양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 타당성 분석

2014. 4

KOPRI
극지연구소

(사)한국해양정책학회

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 타당성 분석”과제의 위탁연구 최종보고서로 제출합니다.

2014. 4. 30.

총괄연구책임자 : 강 성 호

위탁연구기관명 : (사)한국해양정책학회

위탁연구책임자 : 유 승 훈

위탁참여연구원 : 정 동 원

〃 : 이 승 재

〃 : 어 승 섭

〃 : 김 호 영

목 차

제1장 서론 ····· 1

제1절 연구의 배경 및 필요성 ····· 1
제2절 연구의 목표 ····· 2

제2장 국가 R&D 사업의 경제성 평가 ····· 4

제1절 R&D 사업의 구분 ····· 4
제2절 R&D 사업 편익추정의 일반론 ····· 5
제3절 R&D 사업 유형별 편익항목 ····· 7
제4절 R&D 사업의 편익추정법 ····· 8
제5절 R&D사업의 비용편익분석 ····· 13

제3장. R&D 사업 비용편익분석 사례 ····· 22

제1절 예비타당성조사 사례 ····· 22
제2절 해양분야 R&D 사업 경제성 분석 사례 ····· 32
제3절 소결 ····· 38

제4장. R&D 사업 경제성 분석 지침 및 시사점 ····· 39

제1절 일반적 현황 ····· 39
제2절 예비타당성조사 ····· 40
제3절 R&D 사업 예비타당성 표준지침의 내용 ····· 43
제4절 시사점 및 주요 소결 ····· 44

제5장 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 편익 추정 ····· 47

제1절 경제적 편익의 개요 ····· 47
제2절 비시장적 편익의 추정 ····· 48

KOPRI 극지연구소

제3절 경제적 편익의 추정 ····· 57

제6장. 경제적 타당성 분석 ····· 69

제1절 경제적 타당성 분석 ····· 69
제2절 결론 ····· 74

참고문헌 ····· 75

[부록 1] CVM 설문지 ····· 84

[부록 2] CVM 설문 보기카드 ····· 88

KOPRI
극지연구소

표 목 차

[표 2-1] R&D 사업 유형별 특성 ····· 4
[표 2-1] 직접적 경제적 편익 산출을 위한 주요 변수 ····· 19
[표 3-1] 신성장동력 장비경쟁력 강화사업의 세부목표 ····· 24
[표 3-2] 신성장동력 장비경쟁력 강화사업 분야별 전략 품목 ····· 24
[표 3-3] 기상조절 기술개발사업의 경제성분석 시나리오 ····· 26
[표 3-4] 기상조절 기술개발사업 경제성분석 시나리오 2의 전제사항 ····· 27
[표 3-5] 기상조절 기술개발사업 경제성분석 시나리오 3의 전제사항 ····· 27
[표 3-6] 기상조절 기술개발사업에 대한 경제성분석 결과 정리 ····· 27
[표 3-7] 폐자원 및 바이오매스 에너지화 기술개발사업의
비용편익분석 결과 ····· 28
[표 3-8] 해양바이오돔 구축사업의 경제성 분석 결과 ····· 35
[표 3-9] 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업의
경제성 분석 결과 ····· 38
[표 4-1] 주요 사업별 경제성 분석 지침 ····· 40
[표 5-1] 비시장재화의 가치추정 방법론 ····· 49
[표 5-2] 조건부 가치측정법의 지불의사 유도방법 ····· 55
[표 5-3] 단일경계 스파이크 모형의 추정결과 ····· 67
[표 5-4] 평균값 WTP의 추정결과 ····· 67
[표 5-5] 표본 정보의 모집단으로의 확장 ····· 68
[표 5-6] 편익의 현재가치(2013년말 기준) ····· 68
[표 6-1] 경제성 분석의 개요 ····· 70
[표 6-2] 양극해 연구개발 2단계 사업의 경제성 분석 결과 요약 ····· 73
[표 6-3] 양극해 연구개발 2단계 사업에 대한 비용 및 편익의 흐름 ····· 73

KOPRI 극지연구소

그 림 목 차

[그림 1-1] 본 연구의 배경 ····· 1
[그림 1-2] 본 연구의 목적 ····· 2
[그림 1-3] 본 연구의 2가지 목표 ····· 3
[그림 2-1] 제품에 대한 수요와 소비자 잉여 ····· 9
[그림 2-2] 가격하락으로 인한 소비자 잉여의 증가 ····· 10
[그림 2-3] 수량증가로 인한 소비자 잉여의 증가 ····· 10
[그림 2-4] 소비자 편익의 추정 방법 ····· 11
[그림 2-5] 부가가치 증가분의 추정 방법 ····· 12
[그림 3-1] 연구개발사업의 편익 구분 ····· 15
[그림 4-1] 법정 경제성 분석 현황 ····· 39
[그림 4-2] 예비타당성제도의 개요 ····· 41
[그림 4-3] 예비타당성제도의 도입 배경 ····· 42
[그림 4-4] R&D 사업 예비타당성조사 수행 흐름도 ····· 43
[그림 4-5] R&D 사업의 경제성 분석 흐름도 ····· 44
[그림 4-6] 비시장적 가치가 중요한 R&D 사업의 경제성 분석 흐름도 ····· 44
[그림 4-7] R&D 사업의 편익추정 방법론 ····· 45
[그림 4-8] 시장수요 접근법 ····· 46
[그림 5-1] 비시장적 편익 추정에 적용가능한 연구방법론 ····· 50
[그림 5-2] 본 연구에서 적용하는 연구방법론 ····· 51
[그림 5-3] R&D 사업 예비타당성 표준지침(2011)상의 경제성 분석 절차 ····· 52
[그림 5-4] 본 연구에 해당하는 경제성 분석 절차(밑줄 그은 부분) ····· 53
[그림 5-5] 조건부 가치측정법 적용의 5단계 ····· 55
[그림 5-6] 본 연구에서의 CVM 실증연구 절차 ····· 57
[그림 5-7] 본 연구에서의 설문지 작성 절차 ····· 60

KOPRI 극지연구소

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

양극해 R&D 2단계 사업의 효과적 관리, 적정한 투자 수준의 결정, R&D 예산의 안정적인 확보 등을 위해 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 편익에 대한 정량적 정보는 필수적으로 요구된다. 이를 위해서는, 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 편익 항목을 식별한 후 경제적 편익을 엄밀한 경제이론에 근거하여 정량적으로 규명하고 과학적으로 추정할 필요가 있다. 즉 경제적 편익이란 무엇이며 어떻게 추정해야 할지를 밝혀야 하며, 경제적 편익을 실증적으로 추정해야 한다. 그리고 이러한 자료들을 가지고 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 타당성을 평가하고 지속가능 방안을 마련해야 한다. 이렇게 해야만 양극해 R&D 2단계 사업의 추진과 관련하여 불필요한 논쟁을 피하면서 양극해 R&D 2단계 사업의 지속적 추진에 대한 합리적 결론에 도달할 수 있다. 본 연구의 배경은 [그림 1-1]과 같이 요약된다.

