

신재생에너지분야 전문가의 지불의사액 조사 연구

임소영*, 허은녕**

Willingness-to-pay for the Use of Renewable Energy by Experts

Soyoung Lim* and Eunnyeong Heo**

Abstract

This study uses contingent valuation method (CVM) to elicit willingness to pay monthly for electricity or heating produced by renewable energy (RE). The experts who participated in the conference of the Korean Society for New and Renewable Energy in May of 2008 were asked to answer the questionnaires: how much would you be willing to pay monthly to receive electricity (or heating) generated by RE? We find some evidence that the respondents have higher willingness to pay for RE electricity than RE heating even if the average electric bills were lower than the heating bills. The respondent who belongs to a large family and has a good opinion of RE tends to show high willingness to pay for both RE electricity and RE heating.

Key words

Renewable energy(신재생에너지), Diffusion(보급), Willingness-to-pay(지불의사액), Contingent valuation method(조건부가치측정법), Electricity(전기), Heating(열)

(접수일 2008. 11. 11, 수정일 2008. 11. 26, 게재확정일 2008. 11. 28)

* 서울대학교 공학연구소

■ E-mail : sylim316@snu.ac.kr ■ Tel : (02)883-8323 ■ Fax : (02)882-2109

** 서울대학교 에너지시스템공학부

■ E-mail : heoe@snu.ac.kr ■ Tel : (02)880-8323 ■ Fax : (02)882-2109

Subscript

RE : renewable energy

WTP : willingness-to-pay

CVM : contingent valuation method

CE : choice experiment

ML : maximum likelihood

1. 서론

에너지 공급의 해외의존도를 낮추고 이산화탄소 배출량을 줄이기 위하여, 화석연료를 대체할 에너지원을 개발해내는 것이 중요해지고 있다. 특히 세계 10위 에너지 소비국이면서 1차 에너지원들 중 석유의 소비비중이 46.0¹⁾(2007년 기준)

1) 2007년 기준(세계석유통계, 석유협회보 2008년 7·8월호)

를 차지하는 우리나라는, 2013년부터 시작되는 ‘포스트 교토’ 체제에서 온실가스를 의무적으로 감축해야 할 가능성과 함께 갈수록 불안정해지는 원유 가격에 대비해야 하는 필요성의 증가로 신·재생에너지를 시급히 연구·개발해야 하는 상황에 직면해 있다. 또한 제1차 국가에너지기본계획(2008~2030년)을 실현하기 위한 실행전략의 하나로 신재생에너지 비중을 현재 2.4%에서 2030년 11%(현재 대비 4.6배)로 확대한다는 정부의 계획은 신·재생에너지의 연구개발 뿐 만 아니라 보급의 중요성을 공론화 시키는 계기가 되었다.

신·재생에너지 비중 확대와 활성화를 위해서는 연구개발과 보급이라는 두 측면이 모두 맞물려 이루어져야 효과를 볼 수 있다. 이 중 특히 신·재생에너지의 효과적인 보급을 위해서는 국민들이 신·재생에너지를 객관적이면서도 친근하게 인식하는 것이 중요하다. 실제로 신·재생에너지의 보급이 상당 수준 확대되어 온 선진국에서는 신·재생에너지 설비에 따른 불편과 낮은 경제성 등으로 신·재생에너지 보급에 관한 부정적인 인식이 출현하고 있으며, 이러한 인식조사와 정책연계에 대한 연구들이 진행되어 왔다.^(4,5,8,10) 이에 우리나라에서도 국민들의 신·재생에너지에 대한 인식과 그 정도를 정량화하여 파악할 필요성이 제기되었으며, 본 연구에서는 특히 신·재생에너지 분야 전문가들의 신·재생에너지에 대한 인식을 전기 분야와 열 분야로 나누어 정량화하였다.

