Choi, K.B. and Lee, S.H., 2016, A Study on treatment of asbestos contaminated soil with a field wind power purification device, *KGC*, 63-71.
- Cho, Y.I., Kang, H.S., and Jeon, E.C., 2016, The effects of reactive nitrogen (Nr) compounds on the acidification in soil and water environment ecosystems and the mitigation strategy, *KJEE*, **49**(1), 1-10.
- Hanemann, W.M., 1984, Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses, *Am. J. Agr. Econ.*, **66**, 332-341.
- Hanemann, W.M., Loomis, J., and Kanninen, B.J., 1991, Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation, *Am. J. Agr. Econ.*, **73**, 1255-1263.
- Ju, J.H., Park, J.Y., Choi, E.Y., and Yoon, Y.H., 2016, Assessment of heavy metals contamination in children's playground and surrounding area soils depending on land use types in Seoul, *Seoul Studies*, **17**(1), 115-124.
- Kim, J.Y., 1995, An economic appraisal of the environmental value of soil: on Korean perspectives, *Chung-ang University Graduate School Doctorate Thesis*.
- Krström, B., 1997, Spike models in contingent valuation. *Am. J. Agric. Econ.*, **79**(3), 1013-1023.
- Kim, J.H., Kim, R.H., Yoon, H.J., Lee, S.W., Choi, H.T., Kim, J.J., Park, C.R., and Kim K.D., 2012, Valuation of nonmarket forest resources, *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation*, **16**(4), 9-18.
- Korea Water Resources Corporation, 2014, The estimation of Benefits for Recreational Water and the Improvement of System.
- KONETIC, 2014 Current condition of operation of waste incineration facility, <https://konetic.or.kr>
- Lee, C.K., 2013, Estimating the preservation value of Dokdo: using two stage contingent valuation method, *Journal of Tourism Sciences*, **37**(4), 117-139.
- Lee, S.W., Jeon, C.J., Yoo, K.M., Choi, J.H., and Kim, H.J., 2016, Selective removal of arsenic compounds from the contaminated paddy soil in China using froth flotation technique, *J.*

Korean Soc. Environ. Eng., **38**(7).

Lim, S.J., Oh, Y.T., Jo, Y.S., Ro, J.H., Choi, G.H., Yang, J.Y., and Park, B.J., 2016, Persistent organic pollutants (POPs) residues in greenhouse soil and strawberry organochlorine pesticides, *Korean J. Environ. Agric.*, **35**(1), 6-14.

McConnell, K.E., 1990, Models for referendum data: the structure of discrete choice models for contingent valuation. *J. Environ. Econ. Manag.*, **18**(1), 19-34.

McFadden, D., 1994, Contingent valuation and social choice, *Am. J. Agric. Econ.*, **76**, 689-708.

Ministry of Environment, 1996, A guidebook of soil environment conservation.

Maddison, D., 2000, A hedonic analysis of agricultural land prices in England and Wales, *Eur. Rev. Agric. Econ.*, **27**(4), 519-532.

Ministry of Environment, 2008, Research on value evaluations and examples for soil and groundwater.

Ministry of Environment, 2009, The foundation plan of soil conservation.

Ministry of Environment, 2010, Research on progressive methodology for economic value evaluation of soil and groundwater.

Ministry of Environment, 2015, Study of economic valuation of soil remediation technology.

Oh, J.I., Jin, G.N., and Lee, H.J., 2016, Soil pollution and contaminated soil management of the public housing agency in residential land development, *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, **38**(7), 377-386.

Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S. Shprita, L. Fitton, L. Saffouri, R. and Blair, R., 1995, Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science-AAAS-Weekly Paper Edition*, **267**(5201), 1117-1122.

Son, M.S., Kim, B-H. S., and Lee, H.S., 2009, Economic valuation method for soil and groundwater, *KRSA*, **25**(2), 63-82.

Son, H.G. and Kim, S.B., 2010, A study on conservative value evaluation for landscape of the rural tourism villages, *Journal of Agricultural Extension & Community Development*, **17**(4), 897-918.

Shim, G.W., 2012, Estimating the economic value of environmental resources for systematic national park management : a case of Jirisan national park, **16**(1), 121-126.

Yoon, J.K., Kim, R.Y., Kim, J.I., Noh, H.J., Yu1, S.J., Kim, T.S., Lee, M.G., Yun, D.G., Lee, H.G., Kim, I.J., and Park, G.H., 2015, Characteristics of heavy metals (Ba, Cr) distribution in soil, *J. Soil Groundw. Environ.*, **20**(7), 61-69.

Yang, J.H., Park, S.H., Yoo, K.J., Kim, T.H., and Hwang, S.I., 2016, Strategic environmental impact assessment for development basic plan considering complex characteristics of soil - focused on the bogeumjari housing supply plan and an urban management plan., *J. Environ. Impact Assess.*, **25**(2), 155-164.