KOPRI 극지연구소

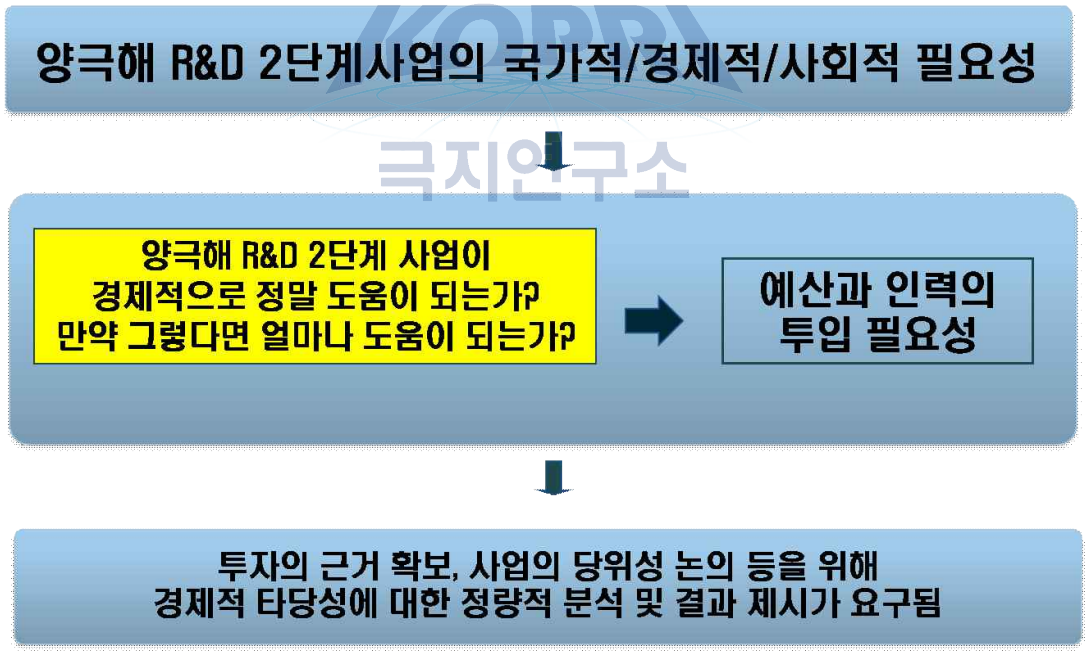
[그림 1-1] 본 연구의 배경

이에 본 연구에서는 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 편익을 화폐적 단위로 평가

한 후 경제적 타당성을 분석하고자 한다. 이를 위해 경제적 편익을 측정할 수 있는 다양한 방법론 중에서 양극해 R&D 2단계 사업이라는 대상에 가장 적합하면서도 국내 현실에 부합하는 과학적 방법론을 선정하고 이 방법론을 적용시 지켜야 할 다양한 지침들을 잘 준수하는 연구를 수행함으로써 연구결과의 질적 수준을 제고해야 할 것이다.

제2절 연구의 목표

특히 타 연구에서 경제적 편익을 평가하는 데 사용되었던 방법론과 유사한 방법론을 적용함으로써 경제적 편익 추정 방법론 선정과 관련된 불필요한 논쟁을 일으키지 않을 것이다. 더 나아가 양극해 R&D 2단계 사업의 관리와 관련된 정책적 시사점을 도출하면서 정책적 제언을 하고자 한다. 본 연구의 목적은 [그림 1-2]와 같이 요약될 수 있다.



[그림 1-2] 본 연구의 목적

본 연구의 대상은 양극해 R&D 2단계 사업의 경제성 분석이며, 주된 목표는 [그림 1-3]과 같다. 자원경제학적 방법론에 근거하여 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 편익을 추정하고 경제적 타당성을 평가한다. 다양한 문헌조사를 통해 방법론을 정리한 후

과학적이고 합리적인 연구방법론을 선정하고 실증분석을 수행하고자 한다. 즉 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 편익에 대한 개념을 정립한 후, 적절한 실증연구 방법론을 정하고 연구절차를 마련하여 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 타당성을 평가할 것이다.

[그림 1-3] 본 연구의 2가지 목표

KOPRI
극지연구소

제2장 국가 R&D 사업의 경제성 평가

제1절 R&D 사업의 구분

R&D 사업의 경제적 타당성을 평가하기 위해서는 우선 R&D 사업을 유형화한 다음에 각 유형별로 차별화된 편익 항목을 정의할 필요가 있다. 이는 R&D 사업 유형별로 편익항목의 구성이 달라질 수 있기 때문이다. 따라서 R&D 사업 유형별로 편익항목을 구성한 다음에는 직접 추정할 편익항목과 정책적 분석에서 특수평가항목으로 다룰 편익항목을 구분해야 한다. 이와 관련하여 [표 2-1]과 같이 한국과학기술기획평가원(2006a)에서 제시된 R&D 사업의 유형 구분을 참고할 수 있다. 여기서는 R&D 사업을 기초원천기술개발사업, 공공복지기술개발사업, 산업기술개발사업, 연구장비구축사업, 연구센터구축사업, 인력양성사업의 6가지로 구분하였다. 국회예산정책처(2008)와 한국과학기술기획평가원(2008b)에서도 이와 동일하게 R&D 사업을 구분하고 있다.

[표 2-1] R&D 사업 유형별 특성

사업구분	사업특성
기초원천기술개발사업	교육훈련 및 인력양성 효과, 지식증진에의 기여도
공공복지기술개발사업	삶의 질 향상, 에너지 절감, 공해감소
산업기술개발사업	산업경쟁력 향상, 실용화 가능성
연구장비구축사업	국가위상제고, 과학기술하부구조 구축, 첨단연구 분야의 선점, 과학문화유산으로서의 가치
연구센터구축사업	지역경제 파급효과, 집적효과
인력양성사업	교육훈련 효과, 지식증진에의 기여도

출처: 한국과학기술기획평가원(2006a).