본 논문에서는 먼저 신재생에너지 사용과 관련된 지불의사액을 연구한 국내외 연구사례를 소개하고 본 논문과의 차별성을 비교하였다(2장). 3장에서는 본 연구를 위해 사용한 설문조사의 방법과 문항을 설문대상자의 기술통계분석 결과와 함께 살펴보고, 적용한 방법론인 조건부가치측정법을 4장에서 간략하게 소개하였다. 마지막으로 분석결과(5장)와 함께 정책적 함의를 포함한 결론(6장)을 제시하였다.

2. 신재생에너지 관련 지불의사액 연구 사례

신재생에너지와 관련한 지불의사액(WTP, willingness-to-pay)을 조건부가치측정법(CVM)이나 실험선택법(CE)을 사용하여 추정한 연구들이 미국과 유럽을 중심으로 이루어져 왔다(Table 1). 특히 덴마크와 스웨덴을 중심으로 한 유럽은 풍

력발전단지 조성에 따른 주민들의 반대의사를 지불의사액으로 정량화한 연구들 중심으로 신재생에너지 관련 지불의사액 연구가 수행되었다. Ladenburg and Dubgaard(2007)는 해양풍력발전이 인근 주민들에게 부과하는 심미적 불편함을 해소시키기 위하여 풍력발전기를 해안으로부터 멀리 떨어뜨려 설치하기 위한 추가 전력비용을 실험선택법(CE)으로 추정하였다. 분석 결과 해안에서 8km 분리된 풍력발전단지에 비하여 12km 떨어진 풍력단지는 가구당 연간 평균 46 Euro, 18km는 96 Euro, 50km는 122 Euro의 추가 전력비용을 지불할 의사를 보였다.

우리나라에서는 신재생에너지 전력 사용으로 인한 추가 전기요금을 구하기 위해 조건부가치측정법(CVM)을 사용한 사례가 있으며⁽¹⁾, 이에 따르면 지불의사가 있는 응답자들의 월 평균 WTP는 1610원으로, 특히 자발적인 녹색가격제도를 지지하는 응답자들의 월 평균 WTP는 1839원 인 것으로 추정되

Table 1. Studies on the WTP for RE.

저자 (연도) 국가	방법론	대상	결과
Li, et al. (2008) US	CVM	화석연료에 의존하지 않는 에너지의 연구개발을 위한 에너지 가격 (전기로 또는 유류비) 인상	- 가구당 연간 WTP 중앙값: \$137 (응답 신뢰도가 80%이 상인 응답을 “예”라고 처리했을 시)
Wiser (2007) US	CVM	신재생에너지 사용으로 인한 전기료 인상	- 자발적인 금액 지불보다 의무적 지불을 통해 더 높은 WTP - 신재생에너지의 정부제 공보다 사기업 제공에 더 높은 WTP
Borchers, et al. (2007) US	CE	녹색전력 프로그램(신 재생에너지 사용)에의 자발적인 참여로 인한 추가 비용	- 신재생에너지 전기 사용을 위해 양(+)의 WTP - 태양열에너지를 일반적인 신재생에너지와 풍력보다 선호 - 바이오매스와 메탄가스를 가장 비선호
Ladenburg and Dubgaard (2007) Denmark	CE	해양풍력발전이 주는 심미적 불편함을 감소시키기 위하여 풍력발전기를 해안으로부터 멀리 떨어뜨려 설치하기 위한 추가 전력비용	- 해안에서 8km 분리된 풍력발전단지에 비하여 가구당 연간 WTP 평균값 12km: 46 Euro 18km: 96 Euro 50km: 122 Euro
이창훈 (2005) 한국	CVM	신재생에너지 전력 사용으로 인한 추가 전기요금	- 지불의사를 가진 대상자들의 월 평균 WTP: 1610원 - 자발적인 녹색가격제도를 지지하는 응답자의 월 평균 WTP: 1839원

었다. 이 수치들은 신재생에너지 전문가들의 WTP를 분석한 본 연구의 결과와 비교할 수 있다.

