

## 제2 쇄빙연구선 건조사업의 과학기술적 편익

### The Scientific Benefits from Building the 2nd Icebreaker Research Ship

유승훈\* · 권영주\*\* · 임슬예\*\*\*

Yoo, Seung-Hoon · Kwon, Young-Ju · Lim, Seul-Ye

#### 목 차

- I. 서 론
- II. 연구방법론 및 방법론적 이슈
- III. 선택실험법 자료의 추정모형
- IV. 분석결과
- V. 결 론

**Abstract:** The Korean government is considering the implementation of project to build the 2nd icebreaker research ship (IRS) to improve the level of arctic research. Information on the scientific benefits from the project is widely demanded for decision-making about whether to implement the project. In this regard, this study attempts to apply a choice experiment (CE) to measure the scientific benefits from the project in Korea by considering various attributes that are related to building the 2nd IRS. A survey of about 500 experts was undertaken and 123 experts completely responded to the survey. To deal with the CE data from the survey, we employ a multinomial logit (MNL) model. All the coefficient estimates are statistically significant and consistent with prior expectations. Therefore, we can judge that the respondents' works required in the CE survey were within their cognitive abilities and they reported responsible and significant values. The results

\* 주저자, 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과 교수

\*\* 교신저자, 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과 박사과정, yjkwon@seoultech.ac.kr

\*\*\* 공동저자, 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과 박사과정

show that the marginal willingness to pay (MWTP) for building a 2nd IRS with the size of 12,000 ton relative to that with the size below 12,000 ton is estimated to be 260.85 billion won. In addition, the MWTPs for arctic exploration and research, arctic global environmental change research, arctic international R&D cooperation, and antarctic activity support are computed to be 1,001.25, 338.26, 245.57, and 609.27 billion won, respectively. The MWTPs for external use of the 2nd IRS during one month per year, more than 300 papers, and a patent are calculated to be 56.15, 320.72, and 1.40 billion won, respectively. All the MWTP estimates are statistically significant and provides good information on the scientific values about building the 2nd IRS. The results can be utilized in evaluating and planning several alternatives related to building the 2nd IRS.

**Key Words:** Icebreaker research ship, Choice experiment, Willingness to pay, Multinomial logit model

## I. 서 론

극지역은 지구기후변화의 진원지이며 지구 전체 규모의 열 배분과 온실기체의 흐름에서 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 지구온난화 등의 영향으로 해빙<sup>1)</sup> 속도는 더욱 빨라졌으며 극지역의 환경 또한 크게 변화하여 주목을 받고 있고, 선진 각국은 극지역을 대상으로 한 과학기술적 연구에 박차를 가하고 있다. 예를 들어, 극지역에 매장되어 있는 에너지, 생물자원은 접근의 어려움 때문에 그동안 크게 주목받지 않았으나 온난화로 인해 노출되는 새로운 기회의 땅이 증가하고 육상자원이 고갈되면서 관심이 증가하고 있다.

1) 최근 북극의 해빙속도는 기존 기후모델 예상보다 4배나 빨라지고 있다(Science Daily, 2011).

특히 북극 항로의 지리적인 여건에 의한 경제성,<sup>2)</sup> 북극지역의 풍부한 부존 자원<sup>3)</sup>은 북극해 주변 연안국(미국, 캐나다, 러시아, 노르웨이, 그린란드) 뿐만 아니라 전세계가 관심을 기울이고 있다. 북극권은 북극해를 둘러싼 국가들의 영토와 영해로 그 대부분이 구성되므로, 북극권 국가나 혹은 북극권 관련 국제 협약을 통하지 아니한 북극권에서의 활동은 매우 제한적이다. 이러한 상황에서 우리나라의 북극이사회(Arctic Council) 옵서버 가입<sup>4)</sup>은 자원개발, 해양플랜트, 항만, 운송, 수산업 등의 해양산업 창출에 기여할 수 있는 기반을 마련했다는 점과 향후 북극항로와 북극자원개발에 있어 연안국과 비연안국들과의 협력적 참여 기회가 확보되었다는 점에서 의미하는 바가 크다. 북극에서 수행하는 극지과학은 지구환경을 대상으로 하는 거대과학의 특성을 갖고 있다. 이러한 과학 활동을 위해서 과학기지, 쇄빙연구선과 같은 대형 인프라는 필수적이다. 이에 극지의 중요성을 인식하고 있는 국가들은 최근 경쟁적으로 쇄빙연구선 건조를 추진하고 있다.<sup>5)</sup> 중국 등 주요 국가들이 쇄빙연구선을 건조하는 이유는 글로벌 극지활동에서 주도권 선점의 효과를 염두에 둔 것이다. 북극권 국가와 외교협력, 비즈니스 창출 등을 위하여 북극권 진입장벽을 낮춰야 할 필요가 있을 때, 극지 과학활동 수행은 참여한 정치 경제적 이슈를 떠나 극지활동의 선도역할을 할 수 있는 효과적인 방법이다. 이러한 과학 활동에 있어서 쇄빙연구선의 역할은 필수적이며, 쇄빙연구선을 보유한 국가는 상대국과의 협상에서 주도적

2) 북극항로는 동아시아와 북대서양 연안 지역을 잇는 최단 항로이며, 기존 항로보다 거리는 30%, 시간은 6일 이상 단축되며, 해적의 위협이 없어 보험료 부담도 감소된다. 또한 실제 북극 항로를 이용하는 화물선은 운송물량이 2010년 11만톤에서 2012년 102만 2,577톤으로 9배 이상 증가했다(김윤옥, 2012; 송주미, 2012; 강원수 외, 2013; 이대식 외, 2013).

3) 북극해 및 인근 지역(러시아, 미국, 노르웨이 등)에는 전 세계 미발견 자원량의 22%에 해당하는 4120억배럴 상당의 석유와 가스가 매장되어 있는 것으로 추산되고(USGS, 2008; 엄선희, 2011), 북극해 주요 어장의 어획량은 전세계 어획량의 약 5%이다(Lloyd's and Chatham house, 2012).

4) 우리나라의 북극이사회(Arctic Council) 옵서버(Observer) 가입은 2013년 5월 15일 스위스에서 개최된 각료회의에서 채택되었다. 이로써 우리나라는 북극위원회 정기회의 발언권 이외의 모든 권한(정기회의 참여권, 부속기구회의 참여·발언권, 주도사업 참관권, 북극 프로젝트 제안권 등의 권한을 행사할 수 있으며, 특히 실제 활동기관인 실무팀에 상시 참여하여 모든 개발사업에 직접 참여)을 행사 가능하다(진동민 외, 2010; 이대식 외, 2013).

5) 해의 신규 쇄빙연구선은 중국(선박명 미정, 2015년 건조 완료 예정), 일본(New Shirase, 2009년 건조), 러시아(Akademik Tryoshnikov, 2012년 건조), 남아프리카공화국(SA Agulhas II, 2012년 건조), 미국(Sikuliaq, 2014년 건조 완료예정), 독일(Polarstern II, 2019년 건조 완료 예정) 등이 있다.

인 위치를 선점할 수 있다. 또한 선진국과 국제공동연구 기획을 통하여 국가의 위상 제고와 국내 극지연구 기술력을 향상시킬 수 있다.

