

Article

대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 편익 평가

유승훈¹ · 권석재^{2*}

¹서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과
(139-743) 서울시 노원구 공릉로 232
²한국해양과학기술원 정책연구부
(425-600) 경기도 안산시 상록구 해안로 787

Non-market Benefits of Building the Large Oceanographic Research Ship

Seung-Hoon Yoo¹ and Suk-Jae Kwon^{2*}

¹Department of Energy Policy, Graduate School of Energy and Environment
Seoul University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea
²Ocean Policy Research Division, KIOST
Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

Abstract : A project to build a large oceanographic research ship was proposed to improve the level of ocean research. This paper attempts to measure the non-market benefits of the project. To this end, the dichotomous choice contingent valuation method is used. In particular, the recently proposed one and one-half bounded model is applied. The model can reduce the potential for response bias compared to the double bounded model, while maintaining much of its efficiency. Moreover, in order to deal with zero WTP observations, a spike model is adjusted for our data. A survey of 500 randomly selected households was implemented in the Metropolitan area. The respondents were asked in person-to-person interviews about how they would be willing to pay for implementing the project. Overall, respondents accepted the contingent market, and were willing to contribute a significant amount (3,244 won), on average, per household per year. The aggregate value of the project nationwide would amount to approximately 40.1 billion won per year.

Key words : contingent valuation method, non-market benefit, willingness to pay, large oceanographic research ship

1. 서 론

해양과학연구선은 바다위에 떠있는 연구소 개념으로 바다 깊은 곳의 자원개발, 기후변화가 해양에 미치는 영향에 대한 연구 등에 있어서 필수적인 시설이다. 또한 해양생태계 조사 및 해양생물자원 확보 활동을 수행하면서, 먼 바

다에서의 전략적 해양안보에 필요한 해양 환경정보를 수집하여 해군 작전에 활용할 수 있다. 대형 해양과학조사선이 없다면, 무엇보다도 바다 깊은 곳의 광물자원 연구 및 탐사를 제대로 할 수가 없다. 따라서 전 세계 각국은 대형 해양과학연구선을 앞세워 인근 바다뿐만 아니라 태평양, 북극해, 남극해 등 먼 바다에 대한 연구도 수행하고 있다.

대형 해양과학연구선은 소형이나 중형 해양과학조사선으로는 조사할 수 없는 바다 깊은 곳과 바다 바닥 아래를

*Corresponding author. E-mail : sjkwon@kordi.re.kr

탐사하고 조사할 수 있으며, 폭풍우와 같은 위험한 기상조건으로부터 선박에 타고 있는 연구원들의 생명을 보호하면서 쉬지 않고 조사활동을 수행할 수 있다. 4천톤급 이상의 탐사선을 중국은 10대, 일본은 7대, 미국은 16대, 프랑스는 6대나 보유하고 있지만, 안타깝게도 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 아직까지 단 한 척의 대형 해양탐사선도 보유하고 있지 못해 해양국가란 국가위상이 흔들리고 있는 것이다.

이에 정부는 국가 해양정책 비전의 달성을 위해 4,000톤급 수준의 대형 해양과학연구선 1대의 건조를 추진하였다. 우리나라가 대형 해양과학연구선을 확보하게 된다면, 향후 우리나라 해양과학기술을 선진국 수준으로 끌어올림과 동시에 해양개발에 있어서 국제경쟁력을 확보할 수 있다. 이로써 국가위상이 제고되고 해양 연구능력도 증진될 수 있다.

대형 해양과학연구선 건조에는 막대한 정부예산이 소요되므로, 대형 해양과학연구선 건조사업에 대한 경제성 분석은 필수적으로 요구된다. 하지만 대형 해양과학연구선 건조로 인해 발생하는 심해저 자원채취 등 다양한 시장적 편익의 추정은 상대적으로 어렵지 않지만 비시장적 편익은 중요할 수 있지만 추정이 어렵다. 대형 해양과학조사선 건조사업의 혜택에 대한 시각을 일반 국민으로 확대해 볼 때, 이 사업으로 인해 국민들은 자긍심을 느끼고 기초과학의 발전에 대해 만족을 느껴 이로 인해 국민후생은 증가할 수 있으므로 이러한 비시장적 효과도 분명히 대형 해양과학연구선 건조사업의 편익으로 포함되어야 한다.

물론 대형 해양과학연구선의 건조가 실제로 비시장적 편익을 가져올 수 있는지에 대해 의문을 제기할 수 있다. 국민들은 선진국에서는 보유하고 있는 대형 해양과학연구선이 국내에는 없음으로 인해 해양과학자들이 겪고 있는 어려움을 해결하는 데 관심을 가지고 또는 대형 해양과학연구선을 통해 Science, Nature 등에 게재할 수 있는 논문을 만들어내는 부분에 대해서도 국민적 만족감을 느껴, 대형 해양과학연구선의 건조를 위해 본인의 소비를 줄여 소득의 일정 부분을 부담할 의지가 있을 수 있다. 후술하겠지만 본 연구에서 수행한 조사에서 많은 국민들은 이에 동의하였다. 바로 이런 부분이 대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 가치를 구성한다. 이것은 국민적 자부심을 제공하는 올림픽 금메달, 우주개발사업, 대형광학망원경 개발사업 등도 유사한 효용을 국민들에게 제공할 수 있기 때문이다(유 등 2011).