3. 설문조사

3.1 설문조사 방법과 문항

2008년 5월 22일 신재생에너지학회에 참가한 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문문항은 다음과 같이 크게 세 부분으로 나눌 수 있다.

- I) 가정에서 지불하는 전기요금과 겨울철 난방비 현황 조사
- II) 신재생에너지로 생산된 전기에너지와 열에너지를 사용하기 위한 지불의사액과 관련된 문항
- III) 통계분석을 위한 응답자들의 사회경제적 변수와 행동 변수에 관한 문항.

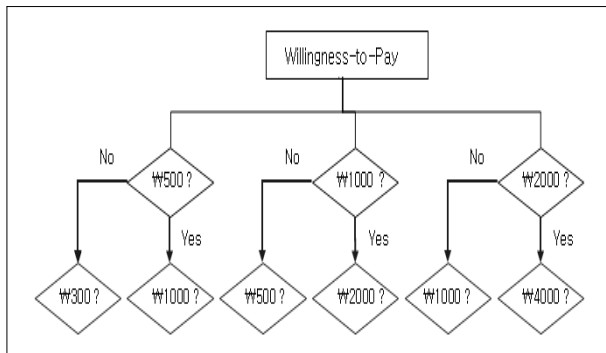


Fig. 1 Mechanism of eliciting willingness-to-pay for electricity using renewable energy

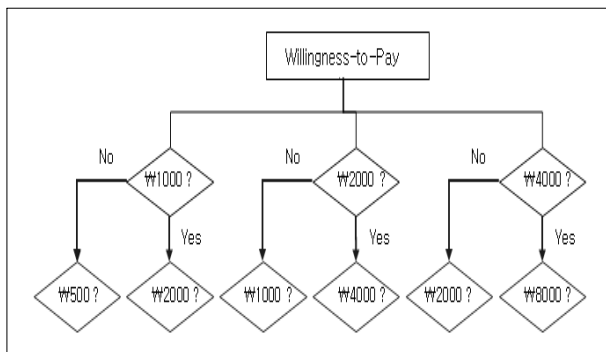


Fig. 2 Mechanism of eliciting willingness-to-pay for heating using renewable energy.

이 중 지불의사액과 관련된 문항에서는 2007년 상반기 월 평균 주택용 전기요금(가구당 38,000원)과 겨울철 월평균 난방비(가구당 150,000원)를 고려하고, 포커스 그룹에 대해 실시한 사전조사 결과를 바탕으로 전기에너지와 열에너지 각각에 대해 3가지 초기 제시금액을 제시하였다. 즉 신재생에너지를 사용하여 생산된 전기(or 열)에너지를 공급받기 위하여 응답자의 가정에서 현재 지출하는 전기요금(or 난방비)에서 한 달에 ___원을 추가적으로 낼 용의가 있는지를 질문하였다(Fig. 1과 Fig. 2 참조).

3.2 설문조사 결과

총 166부의 설문지를 배포하여 121부가 회수되었으며, 이들 중 무응답 없이 유효한 99부의 결과를 분석하였다. 지불의

Table 2. Sample distribution of the variables.

Variable	Description	No. of Obs.
		N=99
AGE, age	• 20's	39
	• 30's	31
	• 40's	20
	• over 50's	9
EDU, education years (years)	• <=12	1
	• 13-16	20
	• 17-18	32
	• >=19	46
FAMNUM, family size	• <=2	17
	• 3-4	76
	• >=5	6
INCOM, monthly income (10,000won)	0: no fixed income	2
	1: <200	8
	2: 200-299	14
	3: 300-399	21
	4: 400-499	21
	5: 500-599	11
	6: 600-699	5
	7: >=700	17
SOCPROB, prime concern	1: environmental issues	10
	0: non-environmental issues	89
RENEW, attitude to RE	1: very important	66
	2: important	24
	3: neutral	8
	4: unimportant	1
	5: very unimportant	0
CONFD, confidence to RE development and diffusion	1: certain	63
	2: uncertain	36

사액의 추정을 위하여 사용된 99명의 응답자의 주요 변수별 분포는 Table 2와 같다. 본 연구는 신재생에너지학회에 참가한 전문가들을 대상으로 실시하였기 때문에 일반국민들의 분포보다 고학력, 고임금의 특성을 보였으며, 신재생에너지에 호의적이었다.