우리나라는 2009년 쉼빙연구선 ‘아라온’ 취항 후 연구활동이 활발하게 수 행되고 있다. 하지만 남극과 북극에서의 과학연구 활동은 물론, 남극 세종과학 기지와 2014년 2월 준공된 남극 장보고과학기지의 물자보급지원 및 인력수송 임무를 수행하면서 아라온호만으로는 한계에 직면하고 있다. 이미 운항일수가 포화상태에 도달해 있어 북극에 대한 추가적인 연구수요를 감당하기 어려운 상 황이다. 따라서 향후 확대될 것으로 예상되는 북극활동의 연구인프라 수요 충 족을 위해 제2 쉼빙연구선 건조가 제안되고 있다. 이에 범정부 합동으로 2013 년 12월에 발표한 『북극정책 기본계획』에서는 아라온호에 이은 제2 쉼빙연구 선 건조의 필요성을 강조한 바 있다(미래창조과학부 외, 2013).

하지만 제2 쉼빙연구선의 건조를 위해서는 막대한 예산이 소요되므로 제2 쉼빙연구선 건조사업의 효과적인 관리, 적절한 투자 수준의 결정, R&D 예산의 안정적인 확보 등을 위해 제2 쉼빙연구선 건조사업의 경제적 편익에 대한 정량 적 정보는 필수적으로 요구된다. 이를 위해서는, 제2 쉼빙연구선 건조사업의 편 익 항목을 식별한 후 엄밀한 경제이론에 근거하여 편익을 정량적으로 추정할 필요가 있다. 경제적 편익 추정결과를 가지고 제2 쉼빙연구선 건조사업의 경제 적 타당성을 평가해야 불필요한 논란을 피할 수 있다. R&D 사업에 대한 기존 예비타당성조사 사례 중에서 제2 쉼빙연구선 건조사업과 가장 유사한 사업은 대형 해양과학연구선 사업이다. 한국개발연구원(2009)의 『대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사 보고서』에서는 컨조인트 분석법(conjoint analysis)을 적 용하여 과학기술적 편익을 직접 추정하였다.

본 연구에서는 컨조인트 분석법을 적용하여 제2 쉼빙연구선 건조사업의 과 학기술적 편익을 화폐적 단위로 평가함으로써 정량화된 정보를 제공하고자 한 다. 이후 본 연구의 구성은 다음과 같다. II절에서는 제2 쉼빙연구선의 과학기 술적 편익을 추정하기 위하여 연구방법론을 설명한 후 여러 방법론적 이슈에 대해 검토한다. III절에서는 확률효용모형에 근거한 이론적 모형 및 추정방안에

대해 살펴본다. IV절에서는 분석결과를 설명하고 이에 대해 논의한다. V장에서는 연구결과를 요약하면서 결론을 제시한다.

## II. 연구방법론 및 방법론적 이슈

### 1. 연구방법론

본 연구에서는 제2 쇄빙연구선 건조사업의 과학기술적 편익 추정을 위해 세 가지 이유로 컨조인트 분석법을 적용한다. 첫째, 제2 쇄빙연구선 건조사업은 기획재정부의 예비타당성조사를 받게 될 것인데, 이 사업의 경제적 편익 추정에 컨조인트 분석법을 적용하는 것은 예비타당성조사 표준지침에 부합한다. 문화/과학/체육 시설 공공투자사업에 대한 예비타당성조사 표준지침인 한국개발연구원(2004)에서는 과학시설의 경제적 편익 추정을 위해 진술선호 접근법의 적용을 제안하고 있다. 실제로 앞서 언급하였듯이 한국개발연구원(2009)의 『대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사 보고서』에서 과학기술적 편익<sup>6)</sup>의 추정을 위해 전문가를 대상으로 컨조인트 분석법을 적용한 바 있다.

둘째, 한국과학기술기획평가원(2011)의 R&D 사업 예비타당성조사 표준지침(제1판)에서도 시장수요로부터 편익에 대한 판단이 어려운 경우 진술선호 접근법의 적용을 제안하고 있다. 제2 쇄빙연구선과 같이 시장에서 거래가 되지 않거나, 현존하지 않는 재화에 대한 과학기술적 편익을 추정하기 위해서는 진술선호 접근법의 적용을 제안한 것이다.

셋째, 진술선호 접근법은 크게 조건부 가치추정법(CVM, Contingent

6) 과학기술적 편익은 연구개발사업을 통해 얻을 수 있는 새로운 과학기술적 지식이나 성과를 의미하는데, 이러한 기술적 지식이나 성과와 같은 연구개발의 결과물이 논문이나 특허의 형태로 구체화될 때 이를 직접적 과학기술적 편익이라고 정의할 수 있다. 과학기술적 편익이 아닌 다른 편익 항목으로는 해당 연구개발사업을 통해 기대되는 국민들의 과학기술 이해도 증가, 국가 위상 향상, 교육 및 연구인력 양성, 연구능력 향상, 연구인프라 구축 등이 있을 것이다(한국개발연구원, 2009).

valuation method)과 컨조인트 분석법으로 구분되는데, 제2 선택연구선 건조사업의 경우 다양한 속성으로 구성되므로 CVM보다는 컨조인트 분석법의 적용이 보다 적절하다. CVM은 대상 재화에 대한 지불의사를 응답자에게 직접 질문하는 방법으로 비시장재화의 가치를 측정하는 주요 방법이지만, 가치측정의 대상이 단일 속성으로 이루어진 비시장재화에 한정되기 때문에 다양한 속성을 가진 재화의 가치측정이나 다수의 대안을 평가하는 상황에서는 그 적용이 쉽지 않다. 반면 컨조인트 분석법은 응답자에게 하나 이상의 속성들로 구성된 가상의 대안을 제시하여 응답자의 선호정보를 도출하고, 이로부터 응답자의 효용함수를 추정하여 가치측정 재화의 속성에 대한 화폐적 가치를 추정할 수 있다. 따라서 다속성 재화의 경우에는 CVM을 적용하는 것보다는 컨조인트 분석법을 적용하는 것이 바람직하며, 본 연구에서 컨조인트 분석법을 적용하는 것은 예비타당성조사 표준지침 및 기존 예비타당성조사 사례와 일관성을 유지할 수 있다.

컨조인트 분석법은 Louviere(1988)에 의해 개발되어 마케팅, 교통, 심리학 분야에 널리 적용되었으며, 특히 Adamowicz et al. (1994)에 의해 비시장재화의 가치 측정 분야에 처음으로 적용된 이후 환경(Hanley et al., 1998), 습지의 가치(Carlsson et al., 2003), 휴양지 이용(Horne et al., 2005), 영양정보에 대한 소비자 평가(Gracia et al., 2009), 심해저 산호 보전(Wattage et al., 2011) 등 다양한 분야에서 적용되고 있다. 국내를 대상으로 한 몇 가지 적용사례를 들면 다음과 같다. Kwak et al. (2010)은 주거용 건물에서의 에너지 절약을 위한 세 가지 속성(창문, 외관, 환기)을 고려하여 에너지절약시설 투자의 경제적 가치를 평가하였으며, Ku and Yoo(2010)는 신재생에너지 기술개발사업의 경제적 편익을 추정하기 위해 영향을 미치는 속성으로서 야생동물 보호, 환경오염의 감소, 고용창출과 지불의사액간의 상충관계를 추정하였다. Kwak and Yoo(2012)는 제4세대 이동통신기술에 대한 투자의 경제적 가치를 추정하였으며, Lim et al.(2014)은 폐기물 에너지화 기술개발사업의 외부편익을 추정하기 위해 온실가스 저감, 일자리 창출, 에너지 자급률, 매립지 수명에 대한 속성별 가치에 대해 컨조인트 분석을 적용하여 평가하였다.

## 2. 속성 및 수준 선정

컨조인트 분석은 임의의 재화가 특정 속성들의 결합으로 이루어졌다고 가정하고, 각 속성들의 조합으로부터 재화를 나타내는 가상의 대안집합을 구성하는 것에서 출발한다. 대안집합이 구성되면 설문을 통해 각각의 대안에 대한 응답자의 선호자료를 얻는다. 이후 얻어진 응답자의 선호자료는 다항로짓모형(multinomial logit model)을 이용하여 각 속성별 편익을 추정하는 데 활용된다.

