

한국 중소형 일체형 원자로(SMART)의 사회적 가치 평가: 비사용가치를 중심으로*

정기호**

요 약

본 연구는, 우리나라에서 독자기술로 개발하여 국내건설이 추진 중인 다목적 중소형 일체형 원자로(System-integrated Modular Advanced Reactor, SMART) 개발사업의 사회적 무형 편익을 평가한다. 평가기법으로는 양분선택형 조건부 가치법(dichotomous choice contingent valuation method, CVM)이 사용되었으며, 분석자료는 우리나라 5대 광역시 가구를 대상으로 수행한 개인면접 설문조사를 통해 수집되었다. 평가결과, 연간 총 가치는 894억원으로 평가되며, 95% 신뢰구간 하한값으로 계산된 보수적인 추정값은 년 478억원 그리고 90% 신뢰구간 하한값으로 계산된 보수적인 추정값은 년 546억원으로 각각 평가되었다.

주요 단어: 다목적 중소형 일체형 원자로, SMART, 사회적 편익, 조건부가치평가법
경제학문헌목록 주제분류: Q3

* 본 논문은 한국원자력연구원 연구보고서 「SMART의 경제적 가치평가 및 국민경제 기여효과 분석(2010)」의 일부 내용을 발췌하여 수정·보완한 논문입니다.

** 경북대학교 경제통상학부 교수. khjeong@knu.ac.kr

I. 서 론

최근 세계적으로 발전과 해수담수화 등의 다목적 용도의 중소형원자로가 매우 광범위하게 개발이 추진되고 있다. 우리나라도 고유원자로 기술 확보 및 핵심 기술자립 그리고 수출 산업화를 목표로 비교적 일찍 1997년부터 다목적 중소형 일체형 원자로인 SMART(System-integrated Modular Advanced ReacTor)의 독자 기술개발에 착수하여 이제는 해외수출을 목적으로 국내 실증로의 건설을 추진하고 있다.

SMART는 해수담수 겸용 원자로 모형으로서 열출력 33만kW인 중소형 원자로이며, 동 규모의 원자로는 인구 10만명 규모의 도시에 물(하루 4만톤)과 전기(약 9만 kW)를 동시에 공급할 수 있는 수준이다. 한 개의 압력용기 안에 주요 장치들을 설치한 일체형 원자로로, 대형 배관을 없애고 핵심기기를 표준화 및 모듈화함으로써 기존 원전보다 안전성을 대폭 향상시킨 신개념 원자로로 평가받고 있다. 인프라가 부족해 대형원전 도입이 어렵고 물 부족으로 바닷물의 담수화가 필요한 중동, 아프리카, 동남아시아 등의 지역이 주된 목표 수요처로서 기대된다.

한편, 현재 우리나라는 국가적으로 연구개발사업의 규모가 빠르게 증대하는 추세에 따라 효율적 자원배분을 위해 연구개발사업의 경제성 평가가 필수적으로 요구되고 있다. SMART사업의 경우에는 사업 시행자에 대한 수익과 국가경제 파급효과뿐만 아니라 원자력 기술자립 및 수출에 따른 국민의 자긍심과 대외적인 국가위상 증대와 같이 측정이 어려운 무형의 사회적 편익을 포함하고 있어서 다양한 측면에 대해 적절한 평가기법을 이용할 필요가 있다.

본 연구는 사회적 무형 편익에 초점을 맞춘다. SMART는 우리나라의 독자적인 기술로 개발된 원전으로서 지금까지 세계 최고의 운영기술에도 불구하고

고 원천기술의 미확보로 독자적인 수출을 하지 못했던 우리나라 원전 역사를 바꿀 수 있는 획기적인 전기를 제공한다. 따라서 SMART는 국민들에게 원자력 강국으로서의 자긍심과 대외적인 국가홍보효과를 가져올 것으로 기대되는데, 이러한 무형의 사회적 편익이 갖는 화폐단위 가치가 본 연구의 분석목표이다.

본 연구는 SMART사업을 통해 우리나라 국민이 얻게 되는 편익 증대를 고려하며, 이러한 무형의 사회적 편익증대에 대해 Hicks(Hicks, 1943)의 보상변이(compensating variation) 개념을 적용하여 화폐단위로 측정한다. SMART는 아직 국내 건설이 시작되지 않았으므로 시장이 현재에 존재하지 않는다. 본 연구에서는 SMART사업에 대한 실증적인 편익 측정방법으로서 조건부가치평가법(contingent valuation method, CVM)을 채택한다. 조건부가치평가법은 시장이 전혀 존재하지 않거나 불완전하게 존재하는 재화나 서비스의 편익을 화폐단위로 측정하는 기법으로서, 현재 국내에서는 한국개발연구원이 주관하는 사회인프라사업의 경제성 평가나 한국과학기술기획평가원이 주관하는 연구개발사업의 경제성 평가에서 이용되고 있다.

