

Article

선택실험법을 이용한 심해 유인잠수정 개발사업의  
과학기술적 경제적 편익추정

진세준<sup>1,2</sup> · 임슬예<sup>1</sup> · 박세현<sup>2</sup> · 유승훈<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 에너지환경대학원  
(139-743) 서울 노원구 공릉로 232

<sup>2</sup>한국해양과학기술원 해양정책연구소  
(426-744) 경기도 안산시 상록구 해안로 787

Measuring the Scientific Benefits from the Deep-sea Human-operated Vehicle  
Project: A Choice Experiment Study

Se-Jun Jin<sup>1,2</sup>, Seul-Ye Lim<sup>1</sup>, Se-Hun Park<sup>2</sup>, and Seung-Hoon Yoo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Science and Technology  
Seoul 139-743, Korea

<sup>2</sup>Ocean Policy Institute, KIOST  
Ansan 426-744, Korea

**Abstract :** The Korean government is considering the implementation of a project to develop a deep-sea human-operated vehicle (HOV) to improve the level of deep-sea research. Information on the scientific benefits from the project is urgently needed in order to come to a decision about whether to implement the project. This paper measures the conservation value of developing nine attributes associated with HOV by using the choice experiment (CE). A survey of about 356 experts was undertaken and 132 experts completely responded to the survey. To deal with the CE data from the survey, we employed a multinomial logit 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. Each marginal willingness to pay for each attribute associated with the HOV is statistically significant and provides good information on the scientific values with regard to developing the HOV. The results can be utilized in evaluating and planning several alternatives related to developing the HOV.

**Key words :** deep-sea human-operated vehicle, choice experiment, willingness to pay, multinomial logit model

1. 서 론

전 세계가 네트워크로 연결되어 지구촌 곳곳의 소식을 실시간으로 접할 수 있고 지구를 벗어나 달, 화성 등 우주

로 인간의 영역이 확장되고 있는 현재에도 심해는 여전히 미지의 영역으로 남아 있다. 빛이나 전자기파가 닿지 못하는 바다 속 세상을 그려내기 위해 우리는 음파를 이용하여 제한적으로 들어왔던 것으로, 인간의 접근을 불허하는 심해로의 접근은 심해 유인잠수정의 개발을 통해 비로소 실현되었다고 볼 수 있다. 심해 유인잠수정은 지구를 관찰

\*Corresponding author. E-mail : shyoo@seoultech.ac.kr

하는 현미경에 비유될 수 있으며, 현미경이 도입되기 전까지 눈으로 볼 수 없었던 세상을 볼 수 있게 됨으로써 비약적인 발전을 이룬 생물학이나 의학 분야와 같이 심해 유인잠수정은 그동안 우리가 보지 못하고 접근하지 못했던 세상을 여는 문으로, 그 문을 통해 우리는 심해의, 그리고 지구의 근본에 접근할 수 있게 되었다.

산업의 발달과 육상자원의 고갈 등으로 인해 해양으로의 관심이 집중되며 그 중요성이 점점 증가하면서 해양탐사와 해양개발을 위해 더 깊은 바다 속으로 들어갈 필요성이 증대되었으나 사람의 몸이 직간접적으로 주변의 해수와 접하는 상태의 잠수방법으로는 심해로 영역을 확장하는데 한계를 가지고 있다. 1964년은 잠수정의 역사와 심해연구에 있어 획기적인 변화가 일어난 해로 현대 과학발전과 바다 속 미지세계 개척에 대한 도전정신의 결실로 심해탐사와 수중작업이 가능한 심해 유인잠수정인 미국의 ALVIN이 첫 선을 보였다. 미국 우즈홀해양연구소(WHOI)에서 만들어진 ALVIN은 1명의 조종사와 2명의 과학자 등 총 3명이 탑승할 수 있는 공간을 가지고 있으며, 최장 10시간 동안 최대수심 4,500 m까지 잠수할 수 있는 능력으로 지난 40여 년 동안 4,000회 이상의 잠수를 통해 여러 분야에서 다양한 활동을 수행하였다.

이후 프랑스는 1984년 국립해양개발연구소(IFREMER)를 중심으로 수심 6,000 m까지 잠수하여 과학조사와 수중작업을 수행할 수 있는 심해 유인잠수정 NAUTILUS를 개발하여, 현재까지 1,500회 이상의 잠수를 통해 심해탐사에 많은 업적을 남겼으며, 해저통신케이블 점검, 수중구조물 설치, 침몰선박의 수색 및 환경오염 방지, 다큐멘터리와 영화촬영 같은 다양한 임무를 수행하였다. 러시아는 러시아과학아카데미 해양연구소가 3인승 심해 유인잠수정 MIR-I과 MIR-II를 보유하고 있으며, 1987년 핀란드에서 제작되어 구소련에 인도되었다. 수심 6,000 m까지 잠항할 수 있는 쌍둥이 심해 유인잠수정으로, 이들 잠수정은 두 척을 동시에 운영할 수 있는 연구선에 의해 운영됨으로써 다른 한척이 심해탐사 중 비상사태에 처하더라도 적절히 대처할 수 있는 특징을 가지고 있다. 또한 일본은 심해잠수정 분야에서 다른 선진국들에 비해 후발 주자이지만 일본해양과학기술센터(JAMSTEC)를 중심으로 1960년대부터 잠수정 개발을 시작하여, 1981년 수심 6,500 m에 달하는 심해탐사가 가능한 SHINKAI6500을 개발하였으며, 이는 전 세계 해양의 극히 일부지역을 제외한 대부분의 해양에서 전문적인 과학조사 수행이 가능하다. 중국은 2009년 중국과학부 및 국가해양국에서 차체 기술을 이용하여 JIAOLONG을 제작하여, 2012년 7,062 m 심해탐사에 성공하였고, 이는 전 세계 해양의 99.8%를 탐사할 수 있는 능력을 갖고 있다고 해석할 수 있다. 한편, 인도에서는 6,000 m급 심해 유인잠수정 개발을 추진 중에 있으며, 근

시일안에 심해 유인잠수정 보유국에 포함될 것으로 예상된다. 우리나라는 1986년 수심 250 m까지 잠항 가능한 유인잠수정 해양250을 건조하였지만 현재는 퇴역하였다.