제2 쇄빙연구선 건조사업의 과학기술적 편익을 추정하기 위해서 먼저 제2 쇄빙연구선을 설명하는 속성들과 각 속성들에 대한 수준을 정하는 것이 필요하다. 제2 쇄빙연구선 건조사업은 다양한 특성을 가지므로, 이러한 특성을 반영할 수 있는 적절한 속성의 선정 및 측정가능한 개념으로 속성을 정의하는 것이 중요하다.

현재 우리나라의 최초 쇄빙연구선인 아라온호는 7,000톤급으로 남·북극 결빙해역에서의 독자적인 극지연구 수행 및 남·북극 기지에 대한 보급 및 남극 장보고과학기지 건설을 지원하고 있다. 아라온호가 수행하는 주요 연구 분야는 극지 환경변화 모니터링, 대기환경 및 오존층 연구, 고해양 및 고기후 연구, 해양생물자원 개발연구, 지질환경 및 자원특성 등이다. 이렇듯 아라온호는 남·북극에서 과학활동 및 물자보급지원 등을 수행하고 있는데 운행일수는 이미 포화상태이다. 극지역, 특히 북극연구에 대한 수요가 확대되고 있는 반면에 아라온호의 수용능력은 한계에 도달하여 남극과 북극에서 연구활동을 동시에 수행하기가 불가능한 실정이다.

제2 쇄빙연구선은 극지에서 우리나라의 북극정책을 지원하고 극지 진출역량을 강화하고자 한다. 구체적으로 북극해 개발, 남·북극해 해양조사 등 역할 다양화와 활동해역 증대, 북극항로 결빙해역 항행선박 필요시 지원, 유사시 구난활동을 수행할 수 있다. 또한 남·북극과학기지 보급지원활동 및 연구활동을 동시에 수행하고, 강화된 쇄빙능력으로 연구경쟁력과 안전운항능력을 제고하여 연구의 질을 높이는 것이 목적이다.

분석대상 재화에 대해 고려하는 속성의 개수가 작아지면 응답자의 인식상의 부담은 경감되지만 얻을 수 있는 정보가 부족하며, 속성의 개수가 많아지면 얻을 수 있는 정보는 많아지지만 응답자의 인식상의 부담은 커지는 문제를 감안하면서 속성의 수를 결정할 필요가 있다. 즉 얻게 되는 정보와 응답자의 인식상의 부담은 서로 상충관계(trade-off)에 놓여 있기 때문에 적절한 수준에서 타협하는 것이 요구된다.

본 연구의 평가 대상재화인 제2 쇄빙연구선 건조사업은 다양한 속성을 가진다. 따라서 의미있고 신뢰성 있는 편익값을 도출하기 위해서는 다양한 속성 중에서 실제적으로도 중요하고 응답자에게도 중요할 수 있는 속성을 선정하는 것이 필요하다. 이를 위해, 해당 분야 전문가와의 협의를 통해 총 9가지 속성과 수준을 결정하였다. 최종적으로 선택된 속성은 <표-1>과 같으며, 실제로 설문 조사시 이 표를 응답자에게 제시하였다.

■ 표-1. 제2 쇄빙연구선 건조사업의 속성과 수준 ■

속성	설명	수준
제2 쇄빙연구선의 규모	건조되는 제2 쇄빙연구선의 규모	- 10,000톤급 - 12,000톤급 - 14,000톤급
수행연구	제2 쇄빙연구선을 통해 추가적으로 연구할 수 있는 분야	
	(1) 북극 해역 탐사 및 자원조사	- 수행함 - 수행안함
	(2) 북극 지구환경변화 연구	- 수행함 - 수행안함
	(3) 북극에 대한 국제공동연구	- 수행함 - 수행안함
	(4) 남극 연구활동 지원	- 수행함 - 수행안함
제2 쇄빙연구선의 외부 활용	제2 쇄빙연구선이 귀속된 특정기관 외에 다른 연구기관이나 대학 등이 1년 중 독자적으로 쇄빙연구선을 활용할 수 있는 기간	- 0개월 - 1개월 - 3개월 - 6개월



속성	설명	수준
제2 채빙연구선의 활용을 통한 연구성과	제2 채빙연구선을 활용하여 과학연구를 수행할 때 발생하는 1년당 연구성과	
	(1) 논문성과 매년 발생하는 논문(국내+국외) 발표 성과	- 200편 - 300편 - 500편
	(2) 지적재산권 성과 매년 발생하는 국내외 특허출원(등록) 성과	- 100건 - 200건 - 400건
제2 채빙연구선 사업 비용	제2 채빙연구선의 건조비용과 건조 이후 25년 동안 운영에 소요되는 비용의 합계	- 7,000억원 - 8,000억원 - 10,000억원 (1조원)

속성변수와 개별 속성변수의 평가 단위가 결정되면, 선택실험법(choice experiment) 지문을 구성하기 위해 고려되어야 할 요소는 속성수준의 수와 범위이다. 본 연구에서는 조건부 선택법 질문에 대한 응답자의 의미있고 정확한 판단을 위하여 제2 채빙연구선의 규모 및 수행연구 분야에 대해서는 그 수준을 2~3개로 하였고, 비용 속성 등 그 외 속성에 대해서는 그 수준을 3~4개로 구성하였다. 각 수준에서의 개별 속성 변수의 범위에 대한 결정은 문헌조사와 해당 분야 전문가와의 협의를 통해 이루어졌다.

### 3. 선택대안집합 설계와 구성

제2 채빙연구선 건조사업의 과학기술적 편익 추정을 위해 적용되는 선택실험법은 필수적으로 자료생성과정(data generating process)을 거치는 구조화된 방법이다. 이 단계는 여러 속성변수 및 수준들로 구성된 가상서비스 대안들이 응답자의 선택확률에 영향을 주도록 선택대안집합(choice sets)을 설계하는 것이며, 주의깊게 고안된 실험계획법(experimental design)에 의존한다. 본 연구는 응답자들이 제시된 여러 대안들에 대해 한 개의 대안을 선택하는 행위로부터 개별 속성변수들의 수준변화에 따른 가격효과들을 분리해 내기 위해 개별 속성

간의 직교성(orthogonality)을 보장해주는 주효과 직교설계(orthogonal main effects design) 방법을 이용한다. 이러한 직교설계방법은 실제분석에서 속성간의 높은 상관관계가 문제가 되는 것으로 알려진 현시선호 확률효용모형의 단점을 개선하여 준다(Hanley et al., 1998).

앞서 언급하였듯이, 본 연구에서 다루는 9개 속성에 대해 각각 2~4개의 수준이 존재한다. 선택실험법 질문에서 응답자들은 일반적으로 여러 개의 대안에 직면하게 된다. 본 연구에서는 한국개발연구원(2009) 연구와의 일관성 유지를 위해 시행(do something) 대안으로서 4개의 대안과 미시행(do nothing) 대안으로서 건조를 하지 않는 경우 한 가지 등 총 5개의 대안으로 구성된 선택대안집합(choice set)을 제시한다.