하지만 대형 해양과학연구선 건조와 같은 연구개발사업의 다양한 편익은 그 가치가 명시적으로 평가되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구의 대상이 되고 있는 대형 해양과학연구선 건조사업의 경우, 언뜻 보아 비시장적 가치가 잘 정의되지 않으며, 비시장적 가치를 정의한다 하더라도 어

떻게 가치를 측정할 것인지에 대해 선뜻 답을 내리기가 쉽지 않다. 이것은 대형 해양과학연구선이 시장에서 거래가 되고 있는 재화가 아니며, 특히 일반 국민들의 입장에서는 대형 해양과학연구선 건조사업의 혜택이 매우 추상적이기 때문이다. 이러한 재화를 포괄적으로 정의할 때 통상 비시장재화(non-market good)라 하는데, 이것은 해당 재화가 시장에서 거래되고 있지 않으며, 또한 거래되기도 어려운 측면을 반영하고 있다.

경제학자들은 지난 수십 년 동안 이러한 비시장재화의 가치를 추정하기 위하여 많은 고민과 연구를 해 왔으며, 1990년대에 이후에 비시장재화의 가치 추정 방법론이 어느 정도 정립되면서 비약적인 발전을 해 오고 있다. 이와 같이 시장가격이 존재하지 않는 시설이나 서비스의 가치 추정을 위해서 여행비용 평가법, 헤도닉 가격기법, 조건부 가치추정법(CVM, contingent valuation method) 등 다양한 가치추정방법론들이 사용되어 왔다. 특히 CVM은 공공재나 서비스와 같은 비시장재화의 경제적 가치를 측정하는 방법으로 널리 사용되고 있다(Bjornstad and Kahn 1996).

이에 본 연구에서는 CVM을 적용하여 대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 편익을 추정하고자 한다. 본 논문의 이후 부분은 다음과 같이 구성된다. 먼저 2절에서는 대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 편익 산정을 위한 방법론에 대해 검토한다. 3절에서는 비시장적 편익을 다루기 위한 이론적 모형을 제시한다. 4절은 비시장적 편익 추정 결과를 제시한다. 마지막 절은 결론으로 할 예정이다.

2. 대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 편익 추정 방법론

편익 추정의 범위

대형 해양과학연구선 건조사업의 경우 편익을 크게 소비자 관점과 생산자 관점으로 구분할 수 있다. 첫째, 생산자 관점에서 본다면 대형 해양과학연구선 건조사업의 과정에서 그리고 최종 결과물에서 나타나는 해당 산업 및 관련 산업의 부가가치 유발효과가 있다. 예를 들어, 대형 해양과학연구선 건조과정에서 선박기술이 발전될 수 있으며, 대형 해양과학연구선의 운영을 통해 해저 지하자원 탐사, 해양유전자원 확보 등을 통해 사업적 가치, 즉 부가가치가 발생한다면 이것을 대형 해양과학연구선 건조사업의 편익으로 볼 수 있다.

둘째, 대형 해양과학연구선 건조사업의 혜택에 대한 시각을 일반 국민으로 확대해보면, 이 사업으로 인해 국민들은 자긍심을 느끼고 해양학의 발전에 대해 만족을 느껴 이로 인해 국민후생은 증가할 수 있으므로 이 효과도 이

사업의 편익으로 포함된다. 본 연구에서는 두 번째 범주만을 연구대상으로 삼는다. 즉 대형 해양과학연구선 건조사업의 혜택 중에서 한국 기초과학 발전의 획기적 전기 마련, 국가과학 이미지 제고를 통한 국가경쟁력 상승 기여 및 국민의 자긍심 고취 등 매우 추상적인 비시장적 편익을 주된 평가 대상으로 한다.

평가대상 재화 : 대형 해양과학연구선 건조사업

해양과학연구선은 고성능의 해저지형 측정 장비 등 기본적인 해양조사 장비를 탑재하고 있어야 하며 또 선박 자체에 대해서 요구되는 성능은 악천후에서도 운항할 수 있도록 내파성이 좋아야 하고 항속거리가 길며 고속이고 운동성능도 좋아야 한다. 대형연구선은 대양 연구활동에 고도의 기능을 보유하고 다학제 연구자들이 적당한 공간에서 안전하게 안정적으로 승선연구 활동을 수행할 수 있는 최첨단 연구선으로 종합해양연구가 가능하며, 전 세계 해역(수심 11,000 m 이상의 탐사가 가능해야 한다. 제원으로는 전장 약 80 m, 총톤수 약 4,000톤급, 항해거리 약 20,000 해리, 운항지속시간 약 60일, 승선인원 75명, 운항선속 15 Knots 수준을 만족해야 한다.

한편 대형 해양과학연구선 건조의 비용 규모를 살펴볼 필요가 있다. 한국해양연구원 (2008)에서는 선각공사, 의장공사, 기관공사 등과 부대비를 포함한 공사비를 619억원, 이에 제 경비를 더한 총 원가를 712억원, 부가가치세를 포함한 총사업비를 783억원, 예비비 10%를 고려한 총사업비를 862억원으로 추정하였다. 반면에 한국개발연구원 (2009)에서는 이 총 사업비 규모에 대해 검토한 결과 건조비 및 항만건설비를 약 131억원 증액하는 등 전체적으로 총 사업비를 약 100억원 정도 증액하여 약 962억원으로 산정하였다.