우주를 개발하기 위해 우주선이 필요하듯 심해를 탐사 및 개발하기 위해서는 심해 잠수정이 필요하다. 현재 심해라 할 수 있는 수심 2,000 m 이상 잠항할 수 있는 유인잠수정을 보유하고 있는 나라는 미국, 프랑스, 러시아, 일본, 중국, 5개국이다. 이처럼 해양 선진국들은 기존 보유 장비의 지속적인 운영과 업그레이드를 통해 심해탐사의 독보적인 위치를 계속 유지하려하고 있으며, 신흥국들은 새로운 장비의 도입을 통해 해양과학기술력의 진일보를 시도하고 있다.

육상자원의 고갈로 인해 심해에 존재하는 다양하고 가치가 높은 해양자원에 대한 탐사와 개발의 중요성이 급증하고 있다. 특히, 심해에는 금, 은, 백금 등이 포함된 고부가 가치 광물로 인정받는 열수광상이 존재하는 열수분출공과 망간, 니켈, 코발트, 구리 등이 함유된 망간단괴, 망간각이 있고, 심해저에 서식하는 미지의 생물로부터 추출되는 신물질, 효소, 에너지 등 다양한 자원들이 존재한다. 최근 중국과 인도 등 신흥공업국들의 급속한 경제발전으로 이들 국가들에서의 금속광물자원에 대한 수요는 폭발적으로 증가하고 있고, 이로 인해 금속광물자원 가격이 상승하는 등 수급 불균형이 심화되고 있다(유 등 2010). 최근 미국, 프랑스, 러시아, 일본, 중국 등 주요 선진국 및 신흥국들간의 심해 자원과 해양 영토 선점을 위한 치열한 각축전이 진행되고 있다. 체계적인 심해과학 연구와 자원탐사를 위해서는 관련 정책 수립이 중요하며, 성능이 우수한 잠수정 개발 및 고도화를 통하여 무궁무진한 자원 개발을 조기에 가시화할 수 있다.

이러한 배경 하에서 본 연구의 목적은 심해 유인잠수정 개발에 따른 경제적 가치를 측정하여 정책결정자에게 중요한 정량적 정보를 제공하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 컨조인트 분석(Conjoint analysis)을 적용하여, 심해 유인잠수정 개발로 발생할 수 있는 경제적 가치를 추정하고자 한다. 컨조인트 분석은 상충관계에 놓여있는 응답자의 선호체계 분석에 중점을 두고 있는 지불의사액(Willingness to pay, WTP) 유도방법으로서 가치평가 대상의 다양한 속성과 응답자의 WTP 사이의 상충관계를 종합적으로 고려할 수 있다(Mackenzie 1993; Adamowicz et al. 1994; 콕 등 2006).

본 논문 이후 구성은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 본 연구에서 사용한 컨조인트 분석에 대해 서술하고, 실증연구 절차와 방법론적 기준들을 다룬다. 3절에서는 심해 유인잠수정의 경제적 가치를 추정하기 위한 구체적인 계량경제적 모형에 대하여 설명하고, 분석결과 및 이에 대한 설명은 4절에 제시하였다. 마지막 절은 결론으로 할애한다.

## 2. 연구방법론

비시장재의 경제적 편익 측정방법으로 가장 널리 사용되고 있는 조건부 가치측정법은 일반적으로 대상 재화의 속성들의 1회적인 변화에 해당하는 WTP만을 추정 가능하다. 이에 비해 컨조인트 분석은 다양한 속성 수준의 조합으로 구성된 다수의 대안에 대한 소비자의 상대적인 선호를 표식계 함으로써 소비자의 총체적인 선호구조를 추출해내어 다양한 속성의 변화에 대한 WTP를 추정해 낼 수 있다는 장점을 가지고 있다(곽 등 2006). 심해 유인잠수정 개발은 다양한 속성으로 구성될 수 있기 때문에 조건부 가치측정법보다는 컨조인트 분석법의 적용이 적절하다.

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 다양한 분야에서 적용사례가 증가하고 있다. 대부분의 연구자들은 컨조인트 분석의 적용결과에 대해 긍정적인 평가를 내리고 있다(Adamowicz et al. 1998; Diener et al. 1998; Hanley et al. 1998; Morrison et al. 2002; 유 등 2003; 곽 등 2006). 국내를 대상으로 한 몇 가지 적용사례를 살펴보면, 컨조인트 분석을 이용한 한강하구의 가치추정(곽 등 2006), 주거용 건물에서의 에너지절약시설 투자의 경제적 가치 평가(Kwak et al. 2010), 신재생에너지 기술개발사업의 경제적 편익 추정(Ku and Yoo 2010), 제4세대 이동통신기술에 대한 투자의 경제적 가치 추정(Kwak and Yoo 2012), 폐기물 에너지화 기술개발사업의 외부편익 추정(Lim et al. 2014) 등에서 컨조인트 분석이 적용된 것을 알 수 있다.

### 속성 및 수준선정

컨조인트 분석은 임의의 재화에 대한 속성수준별 한계 지불의사액을 유도해 내는 방법론으로서, 특정 속성들의 결합으로 이루어졌다고 가정하여, 각 속성들의 조합으로부터 재화를 나타내는 가상의 대안집합을 구성한다. 구성된 대안집합으로 설문문을 통해 각 대안에 대한 응답자의 선호자료를 얻고, 그로부터 얻어진 응답자의 선호자료는 다항로짓모형(Multinomial logit model)을 이용하여 각 속성별 경제적 가치를 추정하는데 활용한다.

심해 유인잠수정 개발사업의 과학기술적 경제적 가치를 추정하기 위하여 심해 유인잠수정을 설명하는 속성 및 속성들의 수준 정립이 필요하다. 특히, 심해 유인잠수정 개발사업은 다양한 특성을 가지므로, 이러한 특성을 반영할 수 있는 적절한 속성의 선정 및 측정 가능한 개념의 속성을 정의하는 것이 중요하다. 일반적으로 심해 유인잠수정은 해양환경·생태계·지구과학 조사, 해양자원 탐사, 해양

플랜트 분야 활용연구, 군사·구난 분야 등과 같이 여러 분야의 해양연구를 효율적으로 수행할 수 있도록 하고 있다. 현재 심해 6,000 m 이상의 유인잠수정을 보유한 국가는 미국, 러시아, 프랑스, 일본, 중국, 5개국으로 해양영토 및 자원 선점에 한 발 나아가 있는 실정이다.