다만 선택대안집합을 구성하는 데 있어서 너무나도 많은 경우의 수가 존재하는 문제가 발생한다.<sup>7)</sup> 실제로 응답자에게 모든 선택대안집합을 제시하고 질문을 하는 것은 불가능하기에 모형의 추정이 가능하도록 하는 최소 선택대안집합을 전체 대안집합으로부터 도출하는 실험계획법의 적용이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 SPSS 통계패키지에서 제공하는 주효과 직교설계를 수행하였다.<sup>8)</sup> SPSS를 활용한 주효과 직교설계로부터 32개의 선택대안이 도출되었으며 4개씩 쌍을 짓고 여기에다 현재 상태를 포함하여 5개가 하나의 선택대안집합이 되도록 구성하였더니 총 8개의 선택대안집합들이 도출되었다. 이 8개의 대안집합을 각 응답자에게 제시하였다. 즉 응답자들은 다양한 속성 수준으로 정의된 4개의 대안과 건조를 하지 않음을 의미하는 현재 상태 대안의 총 5가지 대안 중에서 가장 선호하는 것을 하나 고르는 형태의 판단을 하게 된다. <그림-1>은 실제 설문조사에서 사용된 선택대안집합 한 개를 예시한 것이다.

7) 가속속성의 경우 원래 속성수준의 개수가 4개이지만 0원을 제외한 3개에 대해서만 직교설계를 한다.

8) 속성들간에 심각한 상호작용(interactions)이 존재한다면, 주효과 직교설계를 사용하여 얻어진 결과들은 편의(bias)될 수 있다. 이 경우 그러한 상호작용들을 효용함수(strictly additive equation보다는 polynomial equation)로 구성하는 것이 더욱 정확할 것이다. 불행히도 모든 상호작용을 포함하는 것은 다음의 두 가지 이유 때문에 종종 기피된다. 첫째, 모든 가능한 속성간의 상호작용을 고려하는 것은 측정되는 효과들의 수를 상당히 증가시킬 뿐만 아니라 모형의 계산이 어렵게 만든다. 둘째, 과도한 모형의 조정은 단순한 직교설계에 비교하여 볼 때 설명력이 크게 떨어진다(Etrod et al., 1992).

■ 그림-1. 실제 설문에서 사용된 선택대안집합의 예시 ■

제2 쇠빙연구선 건조와 관련하여 다양한 대안이 있을 수 있습니다. 귀하가 정부의 중요한 의사결정가라 가정하시고, 4개의 대안 중에서 가장 선호하시는 것을 골라 v로 체크해 주십시오. 총 8회 골라 주시면 됩니다.

선택 1		대안 1	대안 2	대안 3	대안 4	건조안함
쇠빙연구선 규모(톤)		14,000	10,000	12,000	12,000	0
수행 연구	북극해역 탐사 및 자원조사	X	O	X	O	X
	북극 지구환경변화 연구	X	X	X	X	X
	북극에 대한 국제공동연구	O	O	O	X	X
	남극 연구활동 지원	X	X	O	X	X
매년 외부기관의 활용일수		0개월	3개월	1개월	0개월	0
연구 성과	매년 국내외 논문발표 편수	300편	300편	300편	500편	0
	매년 특허 출원(등록) 건수	400건	400건	100건	100건	0
사업비용(건조비+25년간 운영비)		8,000억원	7,000억원	1조원	7,000억원	0
하나만 골라 V로 체크해 주십시오		( )	( )	( )	( )	( )
		⋮				

#### 4. 표본설계와 설문조사방법

학계, 연구기관, 관련 기업 종사자 등 총 500여 명의 전문가를 대상으로 설문조사를 수행하였다. 설문조사 시기는 2014년 3월이며, 전문조사업체에 의뢰 하되 이메일로 설문지사를 타진한 후 동의하면 설문시작하기를 눌러 웹에 접속 하여 마우스로 클릭하면서 넘어가는 방식의 조사를 수행하였다. 총 123명이 설문조사에 응답하였으며 1인당 8개의 선택집합에서 하나씩 골라 총 984(=123×8)개의 자료를 얻을 수 있었다.

### III. 선택실험법 자료의 추정모형

컨조인트 분석을 위한 기본적인 모형은 확률모형을 이용하여 정형화될 수 있다. McFadden(1974)에 의해 개발된 다항로짓모형(multinomial logit model)은 대안의 구성요소인 개별 속성이 응답자의 선택확률에 어떻게 영향을 주는지를 모형화하는 데 있어 계량경제학적인 체계를 제공한다. 다항로짓모형은 ‘비관련 대안의 독립성(independence of irrelevant alternatives, IIA)’을 따른다고 가정한다. 예를 들어,  $A$ 라는 대안을 선택할 확률 대  $B$ 라는 대안을 선택할 확률의 비율은 다른  $C$ 라는 대안의 존재 여부에 영향을 받지 않는다는 것이다. 이 모형에서 가장 기본이 되는 것은 개별 응답자의 간접효용함수이다. 응답자  $i$ 가 직면한 선택대안집합  $C_i$  내에 있는 한 선택대안  $j$ 로부터 얻는 간접효용함수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$U_{ij} = V_{ij}(Z_{ij}, S_i) + e_{ij} \quad (1)$$

여기서  $V_{ij}$ 는 관측이 가능한 확정적(deterministic) 부분으로 선택대안의 속성( $Z_{ij}$ )과 개별 응답자들의 특성( $S_i$ )의 함수이다.  $e_{ij}$ 는 관측이 불가능한 확률적(stochastic) 부분이다. 응답자  $i$ 가 선택대안집합  $C_i$ 내의 모든 선택대안들에 대해  $U_{ij} > U_{ik} (k \in C_i, k \neq j)$ 을 만족한다면, 선택대안  $j$ 를 선택할 것이다. 이때, 응답자  $i$ 가 선택대안  $j$ 를 선택할 확률은 다음과 같이 정형화된다.

$$\Pr_i(j|C_i) = \Pr\{V_{ij} + e_{ij} > V_{ik} + e_{ik}\} = \Pr\{V_{ij} - V_{ik} > e_{ik} - e_{ij}\} \quad (2)$$

식 (2)를 다루기 위해서는 다항로짓모형 하에서 오차항의 분포는 통상 독립적(independent)이며 일치적(identical)인 제 I형태 극치 분포(Type I extreme value distribution)를 따른다고 가정된다(McFadden, 1974). 이 경우 응답자  $i$

가 선택대안  $j$ 를 선택할 확률은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\Pr_i(j|C_i) = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{k \in C_i} \exp(V_{ik})} \quad (3)$$

선택실험법 질문으로부터 얻어진 각 응답자의 응답은 응답자의 효용극대화를 위한 선택결과로서 해석될 수 있다. 본 연구에서의 선택실험법 질문은 응답자에게 5개의 대안들을 제시하고, 응답자가 주어진 대안에서의 속성과 가격사이의 상충관계를 고려하여 5개의 대안들 중 1개의 대안을 선택하도록 하고 있다. 이 때, 선택실험법 질문에 직면한 개별 응답자  $i = 1, \dots, N$ 의 선택대안  $j$ 에 대한 선택결과는 ‘예’ 또는 ‘아니오’가 된다. 이와 관련된 변수  $Y_{ij}$ 는  $Y_{ij} = 1$ ( $i$ 번째 응답자가  $j$ 번째 대안을 선택)로 정의된다. 여기서  $1(\cdot)$ 은 인디케이터 함수(indicator function)로 괄호 안이 참이면 1이 되고 아니면 0이 된다. 즉,  $Y_{ij}$ 는  $i$ 번째 응답자가  $j$ 번째 선택대안을 선택하였다면 1을 취하고 그렇지 않으면 0을 취한다. 따라서 로그-우도함수는 다음과 같이 표현된다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^5 \{ Y_{ij} \cdot \ln [\Pr_i(j|C)] \} \quad (4)$$

식 (4)에 최우추정법을 적용하면 필요한 모수에 대한 추정치를 얻을 수 있다(Stem, 1997; Greene, 2000). 한편 간접효용함수의 관측가능한 부분인  $V_{ij}$ 를 다음과 같이 정형화할 수 있다.

$$V_{ij} = \beta_1 Z_{1,ij} + \beta_2 Z_{2,ij} + \dots + \beta_9 Z_{9,ij} \quad (5)$$

$Z$ 는 속성벡터로서 <표-1>에 정의되어 있는 변수를 축약하여 나타낸 것이다. 또한  $\beta$ 는 응답자의 효용에 영향을 미치는 개별 속성들에 대한 계수로 추정

되어야 할 모수이다. 식 (5)를 식 (3)에 대입한 후, 다시 이 식을 식 (4)에 대입하여 최우추정법을 적용하면  $\beta$ 에 대한 일치추정치를 얻을 수 있다.