조건부가치평가법은 설문조사를 통해 응답자가 평가대상에 부여하는 가치의 정보를 간접적으로 도출한다. 본 연구에서 응답자는 일반국민이며, 일반국민이 SMART사업에 부여하는 가치에는 원자력 발전 분야에서의 원천기술 확보와 독자적인 수출을 통한 자긍심 그리고 원전기술의 국제적인 위상 향상 등이 포함된다. 일반 국민들은 비록 SMART에 대한 전문 지식이 없더라도 국가예산의 수입인 세금을 지불하는 주체이기 때문에 일반적인 유형의 가치에 대해 상식적인 수준에서 평가할 타당성을 갖는다. 국민이 부여하는 가치가 바로 사회후생과 연결되는 가치이며, 국가연구개발사업의 가치평가가 추구하는 자원배분의 효율성이란 바로 사회후생의 극대화에 기초하기 때문이다.

이후 본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 조건부가치평가법과 실증연구절차 그리고 양분선택형 조건부가치평가법의 수리적 모형구조를 제시한다. III장에서는 설문조사자료의 기초통계를 정리하고 계량분석 결과를 제시하며, 마지막으로 IV장에서는 결론을 내린다.

Ⅱ. 조사설계

1. 조건부가치평가법

본 연구는 SMART사업으로 인한 일반국민의 편익증대를 평가하기 위해 설문조사를 통해 응답자들의 선호를 분석하는 진술선호기법(stated preference approach)을 고려한다. 진술선호기법은 이용가치(use value)와 비이용가치(nonuse value)를 모두 측정할 수 있는 유일한 방법이며 아직 존재하지 않는 재화에 대한 사전적 평가가 가능하다는 등의 장점 때문에 비시장재의 주된 가치평가 방법으로 정착하였고 최근에는 환경 이외 분야로 적용범위가 빠르게 확산되고 있다. 진술선호기법에는 크게 조건부가치평가법(Contingent Valuation Method, CVM)과 컨조인트 분석법(Conjoint Analysis Method, CAM)의 두 가지 유형이 있으며, 본 연구에서는 조건부가치평가법을 채택한다.

조건부가치평가법은 설문조사를 통해 평가대상 재화나 기술에 대한 가상적인 시장을 개인들에게 제시하고 개인의 보상잉여(compensating surplus)나 동등잉여(equivalent surplus)를 설문조사 자료와 계량경제학 추정모형을 결합하여 추정함으로써 개인들이 평가대상 재화에 부여하는 가치를 도출하는 방법이다. 조건부가치평가법의 전반적인 내용을 소개하는 문헌으로는 Mitchell and Carson(1989), Hanley(1989), Bateman and Turner(1992), Freeman(1993) 등이 있으며 실제 사용과 관련된 다양한 이슈를 다룬 문헌으로는 Mitchell and Carson (1993), Werner and Groves(1993) 등이 있고 문제점들을 논의한 문헌으로는 Hausman(1993)이 있다. 국내의 경우 공공 분야에서 조건부가치평가법의 적용 사례를 보면, 네트워크 외부성 및 전송속도의 가치측정(곽승준, 신승식, 유승훈, 2000), 정보서비스의 가치측정(한국전산원, 2004), 양성자가속기의 편익(한국원자력연구원, 2005; 과학기술정책연구원, 2008), 대형광학망원경 개

한국 중소형 일체형 원자로(SMART)의 사회적 가치 평가: 비사용가치를 중심으로

발사업의 편익(한국과학기술기획평가원, 2006), 포항 방사광가속기의 편익(포항가속기연구소, 2008), 4세대 방사광가속기의 편익(포항가속기연구소, 2009), 영상자료센터의 경제성 평가(한국영상자료원, 2009) 등의 적용사례가 있다.

2. 실증연구절차

가. 설문방식 설계

조건부가치평가법에서 가장 중요한 부분은 지불의사액을 질문하는 방식이다. 응답자로부터 정확한 지불의사액을 유도해내기 위하여 현재까지 고안된 지불의사 질문방법은 크게 경매법, 지불카드형식, 양분선택형 등 세 가지로 구분된다. 이 중에서 본 연구의 채택 방식인 양분선택형은, 가상의 시장을 설정하고 각각의 응답자에게 무작위로 명시된 금액을 지불할 의향이 있는지 여부를 조사한다(Bishop and Heberlein, 1979). 응답자는 단지 예/아니오로 대답하기 때문에 응답하기가 쉽고 실제 시장상황에서의 의사결정과 유사하다는 장점이 있어서, 미국 상무성 산하 NOAA(the National Oceanic and Atmospheric Administration)의 전문가 그룹이 추천하는 방법이다(NOAA, 1992).¹⁾ 본 연구에서도 양분선택형 조건부가치평가법을 채택한다.

본 연구에서는 설문조사 응답자들에게 SMART사업 추진을 위해 어느 특정금액을 매 분기마다 지불해야할 경우 이를 지불할 의사가 있는지 여부를 질문한다. 만약 응답자가 합리적이라면 SMART사업에 부여하는 가치가 제시된 금액보다 큰 경우에 “예”라고 대답하고 반대 경우에는 “아니오”로 대답할 것이며, 추정 계량경제학 모형은 이러한 합리성 가정에 기초하여 설계된다. 설문조사에서 제시되는 금액은 사전설문조사(pretest)를 통해 최소 5백원에서 최대 9천원 범위의 11개의 제시금액으로 결정하였다.