심해에 대한 관심과 연구의 수요가 확대되고, 해양영토 및 자원 선점을 위한 심해 유인잠수정 개발사업은 불가결한 요소임에 틀림없다. 심해 유인잠수정 개발사업으로 한국산 심해 유인잠수정은 수심 6,500 m의 650기압 이상의 심해에서 우리나라의 해양 정책 비전을 달성하고 심해 연구역량 강화를 꾀할 수 있다. 구체적으로 해양관측 및 컴퓨터 시뮬레이션 모델링, 지구환경변화(태풍, 해저지진, 지진해일, 화산분출, 지각판 운동 등) 연구에 필요한 기초 자료 수집, 심해에 다양하게 존재하는 높은 가치의 해양자원(망간단괴를 비롯한 희소금속, 심해저 광물자원 등)에 대한 탐사와 개발을 수행할 수 있다. 또한 해양플랜트 분야 활용연구 및 유사시 군사·구난 분야에서 활용될 수 있다. 특히, 2014년 3월에 발생한 말레이시아항공 여객기 실종사건과 2014년 4월에 발생한 진도 세월호 여객선 침몰 사건 등에서의 같이 수색 및 구난·구조에서 그 필요성이 대두되었다.

분석대상 재화에 대해 고려하는 속성의 개수가 작아지면 응답자의 인식상의 부담은 경감되지만 얻게 되는 정보가 부족하며, 속성의 개수가 많아지면 얻게 되는 정보는 많아지지만 응답자의 인식상의 부담은 커지는 상충관계(trade-off)에 놓여 있기 때문에 속성에 대한 적절한 수준의 타협이 요구된다. 의미있고 신뢰성 있는 경제적 가치를 도출하기 위해서는 다양한 속성 중에서 실제적으로도 중요하고 응답자에게도 중요할 수 있는 속성을 선정하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 광범위한 문헌조사 수행과 해당 분야의 전문가 협의 등을 통하여 총 9가지 속성과 속성수준을 결정하였다.

한국개발연구원의 대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사 (2009) 보고서에서 제시된 편익의 구성요소, 사업비용 등을 참고하여 심해 유인잠수정 개발사업의 각 속성과 수준을 결정하였다. 전문가 조사를 통해 각 속성이 기대할 수 있는 최고수준과 최저수준을 식별하였고, 이를 바탕으로 개별 속성의 나머지 수준을 고려하였다. 속성변수와 개별 속성변수의 평가 단위를 결정하고, 조건부 선택법 질문에 대한 응답자의 의미있고 정확한 판단을 위하여 수행연구에 대해서는 그 수준을 2개로 하였고, 심해 유인잠수정의 규모 및 비용 속성변수 등에 대해서는 그 수준을 2~4개의 속성으로 지정하였다.

심해 유인잠수정 개발사업으로 개발되는 심해 유인잠수정의 규모 속성으로는 6,500 m급 미만, 6,500 m급을 고려하였고, 심해 유인잠수정을 이용한 수행 연구분야는 해양

**Table 1. Attributes and levels of development of deep-sea human operated vehicle project**

Attributes	Descriptions	Levels
Scale of HOV	It is the scale of HOV.	- Under 6,500 m - 6,500 m
Performing Research	It is the additional parts to research using HOV. (1) Marine environment · Ecology · Earth science  (2) Marine resources exploration  (3) Study in marine plant sector utilization  (4) Military · Rescue sector utilization	- Perform - Not perform  - Perform - Not perform  - Perform - Not perform  - Utilize - Not utilize
Plan to HOV Utilization of External Institutions	Period using HOV in 1 years can be utilized by external research institutions, university and etc, except institution taking ownership	- 0 month - 2 months - 4 months - 6 months
Research Performance from HOV Use	It means that research performance per year as scientists study using HOV. (1) Performance in Paper How many journal paper (Domestic + International) can be published per year? (2) Performance in Patent Right How many patent right can be issued per year?	- 100 papers - 200 papers - 300 papers  - 20 patents - 40 patents - 70 patents
HOV Business Expense	Sum of HOV development cost and operating expense after development in 25 years	- 250 billion won - 300 billion won - 350 billion won

환경·생태계·지구과학 조사, 해양자원 탐사, 해양플랜트 분야 활용연구, 군사·구난분야 활용의 총 4가지 연구를 고려하였다. 심해 유인잠수정이 건조된다면, 귀속된 특정 기관 외에 다른 연구기관이나 대학 등 1년 중 독자적으로 활용할 수 있는 기간은 최소 0개월부터 최대 6개월까지로 제시하였고, 심해 유인잠수정을 활용하여 과학연구를 수행할 때 1년당 발생한 연구성과로 논문 성과와 지적재산권 성과를 각각 기대할 수 있다. 논문 성과의 경우 매년 발생하는 논문(국내 + 국외) 발표 성과를 100편, 200편, 300편으로 구분하였고, 지적재산권 성과는 매년 발생하는 국내외 특허출원(등록) 성과를 20건, 40건, 70건으로 설정하여 제시하였다. 심해 유인잠수정의 개발 비용과 개발 이후 25년 동안 운영에 소요되는 비용은 3개로 설정하며, 각각 2,500억 원, 3,000억 원, 3,500억 원으로 제시하였다.

최종 선택된 속성은 Table 1과 같으며, 실제로 본 연구에서 진행한 설문조사에서도 Table 1을 응답자에게 제시하여 설문하였다.

### 선택대안집합 설계와 구성

심해 유인잠수정 개발사업의 과학기술적 경제적 가치 추정을 위해 적용되는 조건부 선택법은 필수적으로 자료 생성과정(data generating process)을 거치는 구조화된 방법이다. 주의 깊게 고안된 실험계획법(experimental design)에 의존하여 여러 속성변수 및 수준들로 구성된 심해 유인잠수정 대안들이 응답자의 선택확률에 영향을 주도록 선택대안집합(choice sets)을 설계하였다. 즉, 컨조인트 분석은 다른 대안에 의해 변함이 없는 모수 추정치를 얻기 위해 선택대안집합들을 유도하는 데 있어 통계적인 설계 이론을 사용한다.