4. 조건부가치측정법

조건부가치측정법(CVM, Contingent Valuation Method)은 가상적으로 설계된 시장에 기초하여 그 시장이 존재한다는 조건 하에서 설문에 대한 응답을 이용하여 비시장 재화의 가치를 측정하는 방법론이다. CVM 방법론 중, 하나의 제시금액에 대한 답으로 WTP를 추정하는 단일경계(single-bounded) 모형과 달리, 후속금액을 제시함으로써 통계적으로 효율적인 이중경계(double-bounded) 모형은 Carson et al.(1986)에 의해 최초로 제안되었다. 후속금액에 대한 추가 정보로 이중경계모형은 단일경계모형과 동일한 결과를 얻기 위해 더 작은 표본크기를 요구하며, 또는 더 좁은 신뢰구간을 얻을 수 있다.

본 연구에 사용된 이중양분선택형 조건부가치측정법에서는 응답자들이 “신재생에너지를 사용하여 생산된 전기(or 열) 에너지를 공급받기 위하여 응답자의 가정에서 현재 지출하는 전기요금(or 난방비)에서 한 달에 ___원을 추가적으로 낼 용의가 있는지?” 라는 질문에 “예”라고 응답한 경우 더 큰 금액 (A^u)을 제시하고, “아니오”라고 응답한 경우에는 더 작은 금액 (A^d)을 제시하게 된다. 따라서 모든 응답자들의 대답은 “예-예”, “예-아니오”, “아니오-예”, “아니오-아니오” 중 하나의 형태로 나타난다. 이들을 괄호 안의 조건이 만족되면 1의 값을 갖고 그렇지 않으면 0의 값을 갖는 성질이 있는 지시 함수 ($I(\cdot)$)의 형태로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I^{YY} = I(\text{응답이 예-예})$$

$$I^{YN} = I(\text{응답이 예-아니오})$$

$$I^{NY} = I(\text{응답이 아니오-예})$$

$$I^{NN} = I(\text{응답이 아니오-아니오})$$

이 때 서로 다른 가치를 가지고 있는 개인들이 무한히 있다고 가정하면, 한 개인의 지불의사액이 금액 A를 초과하지 않

을 확률은 다음과 같고, $F_{WTP}(A)$ 는 ML(Maximum Likelihood)을 이용하여 다양하게 추정할 수 있다.

$$prob(WTP \leq A) = F_{WTP}(A)$$

본 연구에서는 $F_{WTP}(A)$ 를 logistic 분포라 가정하고, 다음과 같이 로그우도함수를 가정하였다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \ln \{ I_i^{YY} [1 - F_{WTP}(A_i^u)] + I_i^{YN} [F_{WTP}(A_i) - F_{WTP}(A_i)] + I_i^{NY} [F_{WTP}(A_i) - F_{WTP}(A_i^d)] + I_i^{NN} [F_{WTP}(A_i^d)] \}$$

위 함수의 ML 추정치를 이용하여 다음과 같이 평균 WTP를 구할 수 있다. 본 연구에서는 WTP 값을 선형이라 가정하였다.

$$WTP = (a + \chi_i' \beta) / b$$

5. 분석결과

설문결과들에 대해 WTP의 분포함수를 logistic이라 가정하고 logit 모형을 적용하였으며, 여러 변수들 중 통계적으로 유의한 ML(Maximum Likelihood) 추정치와 이를 이용한 평균 WTP를 다음 표 2와 같이 구하였다. 추정된 계수들을 살펴보면, 가족 수가 더 많을수록, 그리고 신재생에너지에 대해

Table 3. Logit model parameter estimates and mean WTPs.