한편 과학기술부(2007)의 국가 R&D사업 표준사업분류 기준을 참고할 수 있다. 이 기준에서는 R&D사업을 추진목적이라는 관점에서 연구개발, 인력양성, 국제협력, 시설장비·기반구축의 4가지로 구분하고 있으며, 결과활용이라는 관점에서 지식증진, 산업기술, 공공복지의 3가지로 크게 구분하고 있다. 여기서 지식증진은 다시 순수기초, 목적기초로 구분되고, 산업기술은 단기 및 중장기로 구분되며, 공공복지는 공공·서비스, 보건·농림해양·환경, 지역발전으로 구분된다. 따라서 R&D사업은 총 28(=4×7)개로 세분화된다.

제2절 R&D 사업 편익추정의 일반론

직접적 편익이란 R&D사업의 1차적인 목적과 관련된 편익을 의미한다. 즉 사업의 1차적인 목적에 부합하지 않는다면, 비록 해당 R&D사업으로 발생하는 편익이라 하더라도 간접적 편익으로 보는 것이 적절하다. 연구개발사업의 직접편익은 신제품 개발, 생산성 증대, 품질개선, 비용절감 등 여러 가지 형태로 나타날 수 있다. 직접적 편익의 범주를 정할 때에는 각 R&D사업의 사전기획보고서에서 목적으로 제시한 것과 관련된 편익만을 추정의 대상으로 하는 것이 현실적이다.

하지만 A사업과 B사업이 분야만 다르고 본질적으로 유사한 사업인데 A사업 사전기획보고서에서는 한 가지 목적만 제시한 반면에 B사업 사전기획보고서에서는 두 가지 목적을 제시한 경우, 각 사전기획보고서를 기준으로 목적을 인정할지, 아니면 B사업 사전기획보고서를 기준으로 목적을 고려할지의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 사전기획보고서에서 포함되어 있는지 여부와 무관하게 해당 편익이 직접적인 것이라면 추정을 하여 경제성 분석에 반영하는 것이 바람직하다.

간접적 편익이란 R&D사업의 2차적인 목적, 즉 부산물(by-product)의 성격을 가지고 있는 편익을 의미한다. 연구개발사업의 간접편익은 관련 지식의 증대, 인력양성 효과 등이 있는데, 사업의 특성에 따라 직접편익보다 더 중요할 수 있으므로 이러한 경우에는 추정하여 편익에 포함해야 한다. 따라서 간접적인 편익의 반영 여부는 그 중요성에 근거하여 판단해야 한다. 즉, 연구진이 판단하기에 중요한 편익이거나 또는 사업주체가 중요한 편익항목으로 제안 또는 주장하는 경우 이를 고려하여 반영 여부를 결정할 필요가 있다. 다만 간접적 편익의 추정 과정에서 직접적 편익과 이중계산(double counting)의 문제가 발생하지 않도록 잘 통제하는 것이 중요하다.

아울러 간접적 편익을 반영한다면 간접적 편익의 달성을 위해 발생하는 추가적인 비용도 산정하여 총비용에 더해 주는 작업이 필수적으로 요구된다. 한편 간접적 편익의 규모와 간접적 비용의 규모가 대략 비슷하다고 판단되거나 간접적 편익의 추정이 매우 어려운 경우에는, ① 편익과 비용이 같다고 가정하고 경제성 분석에서 제외하거나, ② 정책적 분석에서 특수평가항목으로 반영하는 것을 고려할 수 있다.

또한 편익은 시장에서 화폐단위로 평가할 수 있느냐 여부에 따라 유형편익(tangible benefits)과 무형편익(intangible benefits)으로 구분할 수 있다. 연구개발사업의 유형편익에는 기술개발을 통한 비용절감, 기술료 수입 등이 있으며, 무형편익에는 관련 지식의 증대, 과학기술자의 교육훈련, 국가위상의 제고 등이 있다. 일반적으로 무형편익은 시장가격이 없기 때문에 화폐단위로 측정하기가 곤란하지만, 최근에는 공공투자사업의 경제성 평가 시에 무형편익을 포함시키기 위한 여러 가지 측정방법이

KOPRI 극지연구소

개발되고 있다.

연구개발사업의 편익은 원칙적으로 연구개발활동의 결과로 나타나는 모든 긍정적 효과를 의미하며, 미시적 수준에서 긍정적 효과를 구분하여 추정한 후, 거시적 수준에서 각각의 긍정적 효과를 적절하게 합산해야 한다. 연구개발사업으로 인해 혜택을 얻는 경제주체를 크게 소비자(또는 가계)와 생산자(기업 또는 산업)로 구분한다면, 소비자에게 발생하는 편익은 지불의사액(WTP, willingness to pay)의 관점에서 평가하고, 생산자에게 발생하는 편익은 부가가치(value-added)의 관점에서 평가하는 것이 적절하다.

한편 수혜의 대상을 소비자와 생산자로 뚜렷하게 구분하기 어려운 경우는 국가 전체적 관점에서 부가가치 창출액으로 평가하거나 정성적으로 평가할 수 있다. 각각 추정된 편익을 합산할 때는 이중계산의 문제는 없는지 또는 누락된 부분은 없는지를 주의 깊게 살펴야 한다. 연구개발사업의 편익은 사업마다 다를 뿐만 아니라 동일한 종류의 사업이더라도 투자규모에 따라 달라질 수 있다.

편익이란 용어는 원래 경제학에서 정의하는 것이므로 편익추정은 원칙적으로 경제학적 방법에 근거해야 하는데, 경제학적 방법을 적용하기 위해 많은 시간과 비용이 소요되거나 여러 여건상 적용할 수 없는 경우에는 대용가능한 간편법을 사용할 수 있다. 연구개발사업의 편익을 추정하기 위해서는 원칙적으로 수요곡선 접근법이나 부가가치 접근법과 같은 경제학적 방법론에 근거해야 하나 경우에 따라서는 이것이 용이하지 않거나 불가능할 수 있다. 이런 경우에는 국내외 분석사례를 참고하여 해당 상황에 맞게 조정하는 편익이전(benefit transfer)[1] 작업을 해야 한다.

예를 들어 외국에서 측정한 편익을 구매력지수와 분석시점 등을 종합적으로 고려하여 국내 상황에 맞게 조정한 값을 이용할 수 있으나, 이러한 방법은 왜곡된 결과를 초래할 수 있으므로 주의가 요망된다. 한편 편익이전도 용이하지 않다면 대체비용 접근법을 이용하여 구한 값을 편익의 대용 값으로 삼는 것을 고려할 수 있다. 예를 들어 연구 장비의 편익을 추정하는 경우에 외국의 연구장비를 사용할 때 지불하는 사용료를, 연구센터의 편익을 추정하는 경우에 해외 연구센터를 이용할 때 소요되는 비용을 대용 값으로 이용할 수 있으나, 이러한 방법은 왜곡된 결과를 초래할 수 있으므로 주의가 요망된다.