제시된 여러 대안 중에서 응답자들이 한 개의 대안을 선택하는 행위로부터 개별 속성변수들의 수준변화에 따른 가격효과들을 분리해내기 위해 개별 속성간의 직교성(orthogonality)을 보장해주는 주효과 직교설계(orthogonal main effects design) 방법을 이용한다<sup>1)</sup>. 이러한 직교설계 방법은 실제분석에서 속성간의 높은 상관관계가 문제가 되는 것으로 알려진 현시선호 확률효용모형의 단점을 개

<sup>1)</sup>직교설계는 한 모수의 추정치가 다른 요인들에 의해 서로 교란되지 않고 독립성을 유지되도록 하는 선택대안을 구성하기 위해서 사용되는 통계적인 설계이다.

Option 1		Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	Alternative 4	Do not build
Scale of HOV(m)		6,500	under 6,500	under 6,500	6,500	0
Performing Research	Marine environment · Ecology · Earth science	X	X	O	O	X
	Marine resources exploration	O	O	O	O	X
	Study in marine plant sector utilization	X	X	X	X	X
	Military · Rescue sector utilization	X	X	O	X	X
Days of HOV Utilization of External Institutions		6 months	4 months	0 month	4 months	0
Research Performance from HOV Use	Performance in Paper every year	100 papers	200 papers	100 papers	300 papers	0
	Performance in Patent Right every year	20 patents	40 patents	40 patents	70 patents	0
Business Expense (Development cost + Operation expense for 25 years)		250 billion won	250 billion won	350 billion won	300 billion won	0

Please select one alternative and check V mark.                    ( )                    ( )                    ( )                    ( )                    ( )

Fig. 1. An example of a set of alternatives

선하여 준다(Hanley et al. 1998). 본 연구에서는 9개의 속성변수들과 개별 속성 변수에 대해 각각 2~4개의 수준이 존재한다. 키포인트 분석의 설문지 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 심해 유인잠수정을 개발 하지 않는 경우 한 가지 등 총 5개의 대안으로 구성된 선택대안집합을 제시한다.

다만 선택대안집합을 구성하는 데 있어서 너무나도 많은 경우가 수가 존재하는 문제가 발생한다<sup>2)</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 통계 패키지에서 제공하는 주효과 직교설계를 수행하였다<sup>3)</sup>. SPSS를 활용한 주효과 직교설계로부터 32개의 선택대안이 도출되었으며 4개씩 쌍을 짓고 여기에다 현재 상태를 포함하여 5개가 하나의 선택대안집합이 되도록 구성하였다. 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. Fig. 1은 실제 설문조사에서 사용된 선택대안집합 한 개를 예시한 것이다.

**표본설계와 설문조사방법**

본 연구에서는 심해 유인잠수정 개발사업의 과학기술적 경제적 가치를 추정하고자, 연구계, 학계, 교육계, 관련 기업체 종사자 등 총 356명의 전문가를 대상으로 2014년 3월에 전문조사업체에 의뢰하여 설문을 시행하였다. 설문조사<sup>4)</sup>는 이메일로 설문지사를 타진한 후 동의하면 설문시작하기를 눌러 웹에 접속하여 마우스로 클릭하면서 넘어가는 방식으로 수행되었다. 총 132명이 설문조사에 응답하였다. 132명의 응답자에 대한 구성은 연구계 49명, 학계 43명, 기업체 종사자 40명으로 나타났다. 다만, 마지막 질문의 경우 피로도가 있는 상태에서 응답했을 가능성이 크기에 8번째 응답은 분석에 반영하지 않았다. 따라서 8번째 응답을 제외한 자료 즉, 1인당 7개의 선택집합에서

<sup>2)</sup>가속속성의 경우 원래 속성수준의 개수가 4개이지만 0원을 제외한 3개에 대해서만 직교설계를 한다.  
<sup>3)</sup>그러나 속성들간에 심각한 상호작용(interactions)이 존재한다면, 주효과 직교설계를 사용하여 얻어진 결과들은 편의(bias)될 수 있다. 이 경우 그러한 상호작용들을 효용함수(strictly additive equation)보다는 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 불 때 설명력이 크게 떨어진다(Elrod et al. 1992).  
<sup>4)</sup>이메일을 통한 인터넷 설문조사는 면대면(Face to Face) 설문조사보다 시간과 비용을 절약할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그리고 본 설문조사는 전문가 집단을 대상으로 시행한 설문조사이므로 용어 및 사업에 대한 부연설명의 제약이 줄어든다. 다만, 면대면 설문조사보다 응답률이 적고, 응답에 대한 성실도가 떨어지는 단점은 가지고 있다.

하나씩 골라 고른 924(=132×8)개의 자료를 분석 대상으로 하였고, 일부 항목에 대한 무응답 등 신뢰도가 떨어지는 자료 일부를 제외한 총 846개의 자료를 대상으로 분석을 수행하였다.

### 3. 컨조인트 분석 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, A라는 대안을 선택할 확률 대 B라는 대안을 선택할 확률의 비율은 다른 C라는 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. 이 때, 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  $Y_{ij} = \mathbf{1}$  ( $i$ 번째 응답자가  $j$ 번째 대안을 선택)로 정의된다. 여기서  $\mathbf{1}(\cdot)$ 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(Stern 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 Table 1에 정의되어 있는 변수를 축약하여 나타낸 것이다. 또한  $\beta$ 는 응답자의 효용에 영향을 미치는 개별 속성들에 대한 계수로 추정되어야 할 모수이다. 식 (5)를 식 (3)에 대입한 후, 다시 이 식을 식 (4)에 대입하여 최우추정법을 적용하면  $\beta$ 에 대한 일치추정치들을 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.

$$MWTP_{Z_1} = dZ_0/dZ_1 = -\beta_1/\beta_9 \quad (6)$$

$$MWTP_{Z_2} = dZ_0/dZ_2 = -\beta_2/\beta_9$$

.....

$$MWTP_{Z_8} = dZ_0/dZ_8 = -\beta_8/\beta_9$$

### 4. 분석 결과

#### 추정결과

컨조인트 분석 모형을 적용하는 데 있어서 Table 2에 제시된 바와 같이 변수를 정의하였다. 원래 심해 유인잠수정 규모와 논문 성과는 연속변수였지만 통계적 유의도 확

Table 2. Used in model estimation and variable input method

Variables	Input method
Scale of HOV	6,500 m is reflected of the dummy variables.
Marine environment · Ecology · Earth science	Performing this research is reflected of the dummy variables.
Marine resources exploration	Performing this research is reflected of the dummy variables.
Study in marine plant sector utilization	Performing this research is reflected of the dummy variables.
Military · Rescue sector utilization	Performing this research is reflected of the dummy variables.
External Utilization of HOV (unit: month)	Period using HOV in 1 years can be utilized by external research institutions, university and etc, except institution taking ownership is reflected of the continuous variables.
Performance in Paper from HOV use	Papers (Domestic + International) can be annually published over 100 is reflected of the dummy variables.
Performance in Patent Right from HOV use	Patent right (Domestic + International) can be annually issued over 20 is reflected of the dummy variables.
HOV Business Expense	Sum of HOV development cost and operating expense after development in 25 years is reflected of the continuous variables.