이제 식 (5)에 로이의 항등식(Roy's identity)을 적용하면 개별 속성에 대한 한계 지불의사액(MWTP, marginal WTP)을 구할 수 있다. 즉, 식 (5)를 전미분한 후 약간의 조작을 하면 개별 속성의 현재수준으로부터 한 단위 증가(개선)에 대한 MWTP를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$MWTP_{Z_1} = dZ_9/dZ_1 = -\beta_1/\beta_9 \quad (6)$$

$$MWTP_{Z_2} = dZ_9/dZ_2 = -\beta_2/\beta_9$$

.....

$$MWTP_{Z_8} = dZ_9/dZ_8 = -\beta_8/\beta_9$$

## IV. 분석결과

### 1. 모형의 추정결과

선택실험법 모형을 적용하기 위해 사용되는 변수를 <표-2>와 같이 정의하였다. 원래 쇄빙연구선 규모와 논문 성과는 연속변수였지만 통계적 유의도 확보를 위해 더미변수로 변환하여 추정하였다. 이는 한국개발연구원(2009)의 「대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사 보고서」에서도 사용한 변수의 재정의(re-definition) 방식을 적용하여 연속변수를 더미변수로 재정의함으로써 추정계수의 통계적 유의도를 확보하고자 한 것이다.

다항로짓 모형의 추정결과는 <표-3>에 제시되어 있다. 모든 추정계수는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 아울러 추정계수의 부호도 사전적인 예상과 정확하게 일치하였다. 예를 들어, 사업추진비용 항을 제외한 모든 항에 대

한 추정계수는 양(+)의 부호를 갖는데 이것은 이 속성들의 수준이 증가할수록 응답자의 효용이 증가함을 의미한다. 반면 사업추진비용 항에 대한 계수가 음(-)의 부호를 갖는 것은 비용수준의 증가가 응답자의 효용을 감소시킨다는 것을 의미한다.

■ 표-2. 모형 추정에 사용된 변수와 변수 입력 방식 ■

변수명	변수 입력
쇄빙연구선 규모	12,000톤급을 더미변수로 반영
북극해역 탐사 및 자원조사	해당 연구를 수행하는 경우를 더미변수로 반영
북극 지구환경변화 연구	해당 연구를 수행하는 경우를 더미변수로 반영
북극에 대한 국제공동연구	해당 연구를 수행하는 경우를 더미변수로 반영
남극 연구활동 지원	해당 연구를 수행하는 경우를 더미변수로 반영
연구선 외부 활용	제2 쇄빙연구선이 귀속된 특정기관 외에 다른 연구기관이나 대학 등이 1년 중 독자적으로 쇄빙연구선을 활용할 수 있는 기간(개월수)을 연속변수로 반영
논문 성과	매년 발생하는 논문(국내+국외) 발표 건수가 300편 이상 인지를 더미변수로 반영
지적재산권 성과	매년 발생하는 국내외 특허출원(등록) 건수를 연속변수로 반영
사업추진 비용	제2 쇄빙연구선의 건조비용과 건조 이후 25년 동안 운영에 소요되는 비용의 합계를 연속변수로 반영

■ 표-3. 다항로짓모형의 추정결과 ■

변수명	추정계수	t-값	p-값
쇄빙연구선 규모	0.2905	3.49	.000
북극해역 탐사 및 자원조사	1.1150	14.25	.000
북극 지구환경변화 연구	0.3767	4.92	.000
북극에 대한 국제공동연구	0.2735	2.79	.005
남극 연구활동 지원	0.6785	8.06	.000
연구선 외부 활용(단위: 개월)	0.0625	3.14	.002
논문 성과	0.3571	3.48	.001
지적재산권 성과(단위: 건)	0.1554	5.44	.000
사업추진 비용(단위: 억원)	-0.1114	-5.00	.000
관측치 수	984		
로그-우도합수값	-1,322.32		

추정결과의 통계적 유의성 및 추정계수 부호의 적절성 등을 종합적으로 고려할 때, 응답자들은 선택실험법 적용에서 제시되었던 가상적인 상황의 설정에 효과적으로 반응하였다. 아울러 5개의 대안 중에서 1개의 대안을 선택하도록 요구되었던 가치판단의 작업을 잘 받아들였으며 무리없이 수행하였다고 판단된다. 이러한 점들은 본 연구결과를 정책적으로 해석하고 활용하는 데 있어서 충분한 타당성을 제공한다.

## 2. 속성별 한계지불의사액 추정결과

이제 <표-3>의 추정결과와 식 (6)을 이용하여 개별 속성에 대한 MWTP를 계산한다. MWTP는 개별 속성의 수준을 한 단위 추가적으로 개선하는 것에 대한 과학기술적 편익의 증가분을 의미한다. 개별 속성에 대한 MWTP 추정치들은 <표-4>에 제시되어 있다. 개별 속성에 대한 MWTP 추정치의 t-값은 델타법(delta method)을 이용하여 추정되었다(Greene, 2000). 추정된 t-값으로 판단하건대, 모든 속성에 대한 MWTP 값들은 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다.

■ 표-4. 속성별 MWTP 추정결과 ■

변수명	MWTP(백만원)	t-값	p-값
쇄빙연구선 규모	260,851	3.58	0.000
북극해역 탐사 및 자원조사	1,001,245	5.28	0.000
북극 지구환경변화 연구	338,257	3.86	0.000
북극에 대한 국제공동연구	245,574	2.81	0.000
남극 연구활동 지원	609,265	4.43	0.000
연구선 외부 활용(단위: 개월)	56,150	2.97	0.000
논문 성과	320,724	3.14	0.000
지적재산권 성과(단위: 건)	1,395	4.72	0.000

응답자들은 12,000톤급 제2 쇄빙연구선이 타 규모에 비해 2,609억원의 가치를 추가적으로 가지는 것으로 평가하였다. 이렇게 12,000톤급에 높은 가치를



부여했다는 사실은 12,000톤급 규모의 제2 쇄빙연구선에 대한 전문가들의 요구가 크며, 제2 쇄빙연구선의 규모로 12,000톤급이 적절하다는 점을 의미한다.

다음으로 응답자들은 제2 쇄빙연구선의 건조 및 운영을 통해 수행가능한 4가지 연구주제가 작지 않은 가치를 가지는 것으로 평가했다. 쇄빙연구선이라는 본래 목적을 고려할 때, 과학연구에 대해 높은 가치를 부여하는 것은 당연하다고 판단된다. 4개 연구분야 사이에 중요도 순위를 매긴다면 북극해역 탐사 및 자원조사, 남극 연구활동 지원, 북극 지구환경변화 연구, 북극에 대한 국제공동 연구의 순서로 평가하였다.