1) 편익이전의 기법에 대해서는 환경정책평가연구원(2007)을 참조할 수 있다.

제3절 R&D 사업 유형별 편익항목

경제성 분석에서 가장 어렵고 힘든 작업인 편익추정은 편익항목을 도출하는 것으로부터 시작된다. 연구개발사업의 편익항목은 사업의 성격과 내용에 따라 매우 다양하므로, 해당 부처가 제출하는 사업계획서를 참고하여 편익항목을 구체적으로 세분화하는 것이 필요하다. 연구개발사업의 특수성을 반영하기 위한 가장 기본적인 방법은 사업별로 발생하는 편익항목을 도출한 후 이를 화폐가치로 추정하는 것인데, 계량화가 가능한 편익항목을 화폐가치로 추정하고 계량화가 불가능한 편익항목은 정성적으로 언급하거나 정책적 타당성 내의 특수평가항목에 반영할 수 있다.

기초원천기술개발사업의 경우, 사업의 효과가 직접적으로 개별 소비자에게 영향을 미치거나, 기업의 부가가치 창출에 기여한다고 보기 어렵다. 따라서 기초원천기술을 확보하지 못할 때 국내총생산이 향후 어떠한 부정적 영향을 받을지를 분석하여 편익을 측정할 수 있다. 또는 무리하게 경제적 편익을 따지기보다는 비용의 적정성 검토 및 파급효과 분석에 초점을 맞추어 경제성에 대한 종합적 판단을 할 수도 있다.

공공복지기술개발사업의 경우, 사업의 효과가 개별 소비자에게 미치는 영향을 추정하면서 산업차원에서의 부가가치 창출액을 측정한 후, 이 두 가지를 합하여 편익을 추정할 수 있다. 예를 들어 의료기술개발사업의 경우, 잠재소비자는 해당 의료기술과 유사한 의료서비스에 대해 얼마나 지출하고 있는지 또는 해당 의료기술이 없음으로 인해 얼마나 고통 받고 있는지(cost of illness)를 평가하거나 해당 의료서비스에 대한 지불의사액(willingness to pay)을 조사하는 방식으로 소비자 편익을 측정할 수 있다. 또한 해당 의료기술이 개발된 후 국내 판매 또는 해외수출 등으로 인해 해당 산업의 부가가치가 얼마나 늘어날 것인가를 평가하여 이를 생산자 편익으로 간주할 수 있다.

산업기술개발사업의 경우, 다른 연구개발사업에 비해 소비자와 생산자의 식별이 용이하므로, 소비자 잉여와 생산자의 부가가치 창출액을 합하여 편익을 측정할 수 있다. 예를 들어, 환경친화적 자동차기술개발사업의 경우, 대기의 질 개선으로 소비자는 호흡기 관련 질환을 덜 앓게 되거나 쾌적한 대기를 즐길 수 있으므로 이에 대한 가치를 추정하여 편익으로 삼을 수 있다. 또한 환경친화적 자동차의 국내소비와 수출증대로 창출되는 부가가치 중에서 해당 연구개발사업의 기여도를 평가하여 생산자 편익으로 삼을 수 있다.

연구장비 구축사업의 경우, 소비자와 생산자의 직접편익을 측정하는 것이 쉽지 않지만 다음의 2가지 편익항목을 고려할 수 있다. 첫째, 해당 연구 장비를 구축하지 않고 해외에 있는 장비를 사용함으로써 지불하는 사용료를 편익으로 반영할 수 있다. 연구 장비를 구축함으로 인해 해외로부터 사용료를 받는다면 이로 인한 수입(부가가치)

을 편익에 합할 수 있다. 둘째, 사용료 수입이 미미하거나 산업적 성과의 창출이 불확실하지만, 과학기술 하부구조의 구축으로 인해 국가위상 제고, 국민의 자긍심 고취, 과학문화유산으로서의 가치 등을 창출한다면 조건부 가치측정법(CVM, contingent valuation method)의 적용을 고려할 수 있다. 예를 들어 대형광학망원경개발사업(한국과학기술기획평가원, 2006b), 토양·지하수오염확산방지 기술개발사업(한국과학기술기획평가원, 2007b) 등에 조건부 가치측정법이 적용된 바 있다.

연구센터구축사업의 경우, 소비자와 생산자의 직접편익을 측정하는 것이 쉽지 않지만 다음의 2가지 편익항목을 고려할 수 있다. 첫째, 연구센터의 산출물로부터 창출될 부가가치와 예상되는 기술료 수입으로 발생할 부가가치 등을 합하여 편익을 추정할 수 있다. 연구센터의 구축으로 인해 집적이 일어나 비용절감효과가 발생한다면 비용절감편익을 반영할 수 있다. 한편 입주기업을 대상으로 한 설문조사나 공간계량경제모형의 적용을 통해 비용절감율을 추정할 수도 있다. 둘째, 연구센터 중 공익시설에 대해서는 CVM을 적용하여 편익을 추정하는 방안을 고려할 수 있다. 예를 들어 경남로봇랜드 조성사업(한국개발연구원, 2008b), 인천 로봇랜드 조성사업(한국개발연구원, 2008c) 등의 적용사례가 있다.

마지막으로 인력양성사업의 경우, 양성된 인력이 향후 창출할 부가가치를 구하여 편익을 측정할 수 있다.

KOPRI 극지연구소

제4절 R&D 사업의 편익추정법

편익의 추정방법은 그것의 수혜 대상이 누구인지, 가용한 자료가 얼마나 있는지, 평가하고자 하는 편익이 무엇인지 등에 따라 다르다. 따라서 여러 가지 편익추정 방법 중에서 최선의 방법을 택하되, 여의치 않다면 차선의 방법을 택하는 전략을 취해야 한다. 편익 추정방법을 결정할 때는 연구개발사업이라는 점에 주목하기 보다는 연구개발사업의 개별 효과 자체에 주목할 필요가 있다.