Table 3. Estimation results of the models

Variables	Estimates	t-value	p-value
Scale of HOV	0.6367	6.64	0.000
Marine environment · Ecology · Earth science	1.1472	11.28	0.000
Marine resources exploration	0.5640	5.36	0.000
Study in marine plant sector utilization	0.8454	6.74	0.000
Military · Rescue sector utilization	0.2080	2.39	0.017
External Utilization of HOV (unit: month)	0.0533	2.51	0.012
Performance in Paper	0.2799	2.64	0.008
Performance in Patent Right (unit: patent)	0.2593	2.22	0.026
HOV Business Expense (unit: 100 million won)	-0.5461	-7.12	0.000
Observation		846	
Log-likelihood		-1,135.65	

보를 위해 더미변수로 변환하여 추정하였다.<sup>5)</sup>

본 연구에서는 다항로짓모형을 통해 식 (5)의 모수를 추정하였으며, 추정결과는 Table 3에 제시하였다. Wald-통계량에 근거하여 판단할 때, 모든 추정계수가 0이라는 귀무가설은 유의수준 1%에서 기각되어 추정된 방정식은 통계적으로 유의하다. 아울러 투정부정계수의 부호도 사전적인 예상과 정확하게 일치하였다. 예를 들어 사업추진 비용 향을 제외한 모든 항에 대한 추정계수는 양(+)의 부호를 갖는데 이것은 이 속성들의 수준이 증가할수록 응답자의 효용이 증가함을 의미한다. 반면 사업추진 비용 향에 대한 계수가 음(-)의 부호를 갖는 것은 비용수준의 증가가 응답자의 효용을 감소시킨다는 것을 의미한다.

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 연구 결과를 정책적으로 해석하고 활용하는 데 있어서 충분한 타당성을 제공한다.

**속성별 한계지불의사액 추정결과**

Table 3의 추정결과와 식 (6)을 이용하여 한 단위 추가적으로 개선하는 것에 대한 과학기술적 가치의 증가분을 의미하는 개별속성에 대한 MWTP를 추정한다. 개별속성에 대한 MWTP 추정치의 t-값은 델타법(delta method)을

<sup>5)</sup>한국개발연구원의 대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사 (2009)에서도 마찬가지로 통계적 유의도 확보를 위해 연속변수를 더미변수화하여 추정한 바 있다.

Table 4. Estimation results MWTP of attributes

Variables	MWTP (million won)	t-value	p-value
Scale of HOV	116,597	6.39	0.000
Marine environment·Ecology·Earth science	210,081	7.36	0.000
Marine resources exploration	103,272	4.58	0.000
Study in marine plant sector utilization	154,813	6.45	0.000
Military·Rescue sector utilization	38,088	2.29	0.022
External Utilization of HOV (unit: month)	9,757	2.83	0.005
Performance in Paper	51,256	2.91	0.004
Performance in Patent Right (unit: patent)	47,483	2.50	0.013

이용하여 추정하였다(Greene 2000). 추정된 t-값으로 판단 하건대, 모든 속성에 대한 MWTP 값들은 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 개별속성에 대한 MWTP는 Table 4에 제시되어 있다.

응답자들은 심해 유인잠수정 규모로서 6,500 m급이 6,500 m급 미만에 비해 추가적으로 1,166억 원의 가치를 가지는 것으로 평가하였다. 추정결과와 같이, 6,500 m급 미만의 규모보다 6,500 m급의 심해 유인잠수정 규모에 높은 가치를 부여했다는 사실은 심해 유인잠수정에 대한 전문가들의 요구가 크고, 6,500 m급이라는 심해 유인잠수정 규모의 적절성을 보여준다고 판단된다.

심해 유인잠수정 개발 사업으로 개발되는 심해 유인잠수정을 통해 수행 가능한 추가적인 4가지 연구들이 높은 가치를 가지는 것으로 평가하였다. 추정된 WTP를 실제 수행 연구의 경제적 가치라고 해석하기에는 무리가 있을 수 있다. 왜냐하면 설문조사 응답자의 상당수가 심해 유인잠수정과 관련하여 연구를 수행하는 과학자의 관점에서 연구의 과학기술적 가치를 평가한 것이라 볼 수 있기 때문이다. 따라서 추정된 WTP는 심해 유인잠수정의 수행 가능한 연구에 대한 응답자들의 선호를 반영하는 것이라고 해석할 수 있으며, 이러한 점에서 응답자들은 해양환경·생태계·지구과학 조사에 대해 가장 큰 가치를 부여하고 다음으로 해양플랜트 분야 활용연구를 중요하게 평가하였다.

심해 유인잠수정의 외부 활용과 관련하여, 심해 유인잠수정이 귀속된 특정기관 외의 외부 연구기관 등이 독자적으로 활용되는 기간이 길수록 그 가치가 증가하는 것으로 평가하였다. 1년 중 1개월 정도의 외부활용이 될 경우 심해 유인잠수정의 가치가 추가적으로 98억 원만큼 증가하는 것으로 나타났다.

대체적으로 설문조사 응답자들은 연구성과 자체보다는 심해 유인잠수정을 이용하여 수행 가능한 연구에 더 큰 가치를 부여하는 것으로 보인다. 연구성과 중 논문성공에 대해서는 100편을 초과하면 513억 원의 과학기술적 경제적 가치가 창출되는 것으로 평가하였으며, 지적재산권에 대해서는 건당 475억 원정도의 과학기술적 경제적 가치가 창출되는 것으로 평가하였다.

결론적으로 본 추정결과로부터 응답자들은 6,500 m급 규모의 심해 유인잠수정 개발에 대한 선호가 존재하며, 심해 유인잠수정을 이용하여 수행할 수 있는 연구에 높은 가치를 부여하고 있다. 그리고 심해 유인잠수정이 특정 기관에 귀속되기보다는 어느 정도 이상의 기간 동안에는 다양한 외부 연구기관과 학계의 독립적인 연구수행에 활용되는 것에 높은 가치를 부여한다는 점을 확인되었다.