제2 쇄빙연구선의 외부 활용과 관련하여 응답자들은 제2 쇄빙연구선이 귀속된 특정기관 외의 외부 연구기관 등이 독자적으로 활용되는 기간이 길수록 그 가치가 큰 것으로 평가하였다. 특히 제2 쇄빙연구선을 외부에서 1개월 정도 활용된다면 이에 대한 가치를 약 562억원으로 평가하였다. 연구성과의 하나인 지적재산권에 대해서는 건당 약 14억원의 과학기술적 가치를 가지는 것으로 평가하였다. 한편 논문성과에 대해서는 300편 이상이면 3,207억원의 과학기술적 가치가 창출하는 것으로 평가했다. 대체적으로 보면 응답자들은 연구성과 자체 보다는 제2 쇄빙연구선을 이용하여 수행가능한 연구에 더 큰 가치를 부여하는 것으로 보인다.

이상의 분석결과를 종합화하면 다음과 같은 판단이 가능하다. 첫째, 응답자들은 12,000톤급 규모의 제2 쇄빙연구선의 건조에 대한 선호가 분명히 존재한다. 둘째, 제2 쇄빙연구선을 이용하여 수행할 수 있는 연구에 높은 가치를 부여한다. 셋째, 제2 쇄빙연구선이 특정 기관에 전적으로 귀속되기보다는 어느 정도 이상의 기간 동안에는 다양한 외부 연구기관과 학계의 독립적인 연구수행에 활용되는 것에 가치를 부여한다. 넷째, 지적재산권 및 논문 성과에 대해서도 유의미한 가치를 부여한다.

### 3. 시나리오별 분석결과

제2 쇄빙연구선의 활용방식에 따라서 제2 쇄빙연구선의 과학기술적 편익은 달라질 수 있다. 따라서 몇 가지 시나리오를 구성한 후 각 시나리오별로 과학기술적 편익의 크기를 추정할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 3가지 시나리오를 <표-5>와 같이 고려한다.

■ 표-5. 분석대상 3가지 시나리오 ■

변수명	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
쇄빙연구선 규모	12,000톤급	12,000톤급	12,000톤급
북극해역 탐사 및 자원조사	2개월	2개월	1.5개월
북극 지구환경변화 연구	2개월	1개월	1개월
북극에 대한 국제공동연구	2개월	1개월	1개월
남극 연구활동 지원	2개월	1개월	1.5개월
연구선 외부 활용(단위: 개월)	없음	3개월	6개월
논문 성과	300편	300편	300편
지적재산권 성과(단위: 건)	100건	100건	100건

제2 쇄빙연구선의 규모는 12,000톤급으로 고정시켜 놓는다. 제2 쇄빙연구선은 1년, 즉 12개월 중 2/3에 해당하는 8개월 동안 가동된다고 가정한다. 이 8개월을 가지고 외부에서 활용할 수도 있으며 외부 활용기간을 제외하고 남은 기간 동안 4개 영역의 연구를 수행하는 것으로 가정한다. 논문성과는 300편을 달성한다고 보되 보수적 접근을 위해 MWTP의 50%<sup>9)</sup>만 인정한다. 지적재산권은 100건으로 고정시켜 놓고 분석한다. <표-4>에 제시된 과학기술적 편익을 추

9) 논문 성과 목표치는 관련 전문가들을 대상으로 한 사전조사를 통해 도출되었다. 하지만 설문조사 착수 이후에 여러 전문가들이 논문 성과 목표치가 너무 높다는 지적을 하였다. 따라서 다항로지모형의 적용결과로부터 논문 성과 관련 과학기술적 편익을 추정할 때에는 논문 성과에 대한 한계지불의사액을 그대로 반영하지 않고 다소 보수적인 접근을 취한다는 점에서 절반만을 인정하여 과학기술적 편익을 산정하였다. 과거 미국 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration, 1994)에서도 진술선호 접근법으로부터 얻은 자료는 과대추정의 가능성이 있으므로 절반만 인정할 것을 권고한 적이 있다. 다만 절반만 인정하는 것에 대해서 추후 논란이 야기되어 이 권고를 철회하여 현재는 임의의 가감을 하지 않고 편익을 산정하고 있다.

정하는 데 있어서 4개 영역의 연구수행에 따른 편익은 제2 쇄빙연구선을 1년 내내 해당 연구를 위해서만 25년간 활용된다는 가정에 기반하여 도출된 것이므로 연간 활용기간을 감안하여 과학기술적 편익을 평가해야 한다. 이러한 접근은 한국개발연구원(2009)의 「대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사 보고서」에서도 적용한 방식이다. 즉 <표-4> 및 <표-5>를 활용하여 시나리오 1, 시나리오 2, 시나리오 3에 대해 과학기술적 편익을 산정한 결과는 각각 <표-6>, <표-7>, <표-8>에 제시되어 있다.

■ 표-6. 시나리오 1에 대한 과학기술적 편익 ■

변수명	시나리오 1	MWTP (백만원)	가중치	과학기술적 편익 (백만원)
쇄빙연구선 규모	12,000톤급	260,851	1.0	260,851
북극해역 탐사 및 자원조사	2개월	1,001,245	2/12	166,874
북극 지구환경변화 연구	2개월	338,257	2/12	56,376
북극에 대한 국제공동연구	2개월	245,574	2/12	40,929
남극 연구활동 지원	2개월	609,265	2/12	101,544
연구선 외부 활용(단위: 월)	없음	56,150	0	0
논문 성과	300편	320,724	0.5	160,362
지적재산권 성과(단위: 건)	100건	1,395	1.0	139,500
합계				926,437

■ 표-7. 시나리오 2에 대한 과학기술적 편익 ■

변수명	시나리오 2	MWTP (백만원)	가중치	과학기술적 편익 (백만원)
쇄빙연구선 규모	12,000톤급	260,851	1.0	260,851
북극해역 탐사 및 자원조사	2개월	1,001,245	2/12	166,874
북극 지구환경변화 연구	1개월	338,257	1/12	28,188
북극에 대한 국제공동연구	1개월	245,574	1/12	20,465
남극 연구활동 지원	1개월	609,265	1/12	50,772
연구선 외부 활용(단위: 월)	3개월	56,150	3/12	14,038
논문 성과	300편	320,724	0.5	160,362
지적재산권 성과(단위: 건)	100건	1,395	1.0	139,500
합계				841,049

■ 표-8. 시나리오 3에 대한 과학기술적 편익 ■

변수명	시나리오 3	MWTP (백만원)	가중치	과학기술적 편익 (백만원)
쇄빙연구선 규모	12,000톤급	260,851	1.0	260,851
북극해역 탐사 및 자원조사	1.5개월	1,001,245	2/12	125,156
북극 지구환경변화 연구	1개월	338,257	1/12	28,188
북극에 대한 국제공동연구	1개월	245,574	1/12	20,465
남극 연구활동 지원	1.5개월	609,265	1/12	76,158
연구선 외부 활용(단위: 월)	6개월	56,150	3/12	28,075
논문 성과	300편	320,724	0.5	160,362
지적재산권 성과(단위: 건)	100건	1,395	1.0	139,500
합계				838,754

한편 제2쇄빙연구선의 건조가 완료되는 시기는 2020년이며 2021년부터 경제적 편익이 발생한다. 그런데 제2쇄빙연구선의 기술적/물리적 수명은 25년이므로, 경제적 편익은 한국과학기술기획평가원(2011)이 작성한 R&D 사업에 대한 예비타당성조사 표준지침(제1판)에 근거하여 제2쇄빙연구선의 기술수명주기 동안인 2021년부터 2045년까지 발생하는 것으로 판단할 수 있다. 따라서 과학기술적 편익을 2021년부터 2045년까지 25년간 배분하기 위해서는 산정된 값을 25로 나눠 매년 동일하게 배분한다. 이렇게 추정된 시나리오별 연간 과학기술적 편익은 <표-9>에 제시되어 있다. 제2 쇄빙연구선 건조사업에 대한 과학기술적 편익을 추정한 결과 시나리오 1, 시나리오 2, 시나리오 3에 대한 총 편익은 각각 9,264억원, 8,410억원, 8,388억원으로 추정되었다. 한편 2013년 말을 기준으로 한국개발연구원(2008)의 예비타당성조사 일반지침 제5판에 근거하여 5.5%의 할인율을 적용한 3가지 시나리오별 총 편익의 현재가치를 구하면 각각 3,417억원, 3,102억원, 3,094억원으로 도출된다. 이상의 정보를 이용하면 제2 쇄빙연구선 건조사업의 수행에 따른 과학기술적 편익을 쉽게 추정할 수 있다.