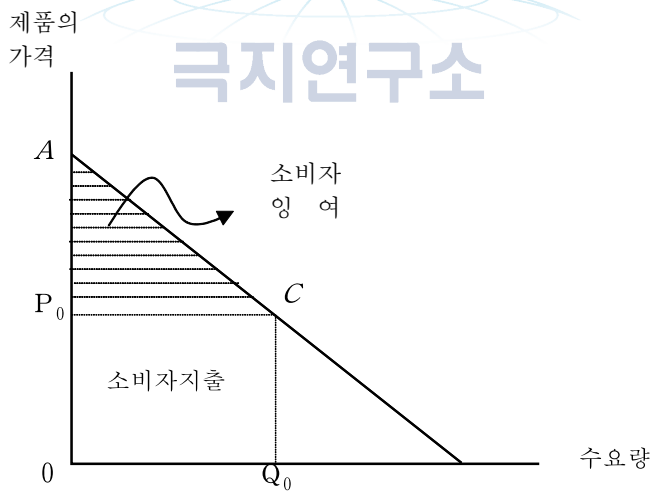
편익의 추정방법은 상향식(bottom-up) 접근법과 하향식(top-down) 접근법으로 구분할 수 있다. 상향식 접근법은 편익의 항목과 범주를 세분화해서 추정한 뒤, 이를 모두 합산하는 방식으로서, 편익의 항목과 범주가 많지 않아서 편익추정이 용이할 때 이용한다. 하지만 편익의 항목과 범주가 많아서 편익추정이 곤란할 때는 하향식 접근법이 유용할 수 있다. 가장 좋은 방법은 상향식 접근법과 하향식 접근법을 모두 적용하여 편익을 추정한 후, 서로 비교하여 조정하면서 일치시키는 것이다.

1. 소비자 중심의 편익 추정

연구개발사업의 효과가 소비자에게 미치는 경우, 소비자 잉여의 창출분이나 증가분을 구해 이를 편익으로 추정한다. 잠재적 소비자들은 연구개발사업의 산출물을 이용하여 만족감을 얻게 되는데, 이를 화폐단위로 표현한 것을 소비자 편익 또는 소비자 후생이라고 하고, 일반적으로 수요곡선 접근법을 이용하여 추정한다.

수요곡선 접근법은 산출물의 수요곡선을 구할 수 있을 때 적용하며, 수요곡선의 아래 면적으로 산출물의 소비자 편익을 추정한다. 일반적으로 다른 제품의 가격이 일정할 때, 관심대상 제품가격이 변하면 수요량도 따라서 변하게 되며, 만일 이 제품의 수요량과 가격의 관계를 나타내는 적절한 수요곡선을 추정할 수 있다면 수요곡선의 높이는 바로 한 단위의 제품을 얻기 위해 지불할 의사가 있는 최대 가격을 의미하는 한계지불의사액(marginal willingness to pay) 또는 한계편익(marginal benefit)이 된다. [그림 2-1]에서 산출물의 단위당 가격이 P_0이고 수요량이 Q_0일 때, 소비자가 Q_0만큼을 수요하면서 얻게 되는 총 편익은 수요곡선 아래의 면적 $\square ACQ_0 0$으로 계산되며, $\triangle AP_0C$를 소비자 잉여(consumer surplus)라 한다.

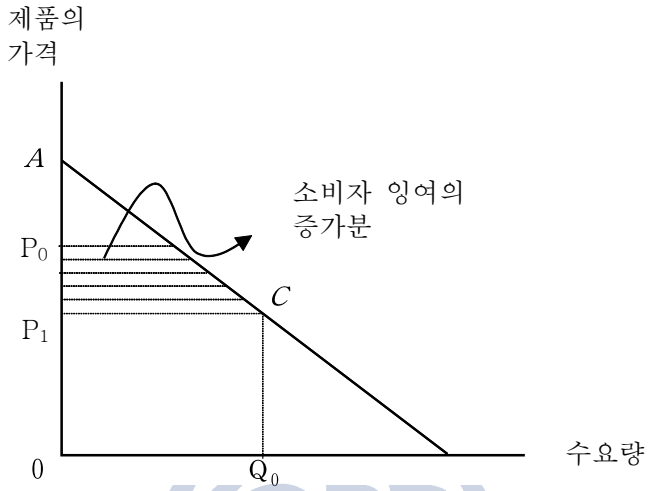
KOPRI 극지연구소



[그림 2-1] 제품에 대한 수요와 소비자 잉여

소비자 후생은 소비자가 제품을 이용하기 위해 기꺼이 지불하고자 하는 최대금액의 합을 의미하고, 소비자 잉여는 소비자 후생 중 실제 제품이용의 대가로 지불한 금액을 뺀 것이다. 따라서 산출물의 수요곡선, 실제 지불된 가격과 소비자들의 수요량을 이용하여 소비자 후생과 소비자 잉여를 계산할 수 있다.

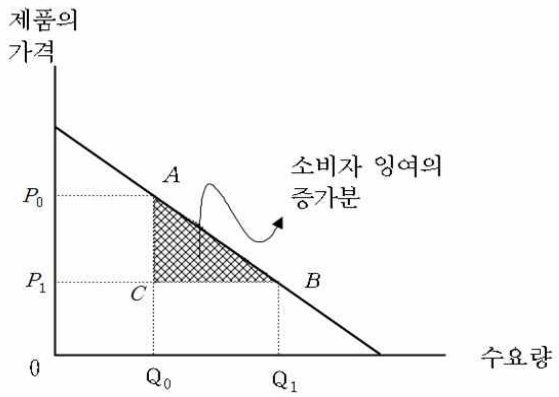
연구개발사업의 산출물이 새로운 것이 아니라 기존 제품의 가격을 하락시킨다면 (예를 들어, 휴대폰 주요 부품의 국산화로 휴대폰 가격이 하락할 수 있음), 소비자 잉여의 증가분을 구하여 편익으로 측정할 수 있다. 즉, 가격이 P_0에서 P_1으로 하락할 때, 소비자 잉여의 증가분은 [그림 2-2]와 같이 빗금 친 부분으로 구할 수 있다.



[그림 2-2] 가격하락으로 인한 소비자 잉여의 증가

KOPRI
극지연구소

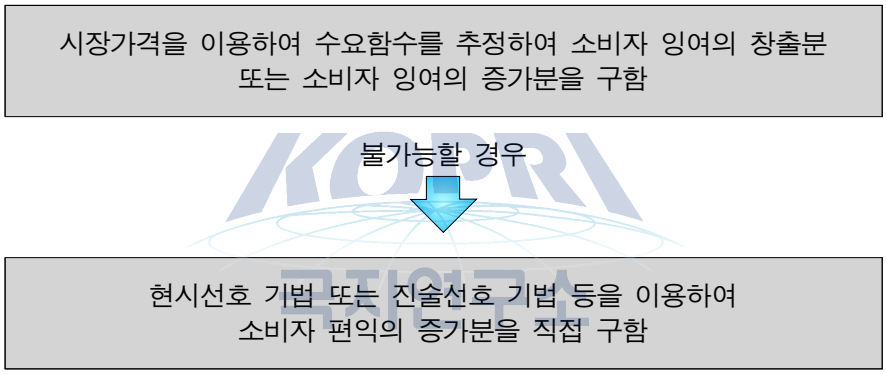
연구개발사업의 산출물이 새로운 것도 아니고, 기존 제품의 가격을 하락시키는 것도 아니라 기존 제품의 공급량을 늘리는 것이라면, 소비자 잉여의 증가분 및 지출의 증가분의 합하여 편익으로 삼을 수 있다. 즉, 공급량이 Q_0에서 Q_1으로 증가할 때 소비자 잉여의 증가분은 [그림 2-3]과 같이 $\triangle ABC$의 면적으로 구할 수 있으며, 이때의 편익은 $\square AP_0P_1B$가 된다.