지불수단의 선택에 따라 동일한 지불의사액 질문에 대한 응답자의 반응이

1) NOAA 보고서에 대한 비판적 시각도 있음. 비판적 시각은 Harrison(2001)을 참조함.

달라질 수 있다는 점에서 조건부가치평가법에서 지불수단 선택은 지불의사액 질문방식만큼 중요하며, 기존 연구에서는 조세, 기부금, 이용요금 등이 지불수단으로 고려되고 있다. 본 연구에서는 SMART사업에서 기대되는 원자력발전 분야에서의 ‘원천기술 확보’, ‘독자적 수출’, ‘원전 기술선진국 진입 기여’ 등의 가치가 갖는 공공재적 성격을 감안하여 추가적인 소득세를 지불수단으로 선정하였으며, 지불빈도는 월간, 분기별, 연간 중에서 중간 빈도인 분기별을 택하여, 최종적으로 각 가구가 매 분기마다 지불하는 소득세를 지불수단으로 고려하였다.^{2) 3)} 그리고 지불기간과 관련해서는, SMART사업 추진에 필요한 자원 확보를 위해 각 가정이 분기별로 납부하는 소득세가 향후 5년간 인상된다는 상황을 지문에서 가정하였다.

나. 모집단과 표본선정

조건부가치평가법에 기반을 둔 설문조사에서 연구자는 모집단의 범위와 모집단을 대표하는 표본선정방식을 선택해야 한다. 조건부가치평가법은 가상 시장을 설정하여 가치를 평가하는 방식이므로 가상 시장에 진입할 수 있는 잠재적인 가능성이 있는 소비자는 모두 모집단의 구성원으로 고려될 수 있다.

본 연구는 SMART사업의 사회적 무형가치로서 원자력 발전 분야에서의 원천기술 확보와 독자적인 수출을 통한 국민적 자긍심 그리고 원전기술의 국제적인 위상 향상 등을 고려하며, 이러한 사회적 무형 가치는 일반 국민 모두가 혜택을 받는 대상이 되므로 우리나라 전체 가구를 모집단으로 선정하였다. 단, 가상적 시장을 다루지만 설문조사에서 실제 지불능력을 고려한 의사결정이 요구되기 때문에 20세 이상 65세 미만의 세대주 및 주부로 모집단을 한정

2) 평가대상이 공공재적 성격을 갖는 경우 지불수단을 소득세로 택한 사례는 한국개발연구원(2004a, p.54, p.57)을 참조함.

3) 평가결과는 지불기간 선택을 포함한 설문방식의 모든 설계 항목의 선택에 영향을 받을 수 있음. 따라서 본 연구 결과는 분기별 지불기간의 선택을 포함한 본 연구의 설문설계를 조건부로 해석해야 할 것임.

한국 중소형 일체형 원자로(SMART)의 사회적 가치 평가: 비사용가치를 중심으로

하였다.

본 연구는 표본추출 대상지역으로서 서울, 대전, 대구, 광주, 부산 등 전국 5대 광역시로 하였으며, 목표 표본가구인 608가구를 5대 광역시의 가구수 비율에 따라 광역시별로 할당하였고 각 지역 내에서 표본추출은 임의표본추출을 따랐다.⁴⁾

다. 설문문항

SMART사업이 일반 시민들에게 일상적으로 접하는 친숙한 분야가 아니므로, 본 연구는 설문조사에서 응답자의 SMART사업에 대한 이해를 돕기 위해 두 가지 방법을 사용하였다.

첫째 방법은 설문문항의 구성으로서, 설문조사에서 응답자가 단계적으로 SMART사업에 대한 이해 수준을 높이도록 설문문항을 배치하였다. 설문지의 문항은 크게 세 부분으로 구성하였다. 첫째는 SMART의 가치평가에 대한 본격적인 조사에 앞서 응답자들을 적응시키는 단계로서 일반적인 SMART의 인식 여부와 SMART를 이용하여 가능한 연구 분야들 간의 우선순위 등에 관한 질문문항들로 구성하였다. 둘째는 응답자의 성별, 연령, 교육, 소득 등 경제사회학적 정보를 묻는 부분이다. 셋째는 SMART에 대한 가상적인 시장을 설명하는 지문과 지불의사액에 관한 질문들로 구성하였다. 지문의 내용과 문구는, 한국원자력연구원의 SMART사업단 전문가들의 자문을 얻어 작성한 초안을 설문조사를 수행한 리서치전문회사가 수정하고 이 결과를 본 연구의 저자와 SMART사업단 전문가에게 다시 피드백시키는 조정과정을 수 차례 거쳐 작성되었다. 설문조사에서 사용된 지문 내용은 다음과 같다.

4) 이러한 모집단 및 표본추출방식의 설계는 설문조사에 기초한 가치평가법을 응용하는 국내 선행연구들의 대표적 방식으로, 사례는 한국개발연구원(2004a, p.110, p.123)을 참조함.