#### 4. 분석결과에 대한 논의

분석결과의 해석 및 적용과 관련하여 한 가지 점을 분명히 할 필요가 있다. 본 연구의 분석결과는 제2 쇄빙연구선 건조사업으로 발생하는 경제적 편익의 전부가 아니라 과학기술자라는 관점에서 평가한 과학기술적 편익만을 대상으로 하고 있다. 제2 쇄빙연구선의 건조사업으로 발생하는 편익은 과학기술적 편익만 있는 것은 아니다. 예를 들어, 일반 국민 입장에서 발생하는 국민 자긍심 고취 편익 및 국내 연구인프라 강화 편익이 있다. 한국개발연구원(2009)에서는 대형해양과학연구선 건조사업에 대해 이 편익을 인정하면서도 시간과 예산의 한계 때문에 직접 추정하지 않고 정책적 분석의 특수평가항목으로 반영한 바 있다. 따라서 추후 이 편익항목에 대한 적절한 계량화 작업을 통해 제2 쇄빙선 건조사업의 경제적 편익에 추가할 필요가 있다. 그렇게 하지 않는다면 제2 쇄빙선 건조사업의 경제적 편익은 과소추정이 될 수 있기 때문이다.

또한, 설문에 대한 응답자들은 지불의무가 없기 때문에 현재상태보다는 제2 쇄빙연구선을 건조하는 대안을 더 선호할 수 있으며, 이로 인해 추정된 WTP가 과대 추정될 수 있다. 하지만 설문조사 수행시 전문가의 견지에서 평가해달라고 요청을 했으며, 대형 해양과학연구선 건조사업의 경제적 타당성을 평가했던 한국개발연구원(2009)의 예비타당성조사 사례와 일관성을 유지하기 위해 속성수, 속성의 수준, 속성수준의 도출 방식 등에 있어서 통일성을 기하고자 했다. 따라서 본 연구결과는 제2 쇄빙선 건조사업의 과학기술적 편익에 대한 상한값으로 해석해야 한다.

■ 표-9. 연도별 과학기술적 편익 추정결과 ■

연도	과학기술적 편익(백만원)					
	시나리오 1		시나리오 2		시나리오 3	
	값	현재가치	값	현재가치	값	현재가치
2021	37,057	24,147	33,642	21,921	33,550	21,861
2022	37,057	22,888	33,642	20,778	33,550	20,722
2023	37,057	21,695	33,642	19,695	33,550	19,641
2024	37,057	20,564	33,642	18,668	33,550	18,617
2025	37,057	19,492	33,642	17,695	33,550	17,647
2026	37,057	18,475	33,642	16,773	33,550	16,727
2027	37,057	17,512	33,642	15,898	33,550	15,855
2028	37,057	16,599	33,642	15,069	33,550	15,028
2029	37,057	15,734	33,642	14,284	33,550	14,245
2030	37,057	14,914	33,642	13,539	33,550	13,502
2031	37,057	14,136	33,642	12,833	33,550	12,798
2032	37,057	13,399	33,642	12,164	33,550	12,131
2033	37,057	12,701	33,642	11,530	33,550	11,499
2034	37,057	12,039	33,642	10,929	33,550	10,899
2035	37,057	11,411	33,642	10,359	33,550	10,331
2036	37,057	10,816	33,642	9,819	33,550	9,792
2037	37,057	10,252	33,642	9,307	33,550	9,282
2038	37,057	9,718	33,642	8,822	33,550	8,798
2039	37,057	9,211	33,642	8,362	33,550	8,339
2040	37,057	8,731	33,642	7,926	33,550	7,905
2041	37,057	8,276	33,642	7,513	33,550	7,492
2042	37,057	7,844	33,642	7,121	33,550	7,102
2043	37,057	7,435	33,642	6,750	33,550	6,732
2044	37,057	7,048	33,642	6,398	33,550	6,381
2045	37,057	6,680	33,642	6,065	33,550	6,048
합계	926,437	341,716	841,049	310,220	838,754	309,374

## V. 결 론

최근 들어 극지 연구를 통한 세계 공헌이 국익을 확보하는 기본 요소로 여겨지고 있다. 지구환경변화의 척도로서 극지의 중요성이 부각되고 있으며 극지 자원을 이용할 필요성이 증가함에 따라 세계 선진 각국은 극지연구에 막대한 비용을 투입하고 있다. 특히 북극의 온난화로 인하여 노출되는 새로운 기회의 땅과 자원에 북극연구의 필요성과 연구인프라인 쇄빙연구선 수요가 증가하고 있다. 우리나라는 국내 유일의 아라온호를 통해 남·북극 조사 및 탐사활동과 남극에 있는 세종과학기지, 장보고과학기지에 직접 물자를 보급 및 지원하고 있다. 하지만 남·북극해의 연구지역 확대와 안정적인 북극항로 개척 지원 등 계속 해서 증가하는 수요를 충족시키기 위해서는 이미 운항일수에 과부하가 걸린 아라온호 외에 제2 쇄빙연구선 건조의 필요성이 점점 커지고 있다.

이에 본 연구에서는 제2 쇄빙연구선 건조사업의 과학기술적 편익을 추정하고자 하였으며, 이를 위해 전문가를 대상으로 컨조인트 분석법의 일종인 선택 실험법을 적용하였다. 설문대상자는 기존 아라온호의 활용 경험이 있거나 향후 제2 쇄빙연구선을 활용할 가능성이 있는 전문가와 관련 해양학자 등으로 구성되었다. 관련 국내의 문헌 및 전문가 면담조사를 통해 주요 속성을 정의했으며, 설문조사를 통해 총 123명의 전문가로부터 선택실험법 응답자료를 수집하였다. 분석결과 간접효용함수의 모든 모수에 대한 추정치는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하며 부호도 사전적 예상과 일치하였다. 따라서 설문조사가 제대로 수행되었으며, 응답자들은 제2 쇄빙연구선 건조사업과 관련하여 의미있는 답변을 하였다고 판단된다.

제2 쇄빙연구선 건조사업에 대한 속성별 MWTP 추정치는 모두 유의수준 1%에서 통계적으로 유의했다. 쇄빙연구선 규모와 관련하여 12,000톤급이 타 규모에 비해 2,609억원의 가치를 추가적으로 가지는 것으로 평가되었으며, 제2 쇄빙연구선을 통해 수행할 수 있는 연구 분야에 많은 가치를 부여하였다. 또한 1년 중 1개월 정도 외부 연구기관에서 쇄빙연구선을 활용할 경우 추가적으로

562억원의 가치가 증가하는 것으로 나타났다. 응답자들은 제2 쇄빙연구선을 이용하여 창출되는 성과로서 지적재산권에 대해 건당 약 14억원의 과학기술적 가치를 가지는 것으로 평가하였으며, 논문성과에 대해서는 300편 이상이면 3,207억원의 과학기술적 가치가 창출되는 것으로 평가했다. 이렇게 추정된 결과를 통하여 다양한 수준들로 조합된 가상의 대안에 대한 과학기술적 편익을 산정할 수 있었다.