[그림 2-3] 수량증가로 인한 소비자 잉여의 증가

수요함수를 직접 구할 수 없다면, WTP 증가분 자체를 직접 구할 수도 있다. 이때 사용되는 방법은 소비자의 소비행태를 관측하여 간접적으로 소비자의 선호를 분석하는 현시선호(revealed preference)기법과 소비자에게 직·간접적으로 선호를 물어보는 진술선호(stated preference)기법으로 구분된다. 현시선호기법에는 헤도닉 가격기법(Hedonic price technique), 여행비용 평가법(travel cost method), 회피행동 분석법(averting behavior method) 등이 있는데 적용대상이 제한된 경우가 많다.

진술선호기법에는 소비자에게 선호를 직접 물어보는 CVM과 선호를 간접적으로 물어보는 컨조인트 분석법(conjoint analysis)이 있는데, 후자의 값은 크게 추정되는 경향이 있으므로 주로 전자가 사용된다. 진술선호기법은 현시선호기법에 비해 적용상의 제약이 없고, 이론적으로도 우수하나 비용이 많이 드는 단점이 있다. 소비자 편익을 추정하기 위해서는 [그림 2-4] 같은 단계적 방법론을 고려한다.



[그림 2-4] 소비자 편익의 추정 방법

2. 생산자 중심의 편익 추정

연구개발사업의 효과가 생산자에게 미치는 경우 해당 산출물의 부가가치 창출분을 구하여 이를 편익으로 추정한다. 연구개발사업의 산출물과 노동, 자본과 같은 투입요소들을 독립변수로 하고 부가가치를 종속변수로 한 생산함수의 추정이 가능하다면 해당 산출물의 한계생산가치(value of marginal products) 곡선을 구하여 아래면적으로 편익을 측정할 수 있다. 생산함수 추정이 여의치 않을 때에는 해당 산출물이 있을 때(with)의 부가가치와 없을 때(without)의 부가가치 차이를 구해 편익으로 측정한다.

연구개발사업의 산출물을 투입요소로 고려한 생산함수를 추정한 후 한계생산가치곡선을 구하여 부가가치 증대분을 구함

불가능할 경우

↓

해당 산출물이 있을 때의 부가가치와 해당 산출물이 없을 때의 부가가치 차이를 구하여 편익으로 산정

[그림 2-5] 부가가치 증가분의 추정 방법

3. 비용절감분의 추정

연구개발사업으로 인해 비용절감효과가 발생한다면 이때의 비용절감액은 편익이 될 수 있다. 예를 들어, 연구센터를 조성하여 기업들의 집적으로 인해 비용이 절감된다면 이와 관련된 비용절감분은 편익이 된다. 연구센터에 입주하게 되는 업체가 사실 비용절감율을 가장 잘 알기는 하지만, 입주예정 업체를 대상으로 설문조사를 수행하는 경우 업체들이 전략적으로 응답할 가능성이 있으므로, 경우에 따라서는 공간계량경제모형 등을 적용하여 비용절감율을 산정할 필요가 있다. 아울러 연구개발사업으로 인해 피해비용(damage cost)이 줄어든다면 피해비용의 절감분도 편익의 중요한 항목이 된다. 또한 각종 행정비용의 절감, 기업 차원에서의 비용절감이 발생한다면 이것도 편익으로 반영되어야 한다.

KOPRA 국토연구소

제5절 R&D사업의 비용편익분석

1. 편익의 개념과 범위

사전적으로 편익(benefit)이란 정(+)의 사업효과를 의미하며, 연구개발사업[2)]의 편익이란 연구개발사업의 수행으로 인해 발생할 것으로 기대되는 정(+)의 결과물을 의미한다. 일반적으로 연구개발사업의 수행으로 인해 기대되는 편익은 단위가 금액 단위로 쉽게 도출되거나 혹은 전환되는 편익인 경제적 편익과 해당 연구개발사업을 통해 새롭게 발견되는 기술이나 지식 성과와 같은 과학기술적 편익으로 구분할 수 있다. 또한 이들 편익은 해당 연구개발사업으로부터 직접 파생되었는지, 혹은 다른 중간 단계를 거쳐 편익이 산출되었는지에 따라 직접적 편익과 간접적 편익으로 다시 구분할 수 있다. 즉, 연구개발사업으로 인한 편익은 직접적 경제적 편익, 간접적 경제적 편익, 직접적 과학기술적 편익, 간접적 과학기술적 편익으로 크게 구분할 수 있다.[3)]

먼저 직접적 경제적 편익은 연구개발사업의 성격에 따라 새로운 부가가치 창출 편익과 비용절감 편익으로 구분할 수 있다. 새로운 부가가치 창출 편익은 연구개발사업의 결과로써 새로운 제품이나 서비스가 개발되고 상업화되어, 이 결과 시장에서 해당 제품이나 서비스가 실제 거래되어 발생하는 편익을 의미한다. 반면 비용절감 편익은 연구개발사업의 목표가 기존 기술의 개선 및 개량, 혹은 새로운 생산 공정 기술의 개발 등일 경우, 해당 기술의 개발과 적용으로 인해 기존의 생산과정에 존재하는 비효율적인 부분이 제거되거나 혹은 투입 요소 대체 등을 통해 생산의 효율성이 증가하여 동일한 양의 산출에 드는 비용이 연구개발사업으로 인한 신기술 적용 이전에 비해 감소할 때 발생하는 편익을 의미한다.

여기서 공정개선을 목적으로 하는 연구개발사업의 경우 직접적 경제적 편익의 계산에 약간의 논란이 존재하고 있다. 왜냐하면, 공정개선을 목적으로 하는 연구개발의

2) 한국과학기술기획평가원(2008b)의 '국가연구개발사업의 사전타당성조사를 위한 분야별 특정분석평가지침'에서는 사업의 성격에 따라 연구개발사업을 기초·원천, 공공·복지, 산업기술, 연구장비개발, 연구센터구축의 6가지로 분류하고 있으며, 본 보고서에서는 이 중 산업기술관련 연구개발사업의 직접적 경제적 편익을 주된 대상으로 한다.