#### 컨조인트 분석 결과의 해석

과학기술적 경제적 가치는 심해 유인잠수정의 활용방식에 큰 영향을 받을 수 있으므로 몇 가지 시나리오를 구성

Table 5. Three different scenarios analysis

Variables	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Scale of HOV	6,500 m	6,500 m	6,500 m
Marine environment·Ecology·Earth science	2 months	2 months	1.5 months
Marine resources exploration	2 months	1 month	1 month
Study in marine plant sector utilization	2 months	1 month	1 month
Military·Rescue sector utilization	2 months	1 month	1.5 months
External Utilization of HOV (unit: month)	0 month	3 months	6 months
Performance in Paper	100 papers	100 papers	100 papers
Performance in Patent Right (unit: patent)	20 patents	20 patents	20 patents

Table 6. Scientific Economic Values for Each Scenario

(unit: million won)

Variables	Level	MWTP	Factor	Scientific economic values
<b>Scenario 1</b>				
Scale of HOV	6,500 m	116,597	1	116,597
Marine environment · Ecology · Earth science	2 months	210,081	2/12	35,013
Marine resources exploration	2 months	103,272	2/12	17,212
Study in marine plant sector utilization	2 months	154,813	2/12	25,802
Military · Rescue sector utilization	2 months	38,088	2/12	6,348
External Utilization of HOV (unit: month)	0 month	9,757	0	0
Performance in Paper	100 papers	51,256	1	51,256
Performance in Patent Right (unit: patent)	20 patents	47,483	1	47,483
Total				299,711
<b>Scenario 2</b>				
Scale of HOV	6,500 m	116,597	1	116,597
Marine environment · Ecology · Earth science	2 months	210,081	2/12	35,013
Marine resources exploration	1 month	103,272	1/12	8,606
Study in marine plant sector utilization	1 month	154,813	1/12	12,901
Military · Rescue sector utilization	1 month	38,088	1/12	3,174
External Utilization of HOV (unit: month)	3 month	9,757	3/12	2,439
Performance in Paper	100 papers	51,256	1	51,256
Performance in Patent Right (unit: patent)	20 patents	47,483	1	47,483
Total				277,469
<b>Scenario 3</b>				
Scale of HOV	6,500 m	116,597	1	116,597
Marine environment · Ecology · Earth science	1.5 months	210,081	1.5/12	26,260
Marine resources exploration	1 month	103,272	1/12	8,606
Study in marine plant sector utilization	1 month	154,813	1/12	12,901
Military · Rescue sector utilization	1.5 months	38,088	1.5/12	4,761
External Utilization of HOV (unit: month)	6 months	9,757	6/12	4,879
Performance in Paper	100 papers	51,256	1	51,256
Performance in Patent Right (unit: patent)	20 patents	47,483	1	47,483
Total				272,742

하여 과학기술적 경제적 가치를 추정할 필요가 있다. 따라서 몇 가지 시나리오를 구성한 후 각 시나리오별로 과학 기술적 경제적 가치의 크기를 추정한다. 본 연구에서는 Table 5와 같이 가상적인 임의의 3가지 시나리오를 구성한다.

심해 유인잠수정의 규모는 6,500 m급으로 고정시켜 놓는다. 심해 유인잠수정은 1년, 즉 12개월 중 2/3에 해당하

는 8개월 동안 가동된다고 가정한다. 이 8개월을 가지고 외부에서 활용할 수도 있으며 외부 활용기간을 제외하고 남은 기간 동안 4개 영역의 연구를 수행하는 것으로 가정한다. 논문성과는 100편을 달성한다고 보고, 지적재산권은 20건으로 고정시켜 놓고 분석한다. Table 4에 제시된 과학기술적 가치를 추정하는 데 있어서 4개 영역의 연구 수행에 따른 편익은 심해 유인잠수정을 1년 내내 해당 연

<sup>6)</sup>해운법시행규칙 제5조: 법 제5조제1항제5호에 따른 해상여객운송사업의 여객선 선령(船齡) 기준은 20년 이하로 하나, 본 사업의 특수성과 자재의 부식정도를 고려하여 잠수정의 활용기간을 25년으로 설정하였으며, 대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사(한국개발연구원 2009)에서도 25년을 활용기간으로 설정하여 이를 준용하였다.

Table 7. Annual estimation results of scientific economic values

(unit: million won)

Years	Scientific economic values					
	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	Values	Present values	Values	Present values	Values	Present values
2022	11,988	7,018	11,099	6,498	10,910	6,387
2023	11,988	6,653	11,099	6,159	10,910	6,054
2024	11,988	6,306	11,099	5,838	10,910	5,738
2025	11,988	5,977	11,099	5,533	10,910	5,439
2026	11,988	5,665	11,099	5,245	10,910	5,156
2027	11,988	5,370	11,099	4,972	10,910	4,887
2028	11,988	5,090	11,099	4,712	10,910	4,632
2029	11,988	4,825	11,099	4,467	10,910	4,391
2030	11,988	4,573	11,099	4,234	10,910	4,162
2031	11,988	4,335	11,099	4,013	10,910	3,945
2032	11,988	4,109	11,099	3,804	10,910	3,739
2033	11,988	3,895	11,099	3,606	10,910	3,544
2034	11,988	3,692	11,099	3,418	10,910	3,359
2035	11,988	3,499	11,099	3,239	10,910	3,184
2036	11,988	3,317	11,099	3,071	10,910	3,018
2037	11,988	3,144	11,099	2,910	10,910	2,861
2038	11,988	2,980	11,099	2,759	10,910	2,712
2039	11,988	2,825	11,099	2,615	10,910	2,570
2040	11,988	2,677	11,099	2,479	10,910	2,436
2041	11,988	2,538	11,099	2,349	10,910	2,309
2042	11,988	2,405	11,099	2,227	10,910	2,189
2043	11,988	2,280	11,099	2,111	10,910	2,075
2044	11,988	2,161	11,099	2,001	10,910	1,967
2045	11,988	2,048	11,099	1,896	10,910	1,864
2046	11,988	1,942	11,099	1,798	10,910	1,767
Total	299,711	99,322	277,469	91,952	272,742	90,385

구를 위해서만 25년간 활용된다는 가정<sup>6)</sup>에 기반하여 도출된 것이므로 연간 활용기간을 감안하여 과학기술적 편익을 평가해야 한다. 즉 Table 4 및 Table 5를 활용하여 시나리오 1, 시나리오 2, 시나리오 3에 대해 과학기술적 편익을 산정한 결과는 Table 6에 제시되어 있다.