편익추정의 원칙 : 지불의사액

본 연구의 대상이 되고 있는 대형 해양과학연구선 건조사업으로 발생하는 비시장적 편익의 경우, 언뜻 보아 가치가 잘 정의되지 않으며, 가치를 정의한다 하더라도 어떻게 가치를 측정할 것인지에 대해 선뜻 답을 내리기가 쉽지 않다. 이것은 대형 해양과학연구선 건조사업의 혜택이 한국 해양학 발전의 획기적 전기 마련, 국가과학 이미지 제고를 통한 국가경쟁력 상승에의 기여 및 국민의 자긍심 고취 등 추상적이기 때문이다. 아울러 대형 해양과학연구선을 이용할 수요자가 한정되어 있으므로 사업 수혜자의 범위가 크게 제약적이다. 즉 사업 수혜자의 범위를 대형 해양과학연구선을 이용할 해양학자로 국한해야 하는지 아니면 국가적 사업이란 관점에서 수혜자를 국민 전체로 봐야 할지에 대해 의문이 발생한다.

이렇게 사업의 효과가 추상적이며 사업의 수혜자가 일

반 국민인 것 같지만 대다수의 국민들이 직접적으로 이용할 가능성은 없는 재화에 대해서는 특별히 고안된 방법론을 적용하여 가치를 추정할 수밖에 없다. 이러한 비시장재화의 공급으로 인해 발생하는 가치 또는 편익을 추정하는데 있어서의 기본원칙은 해당 재화를 공급받기 위한 소비자의 지불의사액(willingness to pay, WTP)을 추정하는 것이다(Brent 1995). WTP란 사람들이 특정 공공재나 비시장재화를 공급받기 위해 또는 특정 공공재나 비시장재화의 공급장애를 피하기 위해 지불할 의사가 있는 최대금액을 의미한다. 즉 일정한 소득 하에서 다른 재화에 대한 소비지출을 줄이고 그 만큼 특정 재화의 소비를 위해 지출하고자 한다면 이 금액만큼을 편익으로 보는 것이다.

이러한 WTP의 개념은 편익을 추정하는 데 있어 직관적이며 현대 후생경제학의 기본이론에 부합하기에 편익추정의 기본 원칙이 되고 있다(Fisher 1996). 따라서 국내외의 많은 연구들이 이에 근거하여 공공재뿐만 아니라 유무형의 문화자산과 공공 재화 및 서비스의 가치를 산정하고 있으며, 한국개발연구원의 예비타당성조사의 지침에서도 문화재나 과학시설 등 비정형사업의 편익산정방법으로 CVM 등 WTP를 도출하는 비시장재화의 가치측정법이 적절함을 제시하고 있다(박 등 2004).

편익추정 방법론

현재까지 개발되고 응용되어 온 비시장재화의 가치측정 연구방법론 중 가장 널리 사용되면서 공감을 얻고 있는 것이 CVM이다. CVM은 응답자들로부터 대상재화나 서비스와 관련된 최대 WTP를 도출하여 이를 통해 대상재화나 서비스의 편익을 직접적으로 이끌어내는 가치측정방법이다(Mitchell and Carson 1989). 사람들에게 친숙하지 않은 비시장재화에 대한 CVM의 WTP 추정치가 얼마나 정확한가라는 문제에 대해 여러 실증연구가 이루어졌는데, CVM으로부터 얻게 되는 응답은 대체적으로 믿을 만하다는 결론을 얻었다(Bjornstad and Kahn 1996). 이렇게 CVM은 그 타당성과 정확성이 입증되어 각종 문헌에서 자주 등장하고 있다.

지불수단의 선택

조건부 시장의 설정에 있어서 중요한 역할을 하는 것은 응답자가 밝히고자 하는 지불의사를 쉽게 표현할 수 있도록 지불수단을 제시하는 것이다. 본 연구에서는 평가하고자 하는 대형 해양과학연구선 건조사업의 시행을 위한 재원확보 차원과 응답자의 친숙성을 종합적으로 고려하여 소득세를 지불수단으로 하였다. 또한 Arrow et al. (1993)의 지침대로 응답된 WTP에 대한 지불로 다른 재화에 대한 지출을 줄여야함을 응답자에게 인식시켰다.

한편 지불원칙 및 지불기간은 가구당 1년에 1회 향후

10년 동안 부담하는 것으로 하였으며 설문조사원들은 이 점을 응답자에게 강조하였다. 또한 가구의 소득은 제한되어 있으며 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 한다는 사실과 정부가 해야 할 사업은 대형 해양과학연구선 건조사업 외에도 많다는 사실을 고려하면서 WTP 질문에 대답할 것을 명시적으로 요청하였다.

지불의사 유도방법 및 제시금액 선택

본 연구에서는 현실시장에서 소비자들의 행동을 결정하는 유형과 국민투표에서 투표하는 유형 및 유사한 양분선택형 질문법으로 지불의사를 유도한다. 통상 단 1회에 걸쳐서 미리 설정된 금액을 “공공재 공급의 대가로 지불할 용의가 있는가”라고 물어보면, 응답자가 ‘예/아니오’로 한번만 대답하는 방식인 단일경계 모형 및 한 번 더 추가적인 질문을 던지는 이중경계 모형이 널리 적용되고 있다. 하지만 CVM의 적용에서 널리 적용되는 단일경계 모형과 이중경계 모형은 각각 비효율성(inefficiency) 및 편의(bias)의 한계를 안고 있다(Carson and Groves 2007). 즉 효율성을 제고하면서 편의를 줄일 수 있는 새로운 모형의 적용이 요구되고 있다. 본 연구에서는 이 점을 감안하여 양분선택형 질문법 중에서 Cooper et al. (2002)이 제안한 1.5경계(one and one-half bound) 모형을 적용하고자 한다.