3) 연구자에 따라 경제적 편익을 직접적 경제적 편익, 간접적 경제적 편익, 산업연관 유발효과로 구분하기도 한다. 이 경우 직접적 경제적 편익은 해당 연구개발의 산출물이 시장에서 거래되어 발생하는 경제적 편익만을 지칭하며, 간접적 경제적 편익은 시장의 거래에서 발생하는 것이 아닌 산출물의 보유 혹은 적용으로 인한 경제적 편익을 의미한다. 이러한 관점에서는 비용절감 효과나 수입대체 효과는 간접적 경제적 편익으로 간주된다. 산업연관 유발효과는 연구개발사업의 진행, 연구개발사업의 산출물의 생산 및 거래 등을 통해 국가 경제적 관점에서 간접적으로 유발되는 편익으로, 생산유발효과, 고용 및 취업 유발효과, 부가가치유발효과 등이 여기에 포함된다. 일반적으로 산업연관 유발효과는 산업연관분석에 의해 계산된다.

경우 한국과학기술기획평가원(2008b)의 분류 방식에 따르면, 해당 연구개발사업을 통해 기술이 개발되어 그 기술(특허) 자체가 시장에서 거래되어 발생하는 편익을 직접적 경제적 편익으로, 그 기술을 수용(이전)하여 공정에서 비용 감소 효과가 발생할 때 이를 간접적 경제적 편익으로 간주하기 때문이다. 하지만

공정개선 연구개발사업의 경우 그 산출물의 적용을 통해 발생하는 비용절감 효과는 직접적 경제적 편익으로 간주하는 것이 적절하다. 이는 기술(특허) 이전에서 해당 기술의 시장 가격(가치)을 추정할 때 기술의 적용으로 인해 발생할 것으로 여겨지는 비용 감소 금액이 기술의 시장 가격에 이미 반영되기 때문에, 이를 직접적, 간접적으로 구분할 경우 비용 감소 효과가 중복 반영되는 문제가 발생하기 때문이다. 따라서 공정 개선 기술 개발의 산출물인 기술의 시장 가격에 해당 기술의 적용으로 인한 비용감소가 상당부분(혹은 거의 대부분) 포함되고 동시에 중복 산정의 문제를 내포하고 있기 때문에, 공정 개선 기술의 경우 해당 기술의 적용을 통한 비용 감소 금액을 직접적 경제적 편익으로 간주하는 것이 보다 적절할 것으로 판단된다.

여기서 명확하게 언급하고 가야 할 사항은 비용절감 효과를 직접적 경제적 편익으로 간주하는 것은 공정개선이나 혁신을 목적으로 하는 연구개발사업에 한정한다는 점이다. 새로운 신제품이나 서비스 개발을 목적으로 하는 연구개발사업의 경우, 해당 산출물이 시장에서 거래되어 발생하는 편익은 직접적 경제적 편익으로, 그리고 그 산출물이 다른 제품이나 서비스의 생산에 생산요소로 투입되어 발생하는 비용절감 효과는 간접적 경제적 편익으로 산정해야 한다는 것이다. 이는 연구개발사업 → 산출물의 시장 거래 → 산출물의 적용으로 인한 비용절감과 같이 연구개발사업 이후 2단계에 걸쳐 편익이 간접적으로 발생하기 때문이다.

간접적 경제적 편익은 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용 및 취업 유발 효과 등과 같이 해당 연구개발사업의 결과로 새로운 제품이나 서비스가 시장에서 거래될 때 (혹은 새로운 시장이 개척될 때), 해당 시장을 포함한 관련 시장에서 부가적으로 발생하는 경제적 편익을 의미한다. 먼저 생산유발효과는 연구개발사업으로 인해 새로운 생산이 발생함에 따라 연관된 다른 산업들에서 해당 제품을 생산하기 위해 추가적으로 생산하는 중간재 생산(1차 파급효과)과 이러한 중간재를 추가적으로 생산하기 위해 또 다른 산업에서 중간재를 생산(2차 파급효과)하는 것을 의미한다.

즉, 연구개발사업으로 인한 최종 산출물의 한 단위 추가 생산을 위해 경제 전체적으로 발생하는 추가적 중간재 생산액을 의미한다고 할 수 있다. 부가가치 유발효과는 생산유발효과와 유사하게 최종 산출물의 증가에 의해 국가 경제적으로 발생하는 새로운 부가가치 유발 효과를 의미한다. 고용 및 취업유발효과는 추가적 생산의 증가는 노동수요를 유발한다는 가정으로부터, 새로운 생산으로 인해 국가 경제적으로 발생하는

신규 노동수요 창출효과를 나타낸다.

다음으로 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. 반면 간접적 과학기술적 편익은 해당 연구개발사업을 통해 기대되는 국민들의 과학기술 이해도 증가, 국가 위상 향상, 교육 및 연구인력 양성, 연구능력 향상 등을 포함한다.

이상에서 논의한 연구개발사업의 편익들을 정리하면 아래의 [그림 3-1]과 같다. 현재 R&D사업 예비타당성조사의 비용편익분석에서는 연구개발사업의 다양한 편익들 중에서 직접적 경제적 편익만을 분석에 포함하고 있기 때문에, 직접적 경제적 편익을 어디까지 정의할 것인지 그리고 어떻게 추정할 것인지에 따라 B/C 비율이 다르게 계산되어 해당 사업의 진행유무에 결정적인 영향을 주고 있다. 따라서 예비타당성 조사의 객관성을 담보하고 분석자의 주관이나 선호에 따라 동일한 연구개발사업의 B/C 비율이 변화하는 것을 방지하고 일관성을 담보하기 위해서는 직접적 경제적 편익의 범위와 추정 방법을 간단하고 정확하게 규정화할 필요성이 제기된다고 할 수 있다.

[그림 3-1] 연구개발사업의 편익 구분

한편 간접적 경제적 편익은 연구개발사업의 파급효과에 해당하는 개념으로, 현행 R&D사업 예비타당성조사에서는 편익으로 반영하지 않고 필요시 정책적 타당성 내의 사업특수평가항목으로 언급할 수 있다. 경제적 편익과 구분되는 과학기술적 편익의 경우에는 직접적 경제적 편익을 산정하기 위한 기준이 될 수 있지만, 일부 R&D사업에서 비용효과분석을 수행하기 위한 효과의 대리지표로 활용하기도 한다.