한편 심해 유인잠수정 개발사업에 따른 과학기술적 경제적 가치를 2022년부터 2046년까지 25년간 배분하기 위해서는 산정된 값을 25로 나뉘 매년 동일하게 배분한다. 이렇게 추정된 시나리오별 연간 과학기술적 경제적 가치는 Table 7에 제시되어 있다. 심해 유인잠수정 개발사업에 대한 과학기술적 경제적 가치를 추정된 결과 시나리오 1, 시나리오 2, 시나리오 3에 대한 총 편익은 각각 299,711백만 원, 277,469백만 원, 272,742백만 원으로 추정되었다. 한편 2013년말을 기준으로 한국개발연구원 (2008)의 예비

타당성조사 일반지침 제5판에 근거하여 5.5%의 할인율을 적용한 3가지 시나리오별 총 경제적 가치의 현재가치를 구하면 각각 99,322백만 원, 91,952백만 원, 90,385백만 원으로 도출된다. 이상의 정보를 이용하면 심해 유인잠수정 개발사업의 수행에 따른 과학기술적 경제적 가치를 추정할 수 있다.

## 5. 결 론

인간의 미지에 대한 궁금증은 점점 증폭되어 달, 화성 등 우주로의 영역 확장을 이루었고, 지구의 마지막 미지 세계인 심해에 눈을 돌리기 시작하였다. 21세기는 해양의 시대라고 인구에 회자되듯, 많은 나라들이 생물자원, 광물 자원, 에너지 자원 등을 얻기 위해 해양 개발에 박차를 가

하고 있다. 우주를 개발하기 위해 우주선이 필요하듯 심해를 개발하기 위해서는 심해 잠수정이 필요하다. 이에 본 연구는 과학기술 및 해양 강국인 미국, 러시아, 프랑스, 일본, 중국에 이어 우리나라가 세계 6번째로 심해 유인잠수정 개발을 위해 시작되었다. 우리나라는 전술한 바와 같이 해양강국인 러시아, 일본, 중국에 둘러 싸여있다. 역사가 말해주듯이 해양력을 가진 국가가 세계를 지배 해왔다. 우리나라의 주변 지리적 상황을 볼 때, 바다에서 힘을 기르지 않으면 우리의 미래는 불안할 수 밖에 없다. 그동안 심해에 대한 연구와 투자를 꾸준히 지속해온 외국에 비해 우리나라는 3면이 바다인 여건에도 불구하고 심해 연구는 초기 단계에 머물러 있다(최 등 2006).

심해 유인잠수정의 개발은 해양영토 확장, 해양환경·생태계·지구과학 조사, 해양자원 탐사, 해양플랜트분야 활용연구, 군사·구난 활용 분야 등에 필요 불가결한 기초 필수 장비이다. 우리나라는 세계에서 4번째로 6,000 m급 심해 무인잠수정 해미래를 개발하였으나, 아쉽게도 심해 유인잠수정은 보유하지 못했다. 우리나라를 비롯하여 프랑스, 일본, 중국, 독일, 러시아, 인도 등은 이미 국제해저기구(ISA)로부터 북동태평양 및 인도양에 망간단괴 채광을 위한 단독개발광구를 확보하였다(김 2007). 산업화에 따른 급속한 경제성장으로 육상 광물자원이 감소하면서 세계시장에서 금속 가격이 치솟고 있으므로, 향후 자원부족에 대비하기 위한 유비무환의 대책을 마련한 것이다. 자원에 대한 중요성은 점점 확대되고 있으며, 심해 자원 선점을 위한 심해 유인잠수정 필요성도 비례적으로 증대되고 있다. 이러한 배경 하에서 본 연구는 컨조인트 분석을 통하여 심해 유인잠수정의 과학기술적 경제적 가치를 추정하였다. 컨조인트 분석법을 적용하여 설문조사와 추정결과를 통해 심해 유인잠수정의 개발 필요성에 대한 정량적인 수치를 도출하였다.

설문조사 대상은 학계, 연구계, 교육계, 관련 기업 종사자 등의 향후 심해 유인잠수정 개발 후 활용 가능성이 있는 전문가들로 구성하였다. 총 356명의 설문대상자 중 132명으로부터 응답자료를 수집하였으며, 다항로짓모형을 적용하여 추정계수 및 분석결과를 도출하였다. 분석결과 추정계수는 통계적으로 모두 유의하였으며, 부호도 사전적 예상과 일치하여 설문조사가 제대로 수행되었다고 판단되며, 심해 유인잠수정의 과학기술적 경제적 가치에 대한 추정작업은 유의미한 연구라 볼 수 있다.

컨조인트 분석을 적용하여 추정한 심해 유인잠수정의 속성별 MWTP 추정치들도 모두 통계적으로 유의했다. 심해 유인잠수정 규모와 관련하여 6,500 m급이 6,500 m급 미만에 비해 1,166억 원의 가치를 추가적으로 가지는 것으로 평가 되었으며, 심해 유인잠수정 개발로 인해 수행할 수 있는 연구 분야에 높은 가치를 부여하였다. 또한 심해

유인잠수정이 외부 연구기관 및 대학 등에 1년 중 1개월 정도 활용될 경우, 추가적으로 98억 원 만큼 증가하는 것으로 평가되었다. 연구 성과와 관련하여서는 논문 성과에 대해서는 100편 이상에 대해서 513억 원의 과학기술적 경제적 가치가 창출되는 것으로 평가되었고, 지적재산권 성과에 대해서는 건당 475억 원 정도의 과학기술적 경제적 가치가 창출되는 것으로 평가되었다.

이처럼 속성 별로 평가된 심해 유인잠수정의 과학기술적 경제적 가치는 심해 유인잠수정 개발 사업에 대한 경제적 타당성 평가의 기초 근거 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 심해 유인잠수정 개발에 따른 활용 연구의 활성화를 위한 사회경제적인 정책 수립에 있어 의미 있는 시사점을 제공해 주고, 정책결정자에게 유용한 정보로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 향후 일반 국민들의 입장에서 발생하는 국민 자긍심 고취를 위한 경제적 가치 추정에 대한 후속 연구가 수행되기를 기대한다.