“SMART는 1997년부터 우리나라가 독자 기술로 개발해 온 한국형 원자로의 이름입니다. SMART는 전력생산과 바닷물 담수를 겸용하는 다목적 중소형 원자로로서, 특히 안정성이 획기적으로 향상되는 새로운 기술이 쉽게 접목될 수 있고, 안전성 향상과 건설기간 단축에 따른 경제성 향상을 동시에 추구하는 기술 집약적인 원자로입니다. 국제 전문가들의 전망에 따르면 향후 세계 원전 시장은 기존의 대형 원자로뿐만 아니라 중소형 원자로 시장이 새롭게 성장할 것이며 발전이외에도 담수생산이나 선박추진의 동력원 등 다원화 시장으로 진행되는 추세이기 때문에, 선진국들도 경쟁적으로 다목적 중소형 원자로 개발에 착수하고 있습니다.

우리나라는 비교적 일찍 다목적 중소형원자로의 독자 기술개발에 착수하여, 이제는 SMART의 국내 시범 원자로의 건설을 추진하고 있습니다. 이러한 시범원자로의 국내 건설 및 운영을 통한 경험축적은 SMART에 대한 국제적 신뢰성을 제고시킴으로써 해외 수출을 촉진시킬 것입니다. 중소형 원자로 기술분야는 대용량 원자로 분야에 비해 선진화가 가능하기 때문에, SMART 개발사업은 우리나라가 원자력발전 분야에서 원천기술을 확보하고 선진국에 앞서 세계 중소형 원전시장을 선점하며 원자력 기술 선진국에 진입하는데 기여할 수 있습니다.”

둘째 방법은 보기카드의 사용으로서, SMART사업에 매우 생소할 것으로 예상되는 일반인들의 이해를 돕기 위해 SMART사업 관련 정보를 설명한 보기카드를 별도로 작성하여 설문조사 응답자가 참조하게 하였다. 보기카드는 스마트사업의 추진목적, 추진현황, 기여의 세 가지 항목에 대한 설명으로 구성되어 있으며, 특히 기여 항목의 내용은 다음과 같다.⁵⁾

5) 보기카드의 내용과 문구도 지문의 작성과정과 동일한 절차를 거쳐 작성되었음.

- * 수출전략산업으로 국가경제 기여
- * 한국형 원자로의 해외 수출
- * 원자력 원천기술 확보와 국가경쟁력 증대
- * 국가이미지 및 국민 자긍심 제고
- * 후손에게 원자력 기술 선진국 유산

라. 설문조사방법

일반적으로 설문방법으로 고려되는 것은 개인면접법, 우편조사법, 전화설문법 등이 있다. 세 조사방법 중에서 개인면접법은 비용이 가장 많이 소요되지만 조사요원이 응답자에게 분석대상의 비시장재를 충분히 설명한 후에 응답을 얻어내기 때문에 가장 응답률이 높고 응답자료의 신뢰성이 높은 장점을 갖는다. 조건부가치평가법이 시장에서 거래되지 않는 재화의 가치를 조사하기 때문에, 조사요원이 응답자에게 충분히 설명한 후에 응답을 얻어내는 개인면접법이 가장 적절한 조사방법이며 NOAA 패널보고서에서도 추천되는 방식이다. 본 연구는 신뢰도가 높은 응답결과를 얻기 위해 비용이 많이 소요되지만 일대일 개인면접법을 채택하였다. 조사는 전문 리서치회사가 2010년 6월 1일~6월 11일 기간 동안 수행하였다.

3. 계량경제학적 모형구조

본 연구에서 수행한 설문조사에서는, SMART사업의 중요성을 설명하고 이러한 시설을 건설하고 관리하는데 필요한 비용을 확보하기 위해 매 분기 특정금액의 소득세 T 를 지불할 의사가 있는지와 인구경제학적 특성을 응답자에게 질문한다. 각 응답자는 SMART사업의 특성(q)과 소득을 포함한 자신의 사회경제적 특성(x) 등에 의해 결정되는 효용을 알고 있다고 가정한다. 응답자의 특성 중 일부만이 연구자에게 관측된다는 점을 고려하면, 각 응답자가

부여하는 가치를 측정하는 지불의사액(Willingness to Pay, WTP)은 다음과 같이 설정될 수 있다.

$$WTP = h(x|q) + \eta \quad (1)$$

단, x 는 응답자의 사회경제적 특성변수이며 q 는 SMART사업의 특성을 표시한다.