Variable	Electricity	Heating
CONSTANT	2.37***	2.00**
BID	0.00072***	0.00086***
FAMNUM	0.35*	0.30
RENEW	-1.16***	-0.95***
Log likelihood	-102.66	-127.50
Mean WTP, won (95% Confidence Interval ¹)	2604.9 (2147.9, 3191.5)	1927.5 (1554.8, 2359.4)

* p-value < 0.10 ** p-value < 0.05 *** p-value < 0.01
¹ 95% confidence intervals were obtained by the Monte Carlo simulation technique as suggested by Krinsky and Robb (1986) with 5000 replications.

더 호의적일수록 신재생에너지로 생산한 전기에너지와 열에너지의 구매를 위해 더 큰 금액을 지불할 의사가 있음을 알 수 있다.

Table 3에 의하면 신재생에너지를 사용하여 생산된 전기 에너지를 공급받기 위하여 현재 지출하고 있는 전기요금에서 한 달에 평균적으로 2604.9원을 지불할 의사가 있는 것으로 나타났다. 반면, 신재생에너지를 사용하여 생산된 열에너지를 공급받기 위해서는 한 달 평균 1927.5원을 지불할 의사가 있다고 응답하였다.

6. 결론

효과적인 신재생에너지의 보급을 위하여 국민들의 신재생 에너지에 대한 이해와 협조가 필수적인 요소로 작용한다. 이에 신재생에너지에 관한 인식을 정량적으로 이해하기 위한 노력이 국내외에서 진행되어 왔으며, 이 기존 연구들에서는 구체적인 대상이나 방법론에 있어서는 조금씩 차이를 보이고는 있지만 공통적으로 신재생에너지의 사용을 위한 지불의사액을 추정하였다. 하지만 신재생에너지를 사용하여 전기에너지를 획득하는 경우와 열에너지를 얻는 경우를 분리하여 잠재적인 소비자들의 지불의사액을 분석 비교한 사례는 없는 실정이다. 본 논문에서는 특히 신재생에너지 전문가들을 대상으로 하여 전기에너지와 열에너지를 구분하여 신재생에너지 사용에 관한 지불의사액을 구하였다. 분석결과는 국내에서 일반 국민들을 대상으로 한 연구결과와 비교하여 시사점을 도출할 수 있었다.

전문가들은 신재생에너지를 이용한 전기에너지를 사용하기 위하여 월 평균 2605원(95% C.I.: 2148원~3192원)의 추가 전기요금을 지불할 의사가 있음을 밝혔다. 이는 2007년 상반기 우리나라 국민의 월 평균 주택용 전기요금이 가구당 38,000원인 것을 감안했을 때, 전기요금의 약 6.9%에 해당하는 가격이다. 반면 신재생에너지를 이용한 열에너지를 사용하기 위하여 전문가들은 월 평균 1928원(95% C.I.: 1554.8원~2359.4원)의 추가 난방비를 지불할 의사가 있었으며, 이는 2007년 우리나라 일반국민의 겨울철 월 평균 난방비(가구당 150,000원)를 고려하면 난방비의 약 1.3%에 해당하는 수치이다. 즉 같은 신재생에너지를 사용하더라도 열 분야보다는 전기 분야에의 응용을 더 많이 추구하는 것으로 나타났다.

신재생에너지 전력을 사용하기 위해 추가 전기요금을 지불할 의사가 있는 일반인들의 지불의사액이 월 평균 1610원인 것으로 분석된 기존 국내 연구(이창훈, 2005)와 비교하면 본 연구에서 추정된 월 평균 2605원의 추가요금은 상당 수준 증가한 금액이다. 이 차이는 각각 2005년과 2008년 조사라는 연구시점의 차이와 일반인과 전문가라는 설문대상의 차이에서 기인한 것으로 유추할 수 있다. 전문가들의 지불의사조사에서 확장하여 일반국민들의 지불의사액을 추정하면 앞의 두 가지 원인 중 어느 요소가 더 크게 작용하여 차이를 유발하게 되었는지 확인할 수 있을 것이다. 또한 추후연구로 설문대상자들이 실제로 지불하는 전기요금과 난방비를 조사하여 이들 금액 대비 지불의사액의 비율을 추정하는 것도 고려할 수 있다.