먼저 응답자들에게 새로운 대형 해양과학연구선 건조사업을 위해 A^L 부터 A^U 의 범위의 비용이 매년 가구당 발생할 것이라는 정보를 제공한 후, 응답자를 다시 2개의 그룹으로 나눠 첫 번째 그룹의 응답자에게는 A^L 을 지불할 의사가 있는지를 질문하는데, 이 질문에 “예”라고 응답하면 A^U 를 지불할 의사가 있는지를 한 번 더 질문하며, “아니오”라고 응답하면 추가적인 질문을 하지 않는다. 두 번째 그룹의 응답자에게는 A^U 를 지불할 의사가 있는지를 질문하는데, 이 질문에 “예”라고 응답하면 추가적인 질문을 하지 않으며, “아니오”라고 응답하면 A^L 을 지불할 의사가 있는지를 한 번 더 질문을 한다.

본 연구에서는 30명을 대상으로 한 사전조사를 통해 제시금액의 수준과 범위를 결정한 뒤, 전체 500 가구를 10개의 그룹으로 구분하여 각 그룹에 제시금액의 범위인 (1,000원~3,000원), (2,000원~4,000원), (3,000원~5,000원), (4,000원~6,000원), (5,000원~7,000원), (6,000원~8,000원), (7,000원~9,000원), (8,000원~10,000원), (9,000원~11,000원), (10,000원~12,000원) 중 1개를 무작위로 배정하였다.

설문방법 선택 및 표본 설계

설문방법은 개별면접설문, 전화설문, 우편설문 등이 있다. 대형 해양과학연구선 건조사업의 경제적 편익 추정외의 경우 몇몇 복잡한 내용이 포함되어 있기 때문에 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자가 충분히 이해할

수 있도록 하기 위하여 일대일 개별면접 설문을 실시하였다. 조사지역 및 조사기간은 각각 수도권 지역 및 2008년 12월 초순부터 12월 말까지의 약 1개월이었다. 표본추출 및 면접조사는 조사전문기관인 (주)동서리서치에 의뢰하였다.

책임있는 가구의 의견에 대한 정보를 도출하기 위해 조사대상은 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 주부로 한정하였다. 설문조사 대상지역은 서울시, 인천시, 경기도의 수도권 지역으로 한정하였다. 이것은 설문조사 예산상 전국을 대상으로 하기에는 문제가 있으며, 수도권은 인구의 절반 가량이 살고 있는 곳이라 수도권만 대상으로 하더라도 어느 정도의 대표성을 확보하고 있다고 볼 수 있다. 각 지역의 전체 인구를 대상으로 임의표본을 도출하기 위해 각 지역 내의 인구 구성비를 고려하여 각 나이의 비율에 맞게 표본 수를 할당하였다. 그리고 설문단위는 개인이 아닌 가구로 하여, 무작위 추출된 총 500 가구의 설문 결과를 얻을 수 있었다.

3. WTP 모형

효용격차모형

본 연구에서 적용하는 CVM은 Hanemann (1984)의 효용격차모형에 기반한다. 효용격차모형은 다음과 같은 절차를 따르고 있다. 우선 제시된 금액에 대해 지불의사가 있는 지 여부를 묻는 질문에 대한 응답을 모형화한다. 즉, ‘예’ 또는 ‘아니오’의 이산응답을 모형화한 후 최우추정법을 통해 관련된 모수들을 추정한다. 다음 단계로 분포의 성격과 평균값 또는 중앙값의 정의를 이용하여 WTP의 평균값 또는 중앙값을 계산한다.

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

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

여기서, $j = 0$ 는 비시장재화를 이용할 수 없는 또는 비시장재화가 공급되지 않는 상태를 의미하며 $j = 1$ 는 비시장재화를 이용할 수 있는 또는 비시장재화가 공급되는 상태를 의미한다. 그런데 연구자에게는 응답자가 측정대상 비시장재화의 상태 변화를 선택 또는 거부하는 데 있어 관측이 불가능한 부분이 존재한다. 따라서 간접효용함수는 다음과 같이 관측 가능한 확정적인 부분 $v(j, m; S)$ 와 관측 불가능한 확률적 부분 ε_j 로 구성된다.

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

간접효용함수에 영향을 미치는 확률적 성분인 ε_j 는 j 에

상관없이 독립적이면서 동일한 분포를 갖는(independently and identically distributed) 확률변수로 평균은 0이다. 각 개인이 효용을 최대화한다고 가정하자. 그렇다면 각 개인은 다음의 조건을 만족할 때, “당신은 비시장재화의 이용을 위해 또는 비시장재화의 공급받기 위해 A원을 지불할 의사가 있습니까?”란 질문에 대해 “예”라고 대답하면서 A원을 기꺼이 지불함으로써 효용을 최대화한다.

$$v(1, m-A; S) + \varepsilon_1 \geq v(0, m; S) + \varepsilon_0 \quad (3)$$

또는

$$v(1, m-A; S) - v(0, m; S) \geq \varepsilon_0 - \varepsilon_1 \quad (3)$$

이제 효용의 격차와 오차항의 격차를 다음과 같이 정의한다.

$$\Delta v(A) \equiv v(1, m-A; S) - v(0, m; S), \quad \eta \equiv \varepsilon_0 - \varepsilon_1$$

그렇다면 “예”라고 응답할 확률은 다음과 같이 표현된다.