위 식에서 지불의사액은 외부적으로 관측되는 변수들에 의해 결정되는 부분 h 와 미관측 변수들에 의해 결정되는 부분 η 로 구성된다. 개인이 지불의사를 가질 확률은 지불의사액이 제시된 금액 T 보다 클 확률과 같을 것이므로 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \Pr\{\text{지불의사}\} &= \Pr\{WTP > T\} \\ &= \Pr\{h(x|q) + \eta > T\} \\ &= H(\{h(x|q) - T\}/\sigma_\eta) \end{aligned} \quad (2)$$

단, $\sigma_\eta^2 \equiv V(\eta)$, $H \equiv -\eta/\sigma_\eta$ 의 누적분포함수(cdf)

만약 로짓모형을 가정하면 위 지불의사를 가질 확률은

$$\Pr\{\text{지불의사}\} = (1 + \exp\{-\{h(x|q) - T\}/\sigma_\eta\})^{-1} \quad (3)$$

가 된다. 지불의사액 함수의 유형으로서 아래와 같이 선형함수를 고려하면

$$h(x|q) = \beta_o + \beta_1 x, \quad (4)$$

지불의사를 가질 확률은

한국 중소형 일체형 원자로(SMART)의 사회적 가치 평가: 비사용가치를 중심으로

$$\begin{aligned}
 & \Pr \{ \text{지불의사} \} \\
 &= \left(1 + \exp \left\{ - \left\{ \frac{\beta_o}{\sigma_\eta} + \frac{\beta_1}{\sigma_\eta} x - \frac{1}{\sigma_\eta} T \right\} \right\} \right)^{-1} \\
 &\equiv \left(1 + \exp \{ - \{ \theta_o + \theta_1 x + \theta_2 T \} \} \right)^{-1} \quad (5)
 \end{aligned}$$

가 된다.

계수값들의 최우추정량(MLE)은 다음과 같은 목적함수를 극대화시키는 값들로서 정의된다.

$$\begin{aligned}
 (\hat{\theta}_o, \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2) = \arg \max \sum \{ s_i \log \Pr \{ \text{지불의사}_i \} \\
 + (1 - s_i) \log \{ 1 - \Pr \{ \text{지불의사}_i \} \} \} \quad (6)
 \end{aligned}$$

식 (6)의 우변에서 s_i 는 i 번째 응답자가 지불의사를 나타낸 경우 1의 값을 가지고 그렇지 않은 경우 0의 값을 갖는 더미변수이다.

본 연구에서 각 가구의 분기별 지불의사액인 WTP^* 의 추정은 식 (1)을 설명변수의 표본평균값에서 계산하는 방식으로 이루어진다. 즉,

$$\widehat{WTP}^* = \bar{x}' \hat{\beta} \quad (7)$$

식 (7)에서 $\bar{x}$ 를 고정된 값으로 고려하면, 가구당 분기별 지불의사액의 추정치인 WTP^* 는 아래와 같은 분포를 갖는다.

$$\widehat{WTP}^* \sim N(\bar{x}' \beta, \bar{x}' V(\hat{\beta}) \bar{x}) \quad (8)$$

단, $V(\hat{\beta})$ 는 최우추정량 $\hat{\beta}$ 의 분산행렬임.

식 (8)의 분포를 이용하면 가구당 분기별 지불의사액에 대해 다음과 같은 구

간추정과 점추정을 할 수 있다.

$$95\% \text{ 신뢰수준에 따른 구간추정: } \widehat{WTP}^* \pm 1.96 \sqrt{\bar{x}' V(\hat{\beta}) \bar{x}} \quad (9)$$

$$90\% \text{ 신뢰수준에 따른 구간추정: } \widehat{WTP}^* \pm 1.64 \sqrt{\bar{x}' V(\hat{\beta}) \bar{x}} \quad (10)$$

$$\text{점추정: } \widehat{WTP}^* = \bar{x}' \hat{\beta} \quad (11)$$

식 (9)와 식 (10)에서 각 구간추정의 하한값은 보수적인 추정치로 그리고 식 (11)의 점추정은 일반적인 추정치로 해석할 수 있다.

최종적으로 SMART사업에 대한 연간 편익은, 가구당 분기별 지불의사액에 4를 곱하여 가구당 연간 지불의사액으로 변환시키고 이어서 우리나라 총 가구수를 곱하여 계산된다.⁶⁾

$$\text{SMART의 연간편익} = 4 \times \text{가구당 분기별 지불의사액} \times \text{전국총가구수} \quad (12)$$

Ⅲ. 분석결과

1. 설문조사자료 기초통계

설문조사 응답자 608가구를 5대 광역시 가구수에 비례하여 각 지역별로 배

6) 본 연구의 결과는 5대 광역시에 거주하는 가구의 표본으로부터 추정되었으므로, 전국 가구로 확장하는 것은 무리일 수 있음. 그러나 우리나라 공공사업의 예비타당성 조사를 담당하는 한국개발연구원에서 5대 광역시 혹은 7대 광역시 거주 가구에 기초한 가구당 편익추정치에 전국가구수를 곱하여 총편익을 계산하고 있으며, 본 연구는 이러한 계산 방식을 따름. 상세한 내용은 한국개발연구원(2004b, p.33)과 박현·유경준·곽승준(2004, pp. 109-110, p. 104, p. 112, p. 116)을 참조함.

분하였으며, 추정에 반드시 필요한 소득과 인구사회변수의 값, 그리고 제시금액의 지불의사를 묻는 문항에 하나라도 응답하지 않은 응답자를 배제하여 최종적으로 598 가구에 대한 조사결과가 분석에 사용되었다.