본 연구의 결과를 이용하여 신재생에너지의 사용에 따른 편익의 정량화에 대한 이해를 도모할 수 있으며, 비용편익분석 등 경제성 평가에 참고할 수 있다. 또한 추후에 신재생에너지원 별 지불의사액을 별도로 추정하면 각 신재생에너지의 선호도를 유추할 수 있다. 이 때 신재생에너지가 보유하는 여러 속성들 중 가장 중요하다고 평가되는 속성을 파악하고, 이를 신재생에너지 산업의 육성과 지원 시 참조할 수 있을 것으로 기대한다.

후 기

본 논문의 완성도를 위해 조언과 의견을 제공해 주신 익명의 심사위원 분들께 감사드립니다.

References

- [1] 이창훈, 2005, 신재생에너지전력 시장 활성화 방안 연구, 한국환경정책평가연구원, 서울.
- [2] Borchers, A. M., Duke, J. M., and Parsons, G. R., 2007, "Does willingness to pay for green energy differ by source?", Energy Policy, Vol. 35, pp. 3327-3334.
- [3] Carson, R. T., Hanemann, W. M., and Mitchell, R. C., 1986, Determining the demand for public goods by simulating referendums at different tax prices, Manuscript, University of California, San Diego.
- [4] Ek, K., 2005, "Public and private attitudes towards

“green” electricity: the case of Swedish wind power”, Energy Policy, Vol. 33, No. 13, pp. 1677–1689.

- [5] Eltham, D. C., Harrison, G. P., and Allen, S. J., 2008, “Change in public attitudes towards a Cornish wind farm: Implications for planning”, Energy Policy, Vol. 36, No. 1, pp. 23–33.
- [6] Ladenburg, J. and Dubgaard, A., 2007, “Willingness to pay for reduced visual disamenities from offshore wind farms in Denmark”, Energy Policy, Vol. 35, pp. 4059–4071.
- [7] Li, H., Jenkins-Smith, H. C., Silva, C. L., Berrens, R. P., and Herron, K. G., 2008, “Public support for reducing US reliance on fossil fuels: Investigating household willingness-to-pay for energy research and development”,

Ecological Economics, doi:10.1016/j.ecolecon.2008.06.005.

- [8] Upreti, B. R. and van der Horst, D., 2004, “National renewable energy policy and local opposition in the UK: the failed development of a biomass electricity plant”, Biomass and Bioenergy, Vol. 26, No. 1, pp. 61–69.
- [9] Wisner, R. H., 2007, “Using contingent valuation to explore willingness to pay for renewable energy: A comparison of collective and voluntary payment vehicles”, Ecological Economics, Vol. 62, pp. 419–432.
- [10] Wolsink, M., 2007, “Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of ‘backyard motives’”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 11, No. 6, pp. 1188–1207.

임소영



1997년 이화여자대학교 환경공학과 공학사
 1999년 University of Michigan Environmental Health M.S.
 2002년 University of Michigan Biostatistics M.S.
 2008년 서울대학교 지구환경시스템공학부 공학박사

현재 서울대학교 공학연구소 연구원
 (E-mail : sylim316@snu.ac.kr)

허은병



1987년 서울대학교 자원공학과 공학사
 1989년 서울대학교 자원공학과 공학석사
 1996년 Pennsylvania State University, Energy, Environmental and Mineral Economics Ph.D

현재 서울대학교 에너지시스템공학부 부교수
 (E-mail : heoe@snu.ac.kr)