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

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

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

따라서 식 (4) 및 (5)를 비교하면 다음의 관계식을 구할 수 있다.

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

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

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

경계 모형

주어진 대형 해양과학연구선 건조사업에 대해 i 번째 응답자는 직면하여 응답하는 상황은 다음과 같이 6개의 변수를 도입하여 묘사할 수 있는데, 처음의 3개 경우는 첫 번째 질문에서 A^L 을 제시한 경우에 해당하며, 뒤의 3개 경우는 첫 번째 질문에서 A^U 를 제시한 경우에 해당한다.

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

이제 효용극대화를 추구하는 N명의 표본을 가정할 경우 로그-우도함수는 다음과 같이 구성된다.

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

스파이크 모형

지금까지는 WTP 모형을 둘러싼 중요한 논의와 일반적인 WTP 모형에 대해 설명하였다. 이제는 대형 해양과학연구선 건조사업에 국한된 WTP의 성격에 대해 검토해 볼 필요가 있다. 사실 대형 해양과학연구선은 일반 국민들에게 생소한 재화이며, 대형 해양과학연구선 건조사업의 시행을 위해 본인의 소비를 일부러 줄여 이 금액만큼을 지불한다는 것에 대해 거절의 의사를 가지고 있는 사람들이 적지 않을 것이다. 따라서 이러한 경우에 적용이 가능한 모형의 개발이 필요하며, 이 모형에 투입되어야 할 자료를 확보할 수 있도록 설문지도 적절하게 보완될 필요가 있다.

이와 관련하여, 본 연구에서 사용한 설문지에는 단 1회의 지불의사가 있는지 없는지를 물어보는 질문도 포함되어 있다. 첫 번째 제시금액이 A^U 일 때 “아니오-아니오”라고 응답한 응답자와 첫 번째 제시금액이 A^L 일 때 “아니오”라고 응답한 응답자에게는 동 사업에 대한 지불의사가 전혀 없는지에 대한 질문을 하였다. 이 질문에 대해 “지불할 의사가 있다”고 응답한다면 양의 WTP를 가지며, “지불할

의사가 없다”고 응답한다면 영의 WTP를 가질 것이다.

사전적인 예상대로, 조사대상 500가구의 53.6%에 해당하는 268가구는 대형 해양과학연구선 건조사업에 대해 지불의사가 전혀 없다는 의견을 밝혔다. 이러한 상황은 WTP에 관한 설문조사 자료에서 흔히 관측된다(Yoo et al. 2001). 영의 값을 가진 WTP 자료의 분석을 위해서는 다수의 가구들이 대형 해양과학연구선 건조사업에 대해 전혀 지불할 의사가 없다는 사실을 고려해야만 한다. 다시 말해서, WTP의 분포는 영의 값을 갖는 응답자 그룹과 영의 WTP를 갖는 응답자 그룹으로 양분되는 것이다. 만약 영의 WTP 응답을 무시하고 분석을 한다면 적지 않은 오류를 범하게 된다. 통상 양의 값만 가지는 경제변수의 경우는 양의 영역에서만 정의되는 분포를 이용하여 분석하면 되지만, WTP 자료와 같이 영의 값과 양의 값을 함께 가질 수 있는 경제변수의 경우에는 정형화에 있어서 어려움이 존재한다.

이러한 영의 WTP 자료를 처리하기 위해 널리 이용되는 모형은 Krström (1997)이 제안한 스파이크 모형(spike model)이다. 그런데 스파이크 모형은 애초 단일경제 자료에 맞추어 개발되어 이중경제 자료에 맞도록 적절한 조정을 해야 한다. 특히 Yoo and Kwak (2002)은 이중경제 자료에 적합한 스파이크 모형을 제안하였는데, 그 유용성이 입증되어 실증연구에서 널리 적용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 이 모형을 이용하고자 한다.

영의 WTP는 대형 해양과학연구선 건조사업이 가구의 후생에 전혀 기여하지 못하거나 혹은 가구가 이 사업에 완전히 무관심할 때, 다음과 같은 소득제약 하의 소비자 효용극대화 문제의 모서리해(corner solution)로서 도출될 수 있으므로, 경제적 행위에 부합한다.

$$\max_{y,Z} [U(y,Z;h)|y+Z \leq m] \tag{10}$$

여기서, $U(\cdot)$ 는 효용함수, y 는 대형 해양과학연구선 건조사업에 대한 WTP, Z 는 모든 다른 지출, h 는 개인특성을 나타내는 벡터, m 는 소득이다.