분석에 사용된 598가구에 대한 인구사회학적인 기초 통계를 보면, 여성과 남성의 성비는 50.2% 대 49.8%이며, 연령별 분포는 20대, 30대, 40대, 50대 이상이 각각 23.1%, 25.8%, 25.9%, 25.3%로서 응답자들이 성별과 연령별로 비교적 고르게 분포되고 있음을 보여준다. 학력은 중졸이하, 고졸, 대졸, 대학원졸이 각각 5.5%, 51.8%, 42.1%, 0.5%를 차지하였으며, 소득은 100만원 미만, 100~200만원, 200~300만원, 300~400만원, 400만원 이상이 각각 0.7%, 10.9%, 25.9%, 31.1%, 31.4%을 차지하는 것으로 나타났다. 응답자의 평균 연령은 40세, 평균 교육수준은 고졸이상, 그리고 가구원 전체의 소득은 월평균 300만원~400만원으로 나왔다.

〈표 1〉 응답자의 인구사회 기초통계

구분	구분	사례수	%
성별	남성	298	49.8
	여성	300	50.2
연령	20대	138	23.1
	30대	154	25.8
	40대	155	25.9
	50대	151	25.3
학력	중졸이하	33	5.5
	고졸	310	51.8
	대졸	252	42.1
	대학원졸	3	0.5
가구 소득	100만원 미만	4	0.7
	100~200만원	65	10.9
	200~300만원	155	25.9
	300~400만원	186	31.1
	400만원 이상	188	31.4

SMART에 대하여 들은 경험이 있는지를 묻는 문항에 대해서 12.4%가 들은 경험이 있다고 응답하여 일반 시민들의 SMART에 대한 인식정도는 낮은 것으로 나왔다. 그러나 10% 대의 시민들이 SMART를 인식하고 있는 것은, 일반인들이 접촉하기 쉬지 않은 SMART사업의 전문성에 비해 비교적 높은 수치라고 볼 수 있다. 더 구체적으로 SMART가 전력뿐만 아니라 바닷물 담수화에 이용될 수 있는 사실의 인식 여부에 대해서는 5.9%만이 들은 적이 있다고 응답하였다. 한편 SMART가 우리나라 독자 기술로 개발되고 있는 사실에 대해서는 응답자 중 7.2%가 들은 적이 있다고 응답하였다.

〈표 2〉 응답자의 SMART에 대한 배경지식

질문	들은 적이 있다(%)	들은 적이 없다(%)	계
SMART의 인지여부	12.4	87.6	100
발전이외에 바닷물담수화 기능 인지여부	5.9	94.1	100
국내 독자기술 개발추진 인지여부	7.2	92.8	100

SMART 개발 목적들의 우선순위를 묻는 문항에서는, 응답자 중 42.1%가 「소규모 전력 생산으로 공업단지·도시지역에 안정적 전력공급」을 1순위로 꼽았고, 38.6%가 「물 부족 극복을 위한 해수담수화에 에너지 이용」, 11.7%는 「다목적 소형원자로 기술을 입증하여 원자로 해외수출 기반조성」을, 그리고 나머지 7.5%가 「중소형 원자로 세계시장 선점을 위한 원천기술 확보」를 각각 1순위로 꼽았다.

2. 모형추정결과

로짓모형에 사용된 설명변수는 제시금액(bid), 성별(sex), 연령(age), 교육(edu), 가구소득(inc)이다.⁷⁾ <표 3>은 식 (6)의 계수인 θ 를 추정한 결과이다.

한국 중소형 일체형 원자로(SMART)의 사회적 가치 평가: 비사용가치를 중심으로

추정 결과에서, 제시금액(bid)와 소득(inc)만이 10% 유의수준에서 통계적 유의성이 있는 것으로 나타났으며 추정된 계수들의 부호는 모두 기대된 바와 같았다. 모형적합성 검정에서, 설명변수의 계수들이 모두 0이라는 귀무가설에 대한 우도비(likelihood ratio) 통계량의 p값은 0.0000으로서 1% 유의수준에서 모형의 전반적인 설명력이 있는 것으로 나타났으며, 또 다른 모형적합성 척도인 이항종속변수의 실제값과 모형 예측값의 일치도는 84.62%로 나타났다.

〈표 3〉 모든 설명변수들을 포함한 로짓모형의 초기 추정결과

변수	계수	표준오차	t-값
-bid	0.00052230	0.00006109	8.5499 ***
const	-0.83153522	0.90981356	-0.9140
sex	0.06861980	0.23292326	0.2946
age	0.00167801	0.01117144	0.1502
edu	-0.00904380	0.04783408	-0.1891
inc	0.00000044	0.00000010	4.4610 ***
로그 우도값	-247.2946		
모형적합도 우도비(p값)	140.5312(0.0000)		
모형의 지불의사 예측율	0.8462		

각주) ***: 1% 유의수준에서 설명력 있음.

통계적 유의성이 없는 설명변수들은 누락시키고 통계적 유의성이 있는 설명변수들만으로 모형을 다시 추정한 결과는 <표 4>에 주어져 있다.