## 사 사

본 연구는 해양수산부의 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(심해유인잠수정 기술개발 및 운용 인프라 구축 - PM57673)입니다. 논문의 완성도를 높이기 위해 의견주신 심사위원들과 논문게재과정에서 도움주신 편집위원회에 감사드립니다.

## 참고문헌

- 곽승준, 유승훈, 장정인 (2006) 컨조인트 분석을 이용한 한강 하구의 가치추정. *경제학연구* 54(4):141-161
- 김용서 (2007) 베일에 싸인 해저신비 벗기는 끝없는 과학탐사. *과학과 기술* 7:69-73
- 유승훈, 곽승준, 이주석 (2003) 컨조인트 분석을 이용한 서울시 대기오염영향의 환경비용 추정. *지역연구* 19(3):1-17
- 유승훈, 정동원, 박세현 (2010) 태평양 심해저 망간단괴 개발 사업의 경제적 파급효과. *Ocean and Polar Res* 32(4): 489-499
- 최현택, 전봉환, 이판목, 정봉출, 구범모, 박철수, 한상철 (2006) 심해 무인잠수정, 해미래와 해누리의 전원, 전기 및 통신 시스템 설계. *전기의 세계* 55(3):25-31
- 한국개발연구원 (2004) 문화시설의 가치추정 연구 보고서. 한국개발연구원, 연구보고서 2004-15, 263 p
- 한국개발연구원 (2008) 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제5판) 보고서. 한국개발연구원, 438 p
- 한국개발연구원 (2009) 대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사 보고서. 한국개발연구원
- 한국과학기술기획평가원 (2011) 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판) 연구보고서. 한국과학기술

- 슬기회평가원, 283 p
- Adamowicz W, Louviere J, Williams M (1994) Combining revealed and stated preference methods for valuing environmental amenities. *J Environ Econ Manag* **26**: 271-292
- Carson RT, Groves T (2007) Incentive and informational properties of preference questions. *Environ Resour Econ* **37**:181-210
- Elrod T, Louviere JJ, Davey KS (1992) An empirical comparison of ratings-based and choice-based conjoint Models. *J Marketing Res* **29**(3):368-377
- Greene WH (2000) *Econometric Analysis* (4th edition). Prentice Hall International, London, 1040 p
- Hanley N, Wright RE, Adamowicz W (1998) Using choice experiments to value the environment. *Environ Resour Econ* **11**:413-428
- Krinsky I, Robb AL (1986) On approximating the statistical properties of elasticities. *Rev Econ Stat* **68**:715-719
- Ku SJ, Yoo SH (2010) Willingness to pay for renewable energy investment in Korea: A choice experiment study. *Renew Sust Energy Rev* **14**:2196-2201
- Kwak SY, Yoo SH (2012) Consumers' willingness to pay for the 4th generation mobile communications service. *Technol Forecast Soc* **79**:1312-1318
- Kwak SY, Yoo SH, Kwak SJ (2010) Valuing energy-saving measures in residential buildings: a choice experiment study. *Energ Policy* **38**:673-677
- Lim SY, Lim KM, Yoo SH (2014) External benefits of waste-to-energy in Korea: A choice experiment study. *Renew Sust Energy Rev* **34**:588-595
- Louviere JJ (1988) Conjoint analysis modeling of stated preferences: a review of theory, methods, recent developments and external validity. *J Transp Econ Policy* **10**:93-119
- Mackenzie J (1993) A comparison of contingent preference models. *Am J Agr Econ* **75**:593-603
- McFadden D (1994) Contingent valuation and social choice. *Am J Agr Econ* **76**:689-708
- Morrison M, Bennett JW, Blamey RK, Louviere JJ (2002) Choice modeling and tests of benefit transfer. *Am J Agr Econ* **84**:161-170
- Stern S (1997) Simulation-based estimation. *J Econ Lit* **35**:2006-2039
- U.S. Geological Survey (USGS) (2008) *Circum-Arctic Resource Appraisal : Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle*. USGS Fast Sheet 2008-3049, Washington, EC, p.4
- Yoo SH, Lee JS, Kwak SJ (2008) Using a choice experiment to measure the environmental costs of the air pollution impacts in Seoul. *J Environ Manage* **86**(1):308-318
- Yoo SH, Yoo TH (2009) The role of the nuclear power generation in the Korean national economy: an input-output analysis. *Prog Nucl Energy* **51**:86-92
- 국문 참고자료의 영어 표기**  
**English translation / Romanization of references originally written in Korean**
- Kwak SJ, Yoo SH, Chang JI (2006) Valuing the han-river estuary: using conjoint analysis. *The Korean Econ Rev* **54**(4):141-161 (in Korean)
- Kim WS (2007) Endless scientific exploration of a mysterious deep-sea. *Sci Technol* **7**:69-73 (in Korean)
- Yoo SH, Kwak SJ, Lee JS (2003) A conjoint analysis: measuring the environmental costs of air pollution impacts in Seoul. *Korean Reg Sci Assoc* **19**(3):1-17 (in Korean)
- Yoo SH, Jung DW, Park SH (2010) The economic impacts of pacific ocean deep-sea manganese nodule development project. *Ocean and Polar Res* **32**(4):489-499 (in Korean)
- Choi HT, Jeon BH, Lee PM, Jung BC, Ku BM, Park CS, Han SC (2006) Deep-sea HOV, the power of Haemira and haenubi, electrical and communication system design. *World Electricity* **55**(3):25-31 (in Korean)
- Korea Development Institute (2004) *Reports Estimate the Value of Culture Facilities*. KDI, Research Report 2004-15, 263 p (in Korean)
- Korea Development Institute (2008) *General Guidelines for Conducting Pre-feasibility Studies, Complementary Modification Research* (5th ed.) Report. KDI, Research Report, 438 p (in Korean)
- Korea Development Institute (2009) *Large Oceanographic Research Ship Project Feasibility Study Report*. KDI, Research Report (in Korean)
- Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (2011) *Feasibility Study of the Research and Development Sector Business Standard Guideline* (first edition). KISTEP, Research Report, 283 p (in Korean)

Received May 20, 2014

Revised Aug. 26, 2014

Accepted Aug. 31, 2014