식 (9)의 3번째 부분에 있는 “아니오”의 응답과 마지막 부분에 있는 “아니오-아니오”의 응답은 다음과 같이 0의 WTP와 두 번째 제시금액(A^U)보다 작은 양의 WTP로 구분된다.

$$\begin{cases} I_i^{AY} = 1 \text{ (지불할 의사가 있다)} \\ I_i^{AN} = 1 \text{ (전혀 지불할 의사가 없다)} \end{cases} \tag{11}$$

$\theta = (a, b)$ 일 때 WTP의 누적분포함수 $G_C(\cdot; \theta)$ 는 다음과 같다.

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

이때 평균값 WTP는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \overline{WTP} &= \int_0^\infty [1 - G_C(A)] dA - \int_{-\infty}^0 G_C(A) dA \\ &= (1/b) \ln[1 + \exp(a)] \end{aligned} \tag{13}$$

4. 실증분석 결과

WTP 응답

본 연구에서 사용되는 대형 해양과학연구선 건조사업에 대한 가구의 WTP는 2008년 12월말 기준으로 수집된 것이다. Table 1은 1.5단계 양분선택형 질문에 대한 응답의 분포를 나타내고 있다. 앞서 설명했듯이, 전체 500명의 응답자를 비슷한 숫자의 10개 그룹으로 구분한 다음에 각

Table 1. Distribution of WTP responses

Bid (won)		Number of respondents	A^L is presented as a first bid			A^U is presented as a first bid		
A^L	A^U		yes-yes	yes-no	no	yes	no-yes	no-no
1,000	3,000	48	8	7	8	9	6	10
2,000	4,000	50	3	6	16	5	3	17
3,000	5,000	50	7	6	14	3	2	18
4,000	6,000	52	6	4	17	4	1	20
5,000	7,000	53	2	5	19	4	0	23
6,000	8,000	53	6	3	18	5	1	20
7,000	9,000	50	3	4	18	2	3	20
8,000	10,000	50	6	1	18	5	0	20
9,000	11,000	51	2	3	19	2	1	24
10,000	12,000	43	3	1	17	2	0	20
Total		500	46	40	164	41	17	192

Table 2. Estimation results of the model

Variables	Coefficient estimates	t-value
Constant	-0.1459	-1.64
Bid	-0.1920	13.06 [#]
Log-likelihood		-593.74
Wald-statistic (p-value)	216.67 [#] (0.000)	
Sample size		500

Notes: [#]indicates statistical significance at the 1% level. The bid is expressed in 1,000 won

제시금액 범위를 배정하였다. 아울러 각 그룹 안에서는 대략 절반씩 나누어 A^L 과 A^U 를 제시하였다.

경계 모형의 추정결과

경계 모형의 추정결과는 Table 2에 제시되어 있다. 최우 추정법 적용 시 전역적 최대값을 쉽게 찾을 수 있도록 제시금액의 단위를 1,000원으로 하여 그 규모를 조정하였다. 추정결과 상수항은 유의수준 5%에서 유의하지 못하지만 제시금액에 대한 추정계수는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하며 부호도 선형적인 예측과 일치한다. 예를 들어, 제시금액에 대한 추정계수는 음수로 추정되었는데 이것은 제시금액이 커질수록 제시금액에 대해 “예”라고 응답할 확률이 낮아짐을 의미하므로 합리적으로 추정되었음을 알 수 있다.

한편 추정된 방정식의 통계적 유의도를 살피기 위해, ‘모든 추정계수는 0이다’라는 귀무가설을 상정하면 다음과 같이 Wald-통계량(W)을 구성할 수 있다.

$$W = \hat{\delta}' [\hat{V}(\hat{\delta})]^{-1} \hat{\delta} \tag{14}$$

여기서 $\hat{\delta}$ 은 추정계수벡터이며, $\hat{V}(\hat{\delta})$ 은 $\hat{\delta}$ 의 분산에 대한 추정치이다. 검정통계량 W는 귀무가설 하에서 χ^2 -분포를 따르며, 이때 자유도는 $\hat{V}(\hat{\delta})$ 의 위수(rank)이다. Wald 통계량을 이용할 경우 추정된 모든 계수가 0이라는, 즉 추정된 결과가 무의미하다는 귀무가설을 유의수준 1%에서 기각할 수 있다.

평균 WTP의 추정결과

이상의 추정결과로부터 계산된 WTP의 평균값은 Table 3에 제시되어 있다. 식 (13)의 평균값 WTP는 가구당 연간 3,244원으로 계산되었으며, 델타법(delta method)을 적용하여 추정된 이 값에 대한 표준오차는 272원이다. 따라서 t-값은 11.95로 계산되므로 추정된 평균 WTP는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다.

평균 WTP 값이 3,244원으로 추정된 점에 비추어 볼

Table 3. Estimation results of mean WTP

Variables	Estimates
Annual mean WTP per household	3,244 won
Standard error	272
t-value	11.95 [#]
95% confidence interval	2,764-3,849
99% confidence interval	2,619-4,030

Notes: [#]indicates statistical significance at the 1% level. The standard error is computed by the use of delta method. The confidence intervals are calculated by employing the Monte Carlo simulation technique proposed by Krinsky and Robb (1986)

때, 제시금액을 1,000원부터 12,000원 사이에서 결정한 것이 적절했는지에 대해 사후적으로 논의할 필요가 있다. 제시금액은 사전조사에서 개방형 질문을 통해 도출된 WTP의 분포에서 좌우에서 각각 5~20%를 절사한 값의 범위 내에서 결정되며, 본 연구도 이러한 절차를 따랐다. 아울러 사후적으로 볼 때, 제일 큰 제시금액에서는 “예”라는 응답하는 비중이 매우 낮으면 제시금액이 적절하게 설정된 것으로 판단할 수 있다. Table 1에서 볼 수 있듯이 제시금액이 가장 높을 때에도 여전히 “예”라는 긍정적 응답자가 없지 않다. 따라서 제시금액이 높게 설계된 것은 아니라고 볼 수 있다.