- 7) 설문조사에서 연령은 개방형으로 질문하였고, 교육은 초등졸/중등졸/고등졸/대졸/대학원 졸 문항 중 선택하게 하여 추정에서는 교육년수로 환산하여 사용하였으며, 소득은 100만원미만에서부터 50만원 간격으로 1,000만원까지 문항을 선택하게 하고 1,000만원 이상은 실제 소득을 적도록 하여 추정에서는 각 구간의 중간값을 사용하였음.

〈표 4〉 로짓모형의 최종 추정결과

변수	계수	표준오차	t-값
-bid1	0.00052213	0.0000609	8.5710 ***
const	-0.84244287	0.3641191	-2.3136 **
inc	0.00000044	0.0000001	4.5456 ***
로그 우도값	-247.3728		
모형적합도 우도비(p값)	140.3748(0.0000)		
모형의 지불의사 예측율	0.8462		

각주: ***: 1% 유의수준에서 설명력 있음

** : 5% 유의수준에서 설명력 있음.

<표 4>는 식 (6)의 로짓모형 계수(θ)의 최우추정량 결과이며, 이러한 추정 결과로부터 원래 지불의사액 함수의 계수(β)를 도출하려면 식 (5)에서와 같은 변환과정이 필요하다. 변화과정을 거친 지불의사액 함수의 계수들에 대한 계산결과는 <표 5>에 주어진다.

〈표 5〉 지불의사액(WTP)함수 추정결과

변수	계수	표준오차	t-값
β_1 (cosnt)	-1613.479620	754.9844	-2.1371 **
β_2 (inc)	0.000835	0.0002	4.8283 ***

각주: ***: 1% 유의수준에서 설명력 있음

** : 5% 유의수준에서 설명력 있음.

3. SMART의 사회적 무형가치 측정

추정된 지불의사액 함수에 설문조사에서 얻어진 각 설명변수들의 평균값을 대입한 결과, SMART에 대한 가구당 분기별 지불의사액은 1,303원으로 계산되며 이것을 년단위로 환산하면 가구당 5,213원이 된다. 가구당 년단위 지불의사액에 2010년 우리나라 가구수 추계치 17,152,277를 곱한 결과, 2010년 기준 우리나라 전체 국민이 평가한 SMART의 사회적 무형가치는 894억원/년으

한국 중소형 일체형 원자로(SMART)의 사회적 가치 평가: 비사용가치를 중심으로

로 추계되었다. 한편 식 (11)을 이용하여 95% 신뢰구간 하한값으로 계산된 보수적인 2010년 기준 추정값은 478억원/년으로 평가되며, 식 (12)를 이용하여 90% 신뢰구간 하한값으로 계산된 보수적인 SMART의 2010년 기준 연간 사회적 무형가치 추정값은 546억원/년으로 평가된다.

〈표 6〉 SMART의 2010년 기준 연간 사회적 무형가치

구분		평균	90% 신뢰구간		95% 신뢰구간	
			하한값	상한값	하한값	상한값
가구당 (원)	분기별 WTP	1,303	796	1,811	697	1,910
	연간 WTP	5,213	3,184	7,242	2,788	7,638
국가 (억원)	연간 WTP	894	546	1,242	478	1,310

가구당 연간 지불의사액을 기준으로 본 연구결과와 선행연구들을 비교하면, 조건부가치평가법으로 평가된 제4세대 방사광가속기의 7,743원(포항가속기연구소, 2009) 그리고 컨조인트분석법으로 평가된 서울국립과학관의 4,543원(한국개발연구원, 2004a)과 국립중앙박물관의 11,082원(한국개발연구원, 2004a) 등 으로서 SMART에 대한 가구당 지불의사액의 상대적 크기를 추측할 수 있다.

IV. 결 론

우리나라는 고유원자로 기술 확보 및 핵심 기술자립 그리고 수출 산업화를 목표로 다목적 중소형 일체형 원자로인 SMART(System-integrated Modular Advanced Reactor)의 독자 기술개발에 착수하여 이제는 상용화 및 해외수출을 추진하고 있다.

본 연구는 SMART의 원자력 원천기술 확보와 독자적인 수출에 따른 국민들의 자긍심과 대외적인 국가홍보효과와 같은 사회적 무형 편익을 평가하였

다. 분석방법은 양분선택형 조건부가치평가법(dichotomous choice contingent valuation method, CVM)을 채택하였다.

분석결과, SMART가 갖는 사회적 무형가치는 총계 894억원/년으로 평가되며, 95% 신뢰구간 하한값으로 계산된 보수적인 추정값은 총계 478억원/년 그리고 90% 신뢰구간 하한값으로 계산된 보수적인 추정값은 총계 546억원/년으로 각각 평가된다.