본 연구결과는 북극에 대한 연구수요가 증가되는 시점에서 막대한 비용이 소요되는 제2 쇄빙연구선 건조사업의 경제적 타당성 평가를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 다만 이를 위해서는 세 가지 추가적인 작업이 필요하다. 첫째, 본 연구에서는 과학기술적 편익을 추정함에 있어서 제2 쇄빙연구선을 1년에 12개월, 향후 25년 동안 운항하는 것으로 가정한 후 응답자의 설문응답 결과를 분석하였다. 하지만 제2 쇄빙연구선의 활용방식에 따른 시나리오 구성 시 1년 12개월이 아닌 실제 운항가능 기간인 1년 8개월을 기준으로 과학기술적 편익을 추정하였다. 따라서 실제 운항가능 기간을 명시적으로 제시한 설문지를 활용하여 조사를 수행한 후 수집된 자료를 이용하여 분석을 보완하는 작업이 필요할 것이다.

둘째, 본 연구에서는 과학기술적 편익만을 추정하였는데 제2 쇄빙연구선 건조사업과 관련된 다른 편익항목이 있을 수 있으므로 이에 대한 추정도 후속작업으로 수행할 필요가 있다. 예를 들어, 과학기술적 편익은 전문가의 견지에서 발생하는 편익이므로 향후 일반 국민들의 입장에서 발생하는 국민자긍심 고취를 위한 편익을 추정하는 것도 제2 쇄빙연구선의 건조와 관련된 정책 수립에 있어 의미있는 시사점을 제공해 줄 수 있다. 기타 편익항목이 더 존재할 수 있다면 각각을 따지고 평가하는 작업을 수행해야 할 것이다.

셋째, 제2 쇄빙연구선 건조사업의 비용을 엄밀하게 추정한 후 이 사업의 총 편익과 비교하는 비용-편익 분석을 수행하여 제2 쇄빙연구선 건조사업의 경제적 타당성에 대해 합리적 결론을 내려야 한다. 제2 쇄빙연구선 건조사업에는 막대한 예산이 필요하며 이 예산은 국민들이 부담하는 세금으로 충당될 것이므



로 경제적 타당성을 충분히 확보해야지만 제2 쇄빙선 건조사업의 추진이 정당  
화될 수 있을 것이다.

---

1차 심사일	2014년 6월 2일
2차 심사일	2014년 6월 30일
계재 확정일	2014년 7월 5일

---

## ■ ■ 참고문헌

---

1. 강원수 · 박용수 · 이영훈. 2013. 「북극항로 개방현황 및 관련 조선 산업 기술동향」. 『KEIT PD 이슈리포트』, 2013-5호, pp.73-84.
2. 김윤옥. 2012. 「북극해 이슈의 최근 동향과 시사점」. 『KIEP 지역경제 포커스』, 제6권 제40호, pp.1-13, 대외경제정책연구원.
3. 미래창조과학부 · 외교부 · 산업통상자원부 · 환경부 · 국토교통부 · 해양수산부 기상청. 2013. 「북극정책 기본계획」, pp.1-7.
4. 송주미. 2012. 「북극항로 이용현황과 러시아의 상업화 정책」. 『계간 해양수산』, 제2권 제3호, pp.106-121, 한국해양수산개발원.
5. 엄선희. 2011. 「북극해에 대한 국제 동향과 우리의 대응 방향」. 『계간 해양수산』, 제2호, pp.232-240, 한국해양수산개발원.
6. 이대식 · 박환일 · 조재훈 · 김정대. 2013. 「북극개발의 기회와 대응」. 『CEO Information』, 제892호, pp.1-22, 삼성경제연구소.
7. 진동민 · 서현교 · 최선웅. 2010. 「북극의 관리체제와 국제기구: 북극이사회 (Arctic Council)를 중심으로」. 『Ocean and Polar Research』, 제32권 제1호, pp.85-95.
8. 한국개발연구원. 2004. 『문화시설의 가치추정 연구』.
9. \_\_\_\_\_. 2008. 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제5판)』.
10. \_\_\_\_\_. 2009. 『대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사 보고서』.
11. 한국과학기술기획평가원. 2011. 『연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판)』, 연구보고서.
12. Adamowicz, W., J. Louviere, and M. Williams. 1994. "Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities." *Journal of Environmental and Economics Management*, Vol. 26, pp.271-292.
13. Carlsson, F., P. Frykblom, and C. Liljenstolpe. 2003. "Valuing wetland attributes: an application of choice experiments." *Ecological Economics*, Vol. 47, pp.95 - 103

14. Elrod, T., J. J. Louviere, and K. S. Davey. 1992. "An Empirical Comparison of Ratings-Based and Choice-Based Conjoint Models." *Journal of Marketing Research*, Vol. 29, Issue 3, pp.368-377.
15. Gracia, A., M. L. Loureiro, and R. M. Nayga Jr. 2009. "Consumers' valuation of nutritional information: A choice experiment study." *Food Quality and Preference*, Vol. 20, pp.463 - 471.
16. Greene, W. H. 2000. "Econometric Analysis(4th edition)." London, Prentice Hall International.
17. Hanley, N., R. E. Wright, and W. Adamowicz. 1998. "Using Choice Experiments to Value the Environment." *Environmental and Resource Economics*, Vol. 11, pp.413-428.
18. Horne, P., P. C. Boxall, and W. L. Adamowicz. 2005. "Multiple-use management of forest recreation sites: a spatially explicit choice experiment." *Forest Ecology and Management*, Vol. 207, pp.189 - 199.
19. Ku, S. J. and S. H. Yoo. 2010. "Willingness to pay for renewable energy investment in Korea: A choice experiment study", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, pp.2196-2201.
20. Kwak, S. Y. and S. H. Yoo. 2012. "Consumers' willingness to pay for the 4th generation mobile communications service." *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 79, pp.1312-1318.
21. Kwak, S. Y., S. H. Yoo, and S. J. Kwak. 2010. "Valuing energy-saving measures in residential buildings: a choice experiment study." *Energy Policy*, Vol. 38, pp.673-677.
22. Lim, S. Y., K. M. Lim, and S. H. Yoo. 2014. "External benefits of waste-to-energy in Korea: A choice experiment study." *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Vol. 34, pp.588-595.
23. Lloyd's and Chatham house. 2012. "Arctic Opening: Opportunity and Risk in the high north." Lloyd's report.

24. Louviere, J. J. 1988. "Conjoint Analysis Modeling of Stated Preferences: A Review of Theory, Methods, Recent Developments and External Validity." *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 10, pp.93-119.
25. McFadden, D. 1974. "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior." in P. Zarembka, ed., *Frontiers in Econometrics*, New York, Academic Press. pp.105-142.
26. National Oceanic and Atmospheric Administration. 1994. "Natural Resource Damage Assessments: Proposed Rules." *Federal Register*, Vol. 59, No. 5, pp.1139-1184.
27. Science Daily. 2011. "Why Climate Models Underestimated Arctic Sea Ice Retreat: No Arctic Sea Ice in Summer by End of Century?"  
<http://www.sciencedaily.com/releases/2011/10/111006084040.htm>
28. Stern, S. 1997. "Simulation-based estimation." *Journal of Economic Literature*, Vol. 35, No. 4, pp.2006-2039.
29. U.S. Geological Survey(USGS). 2008. "Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle." USGS Fact Sheet 2008-3049, Washington, EC, p.4
30. Wattage, P., H. Glenn, S. Mardle, T. Van Rensburg, A. Grehan, and N. Foley. 2011. "Economic value of conserving deep-sea corals in Irish waters: A choice experiment study on marine protected areas." *Fisheries Research*, Vol. 107, pp.59 - 67.