아울러 평균 WTP 추정에 수반된 불확실성을 반영한 신뢰구간의 계산을 위해 Krinsky and Robb(1986)이 제안한 모수적 부트스트랩(parametric bootstrap) 기법인 몬테칼로 시뮬레이션 기법을 적용하였다(Park et al. 1991; Cooper 1994). 무작위 반복표본추출의 회수는 5,000번으로 하였으며, 95% 신뢰구간 및 99% 신뢰구간의 계산결과는 Table 3에 제시되어 있다. 몬테칼로 시뮬레이션 기법의 적용 절차는 다음과 같다. 우선 (a, b)의 추정치와 이에 대한 분산-공분산 행렬을 이용하여 (a, b)의 다변량 정규분포로부터 (a, b)의 값을 발생시켜 평균 WTP를 계산하며 이 과정을 5,000번 반복한다. 이렇게 발생된 5,000개의 평균 WTP 값을 크기순으로 나열한 다음 양끝에서 각각 2.5%를 버리면 95% 신뢰구간을 얻을 수 있으며, 양끝에서 각각 0.5%를 버리면 99% 신뢰구간을 얻을 수 있다.

추정된 평균값 WTP의 확장

CVM 연구를 수행하는 중요한 목적 중에 하나는 표본 정보를 이용하여 해당 지역 전체의 WTP 내지는 편익을 추정하는 것이다. 즉 500 가구라는 수도권 지역 표본에 대해 도출된 정보를 활용하여 전국이라는 모집단 전체로 확장하는 작업이 필요하다. 이 과정에서 따져봐야 할 중요한 사항은 과연 표본이 모집단을 제대로 반영하고 있는지 여부이다. 앞서 언급하였듯이, 본 연구에서는 상당한 예산이

소요됨에도 불구하고 국내 유수의 전문조사기관에 의뢰하여 과학적인 표본추출 및 조사를 하고자 하였다. 아울러 설문대상자도 가구 내에서 책임있는 의사결정을 할 수 있는 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 주부만으로 한정하였다. 표본도 우리나라 인구의 1/2 가량이 거주하고 있는 수도권을 대상으로 하였다. 따라서 우리나라 전체 가구, 적어도 수도권 전체 가구의 의견을 잘 반영하고 있으며, 가상시장을 이용했다 하더라도 책임있는 정보를 도출했다고 볼 수 있으므로 표본의 정보를 모집단으로 확장하는 데 별 무리가 없다.

다만 이론적인 관점에서 볼 때, 다른 편익 추정기법에 비해 CVM은 편익의 정확한 값을 구할 수 있지만, 실증적으로 보면 통상 편익의 상한 값을 구하는 것으로 인식되고 있음을 감안하여 평균값 WTP 추정치를 이용하는 대신에 보수적 관점에서 95% 신뢰구간의 하한값을 이용하고자 한다. 또한 수도권에 대해 추정된 값을 수도권 외 13개 광역지방자치단체로 편익이전(benefit transfer)을 해야 하는데, 이때 널리 사용되는 방법은 소득에 대해 조정을 해 주는 것이다. 그런데 소득에 대한 자료를 구하기 어려우므로, 소득 대신에 가계부문 민간소비지출 자료를 이용한다.

인구주택총조사가 시행된 2005년 기준 광역지방자치단체별 세대수, 가계소비지출, 세대 당 가계소비지출을 이용하여 조정된 가구당 WTP 값, 2008년 불변가격으로 계산된 대형 해양과학연구선 건조사업의 연간 비시장적 편익에 대한 정보는 Table 4에 요약되어 있다. Table 4에서는 2008년부터 2017년까지 향후 10년 동안 매년 401억 원의 비시장적 편익이 발생하는 것으로 산정되었다. 이 값은 대형 해양과학연구선 건립사업에 대한 비용-편익 분석에서 편익에 대한 중요한 정보로 활용될 수 있을 것이다.

한 가지 더 논의할 수 있는 것은 향후 대형 해양과학연구선 건조 대수가 2대 혹은 3대로 늘어나는 경우에 본 연구결과를 그대로 사용할 수 있는가의 문제이다. 하지만 CVM은 특정한 현재 상태에서 특정한 목표 상태로 개선되는 것과 관련된 편익을 추정할 때 적용되는 기법이므로 향후 대형 해양과학연구선이 1대 있는 상황에서 1대를 추가적으로 건조할 때 그대로 적용할 수는 없다. 이때는 그

상황에 맞게 새로 CVM 연구를 수행해야 한다.