향후 본 연구의 개선을 위한 방향을 제시하면, SMART와 같이 최신 원자력발전모형에 대해 지불의사액을 평가하는 설문조사에서 일반 시민들은 자신의 선호에 대해 큰 불확실성을 가질 수 있다. 최근 조건부가치평가법 문헌에서는 계량경제학적 추정방법으로서 이러한 응답자의 선호 불확실성을 모형에 반영하는 연구들이 축적되고 있다. 예컨대 퍼지기법을 활용하는 접근법(Lee et al., 2003)이나 베이지안 접근법(Balcombe et al., 2007) 등이 그 예이다. 이러한 불확실성을 추정 계량경제학 모형에 반영할 경우 좀 더 신뢰성 있는 평가결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

접수일(2011년 2월 8일), 수정일(1차 : 2011년 3월 14일, 2차 : 2011년 3월 29일),
게재확정일(2011년 5월 2일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 과학기술정책연구원. 2008. 기초연구 투자의 경제적 파급효과 분석. 과학기술정책연구원.
- 박승준 · 신승식 · 유승훈. 2000. 조건부 가치측정법을 이용한 네트워크 외부성 및 전송 속도의 가치 추정. 정보통신정책연구 7(2) : 61-78
- 박현 · 유경준 · 박승준. 2004. 문화시설의 가치추정연구. 한국개발연구원.
- 포항가속기연구소. 2008. 포항 방사광가속기 경제적 가치 평가. 포항가속기연구소.
- 포항가속기연구소. 2009. 4세대 방사광가속기 경제적 가치 평가. 포항가속기연구소.
- 한국개발연구원. 2004a. 문화 · 과학시설의 가치추정 연구. 한국개발연구원.
- 한국개발연구원. 2004b. 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침: 수정·보완 연구. 한국개발연구원.
- 한국과학기술기획평가원. 2006. 대형광학망원경개발사업 사전타당성 조사 보고서. 한국과학기술기획평가원.
- 한국과학정책연구원. 2008. 기초연구 투자의 경제적 파급효과 분석. 한국과학정책연구원.
- 한국영상자료원. 2009. 영상자료센터 건립 기본 계획. 한국영상자료원.
- 한국원자력연구원. 2005. 양성자기반공학기술개발사업 경제성평가. 한국원자력연구원.
- 한국원자력연구원. 2010. SMART의 경제적 가치평가 및 국민경제 기여효과 분석. 한국원자력연구원.
- 한국전산원. 2004. 정보서비스의 가치측정방법론 연구: 조건부 가치측정법을 중심으로. 한국전산원.
- Balcombe, K., A. Bailey, A. Chalak and I. Fraser. 2007. Bayesian estimation of willingness to pay where respondents misreport their preferences. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 69(3) : 413-437
- Bateman, I. and R. Turner. 1992. Evaluation of the environment: the contingent valuation method, edited by R. Turner. *Sustainable Environmental Economics and Managemnet*. Belhaven Press.

- Bishop, R. and T. Heberlein. 1979. Measuring values of extra-market goods: are indirect measures biased?. *American Journal of Agricultural Economics* 61 : 926-930.
- Freeman III, A. 1995. *The measurement of environmental and resource values: theory and methods*. Resources for the Future.
- Hanley, N. 1989. Valuing public goods using contingent valuation: a survey and a synthesis. *Journal of Economic Surveys* : 234-252.
- Harrison, G. 2001. Contingent valuation meets the experts: a critique of the NOAA panel report. Working paper. University of South Carolina.
- Hausman, J. 1993. *Contingent valuation: a critical assessment*. North-Holland.
- Hicks, J. 1943. The four consumer surpluses. *Review of Economic Studies* 11 : 31-41.
- Lee, B., A. Fujiwara, J. Zhang and M. Kuwano. 2003. Measurement of willingness to pay of street environment improvement based on uncertainty. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 4 : 1356-1365
- Mitchell, R. and R. Carson. 1989. *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Resources for the Future.
- Mitchell, R. and R. Carson. 1993. *Current issues in the design, administration, and analysis of contingent valuation surveys*. University of California-San Diego.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 1992. *Contingent valuation panel, public meeting(wednesday, august 12, 1992)*. Certified Official Transcript. Washington, DC : Department of Commerce.
- Werner, M. and T. Groves. 1993. *A practical procedure for public policy decisions on contingent valuation and demand revelation - without apology*. University of California-San Diego.

ABSTRACT

Evaluating Social Value of the SMART
(System-integrated Modular Advanced Reactor)

Kiho Jeong*

SMART(System-integrated Modular Advanced Reactor) is a multi- purpose medium-sized integral reactor being developed by Korean own technology. This study evaluates the social intangible benefits of the SMART development project. As evaluation method, a dichotomous choice contingent valuation method(CVM) is used. Survey data for the econometric estimation is collected through person-to-person interviews with households residing in the 5 metropolitan cities. Assessment results show that the total value of the SMART project is 894 hundred million won per year. And a conservative estimate calculated at lower boundary of 95% confidence interval is 478 hundred million won per year and another conservative estimate calculated at lower boundary of 90% confidence interval is 546 hundred million won per year.

Key Words : multi-purpose medium-sized integral reactor, SMART,
social intangible benefits, contingent valuation method
JEL Code : Q3

* Professor, Kyungpook National University. khjeong@knu.ac.kr