5. 결 론

대형 해양과학연구선 건조사업에는 막대한 예산이 소요되므로, 대형 해양과학연구선 건조사업의 경제적 편익을 정량적으로 분석한 후 사업의 경제적 타당성 여부를 평가해야 한다. 하지만 대형 해양과학연구선 건조사업과 같은 학술 SOC 연구개발사업의 비시장적 편익을 추정하는 것은 매우 어려운 작업이다. 하지만 사업의 추진 여부를 결정하기 위해서는 엄밀한 경제이론에 근거하여 대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 경제적 편익을 과학적으로 추정할 필요가 있다. 이러한 배경 하에서 본 연구에서는 CVM을 이용하여 대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 편익을 추정하고자 하였다.

특히 지불의사 유도방법으로 1.5경계 모형을 적용하여 설문조사를 수행했으며 1.5경계 모형을 추정하여 결과를 도출하였다. 특히 비교적 최근에 제안된 지불의사 유도방법으로 단일경계 모형의 비효율성을 개선시킬 수 있으면서도 이중경계 모형의 편의를 줄일 수 있는 1.5경계 모형을 적용한 것과 1.5경계 모형과 영의 WTP를 명시적으로 다룰 수 있는 스파이크 모형을 결합한 것도 유의미한 작업이었다고 판단된다. 아울러 CVM을 적용하는 데 있어서, Arrow et al. (1993)의 여러 가지 지침에 근거한 설문설계, 최근에 개발된 표본설문조사 표집기법 및 인터뷰 기법의 운용 등 특별하게 요구되는 여러 조건들을 충분히 만족시키면서 본 연구가 수행되었다.

분석결과 수도권 지역의 대표적 가구는 대형 해양과학연구선 건조사업을 위해 매년 가구당 평균적으로 3,244원의 WTP를 가지고 있었다. 이 값을 연구대상 지역 전체로 확장하면 연간 약 401억 원에 해당한다. 이 값은 대형 해양과학연구선 건조사업의 경제적 편익에 추가될 수 있을 것이다. 예를 들어, 한국해양연구원 (2008)에서는 해저열수광상 개발을 통한 483억원의 경제적 편익, 심해저 망간단괴개발을 통한 689억원의 경제적 편익, 해양생물자원 확보를 통한 300억원을 합한 총 1,472억원의 시장적 편익을 제시한 바 있는데 이러한 편익과 본 논문에서의 비시

Table 4. Expansion of the sample value to the population value

Region	Number of households	Final consumption expenditure (million won)	Final consumption expenditure per household (million won)	WTP per household (won/yr)	Annual non-market benefit of the project over the period 2008-2017 (billion won)
Metropolitan area	7,462,090	213,381,250	28.6	2,764	20.6
Other region	8,425,038	201,514,603	23.9	2,310	19.5
Total	15,887,128	414,895,853	-	-	40.1

장적 편익을 합하여 대형 해양과학연구선 건조사업의 경제적 편익을 산정할 수 있다.

참고문헌

- 박현, 유경준, 곽승준 (2004) 문화시설의 가치추정 연구. 한국개발연구원, 연구보고서 2004-15, 263 p
- 유승훈, 이주석, 박수동 (2011) 대형광학망원경 개발사업의 경제적 효과 분석 연구. 기술혁신학회지 **14**(1):40-59
- 한국해양연구원 (2008) 대형 해양과학연구선 건조사업 기획 연구. 한국해양연구원, BSPE 97922-1933-7, 179 p
- 한국개발연구원 (2009) 대형해양과학연구선 사업. 272 p
- NOAA (1993) Report of the NOAA panel on contingent valuation. 67 p
- Bjornstad DJ, Kahn JR (1996) The Contingent Valuation of Environmental Resources : Methodological Issues and Research Needs. Edward Elgar, Cheltenham, 305 p
- Brent RJ (1995) Applied cost-benefit analysis. Edward Elgar, Cheltenham, 470 p
- Carson RT, Groves T (2007) Incentive and informational properties of preference questions. Environ Resour Econ **37**:181-210
- Cooper JC (1994) A comparison of approaches to calculating confidence intervals for benefit measure from dichotomous choice contingent valuation survey. Land Econ **70**:111-122
- Cooper JC, Hanemann WM, Signorello G (2002) One and one-half bound dichotomous choice contingent valuation. Rev Econ Statistics **84**:742-750
- Fisher A (1996) The conceptual underpinnings of the contingent valuation method. In: Bjornstad DJ, Kahn JR (eds) The contingent valuation of environmental resources, Edward Elgar, Cheltenham, pp 19-37
- Hanemann WM (1984) Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. Am J Agr Econ **66**:332-341
- Krinsky I, Robb AL (1986) On approximating the statistical properties of elasticities. R Econ Stat **68**:715-719
- Kriström B (1997) Spike models in contingent valuation. Am J Agr Econ **79**:1013-1023
- Mitchell RC, Carson RT (1989) Using Surveys to Value Public Goods : The Contingent Valuation Method. Resources for the Future, Washington, D.C., 484 p
- Park TJ, Loomis B, Creel M (1991) Confidence intervals for evaluating benefits estimates from dichotomous choice contingent valuation studies. Land Econ **67**:64-73
- Yoo SH, Kwak SJ, Kim TY (2001) Modeling willingness to pay responses from dichotomous choice contingent valuation surveys with zero observations. Appl Econ **33**:523-529
- Yoo SH, Kwak SJ (2002) Using a spike model to deal with zero response data from double bounded dichotomous choice contingent valuation surveys. Appl Econ Let **9**:929-932

Received Dec. 5, 2011

Revised Mar. 15, 2012

Accepted May. 8, 2012