2. 시장접근법에 의한 편익 산정

가. 시장접근법의 개념

경제적 타당성분석에서는 연구개발사업의 B/C Ratio나 순현재가치를 계산하기 위해 앞서 언급한 여러 편익들 중에서 직접적 경제적 편익만을 대상으로 하고 있으며, 이를 계산하기 위해 시장접근법을 대표적으로 활용하고 있다. 시장접근법에서는 해당 사업에 의한 미래 시장규모(매출액)의 증가분에 부가가치율, R&D기여도, 사업점유효과, 사업화 성공률 등을 고려하여 직접적 경제적 편익을 계산한다.

연구개발사업의 직접적 경제적 편익
= 미래 시장 규모 × 사업화 성공률 × 사업기여도 × R&D기여도 × 부가가치율

여기서 '미래 시장 규모'는 해당 연구개발사업과 직접적으로 관련된 국내 산업의 미래 총 생산액(혹은 매출액)을 의미하며, 이는 미래 국내 수요 중 국산품이 차지하는 규모와 해외에 수출되는 규모를 모두 포함한다.[4] '사업화 성공률'은 해당 연구개발사업이 성공적으로 진행되어 원래 의도했던 최종 산출물을 만들어지고 이것이 상용화되어 시장에 성공적으로 출시될 확률을 의미하며, 일반적으로 유사한 연구개발사업들 중 실제 사업화에 성공한 연구개발사업의 비율이 사용된다.

'사업기여도'는 미래 시장에서 발생할 것으로 예상되는 편익 전체가 분석 대상 사업에 의해 발생한 것이 아니기 때문에 순수하게 분석 대상 사업에 의한 효과만을 분리하여 살펴보기 위한 것으로, 일반적으로 유사한 목적의 연구개발사업에 투입된 국내 총 연구개발 비용(국가와 민간 포함) 중에서 분석 대상 연구개발사업의 비용이 차지하는 비율로 계산된다. 'R&D기여도'는 새롭게 창출된 매출액 중에서 분석대상 연구개발사업이 기여한 정도를 의미한다.

마지막으로 '부가가치율'은 매출액 중에서 실제 새롭게 창출된 경제적 편익이 차지하는 비율을 의미하며, 일반적으로 유사 업계 혹은 기업의 일정 기간 부가가치액을 동

4) 미래 시장 규모의 추정은 분석 대상 연구개발사업이 완료된 미래 시점부터 관련 기술의 수명 주기 동안 발생하는 것으로 가정하고 있으며, 최근 융합 기술 개발의 경우 직접적인 수명 주기를 산정하기 어려워 관련된 산업의 특허 수명 주기의 평균값을 사용하고 있다. 그러나 융합 기술의 편익 발생 기간을 보다 자세히 산정하기 위해서는 특허 분석을 통한 기술 유사도등을 가중치로 사용하는 방법이 적절할 것으로 보인다. 기술의 수명주기에 대한 논의는 이후 별도의 절에서 다루기로 한다.

일기간의 매출액으로 나눈 비율로 정의된다.

시장접근법은 그 기본 구조상 여러 개의 변수들이 직접적 경제적 편익의 산정에 영향을 미치고 있으며, 변수의 변화에 따라 직접적 편익의 값이 크게 변화한다. 그러나 이들 변수들 중에서 사업화 성공률, R&D기여도, 부가가치율은 일반적으로 기존에 수행된 연구개발사업의 평균치를 사용하며[5], 분석 대상 연구개발사업이 특수한 경우 이를 고려하여 평균치를 조정하여 사용하고 있다.

나. R&D 사업에의 적용

연구개발사업은 최종 성과물의 형태, 사업의 성격 등에 따라 다양하게 분류할 수 있으나, 여기서는 최종 성과물의 형태에 따라 신제품/서비스 개발을 목표로 하는 사업과 공정개선 기술 개발을 목표로 하는 사업, 그리고 지적 재산권을 목표로 하는 사업으로 크게 구분하여 살펴본다.

먼저 연구개발사업의 목표가 신제품/서비스의 개발이고 이와 관련한 미래 시장 규모의 추정이 가능할 경우, 앞서 언급한 바와 같이 기본적인 시장접근법의 구조를 활용할 수 있다. 이 경우 사업의 편익은 연구개발사업의 추진으로 인한 추가적 창출액(미래 국내 생산액)과 이 추가 창출액 중 연구개발사업에 의한 부가가치 창출비율로 되어 있는데, 여기서 연구개발사업의 추진으로 인한 추가적 창출액의 계산은 사업의 성격과 데이터의 종류에 따라 다르게 접근하게 된다. 연구개발사업의 최종 산출물이 특정 산업군에 포함되고 현재 획득 가능한 자료가 산업 차원의 시장 데이터일 경우 '미래 시장 규모'는 산업 차원의 미래 국내 생산액에 해당 제품(혹은 서비스)이 차지하는 시장점유율을 곱하여 계산된다.

반면 연구개발사업의 목표가 신제품/서비스의 개발임에도 불구하고 미래 시장 규모의 추정이 어렵고 사업이 다과제로 구성된 경우에는 기존 사업의 통계를 이용하여 '미래 국내 생산액'을 추정하게 되는데, 이 경우 '미래 국내 생산액'은 사업을 구성하고 있는 전체 과제수에 과제당 생산액을 곱하여 계산된다. 그러나 이러한 접근은 과거 연구개발사업의 성과 평균치를 이용한다는 점에서 해당 연구개발사업의 특성, 연구단의 역량 등을 전혀 반영하지 못한다는 한계점이 있다.

다음으로 기존의 생산 공정이나 생산 활동의 일부를 개선하는 기술 개발을 목적으로 하는 연구개발사업의 경우, 직접적 경제적 편익은 새로운 기술의 적용으로 인한 생

5) 연구개발사업을 수행할수록, 그리고 관련 지식이 축적될수록 사업화 성공률과 R&D기여도는 증가할 수 있다. 이러한 관점에서 현재 예비타당성 분석에서 사업화 성공률과 R&D기여도와 관련하여 관련된 기존 연구개발사업의 평균치를 사용하는 것은 일정정도 보수적인 관점에서 직접적 경제적 편익이 도출되고 있음을 의미한다.

산비용절감액으로 계산된다. 이 경우 새로 개발되는 기술이 기존의 기술을 완전히 대체하는 경우와 기존 기술의 일부를 효율화시키는 경우가 있으며, 두 경우 모두 위의 경우와 달리 국내 생산액이 아닌 국내 생산 규모의 예측이 필요하다. 즉, 신기술의 적용을 통해 단위 생산에서 비용이 어느 정도 절감되는지를 먼저 추정하고 여기에 미래의 국내 생산 규모를 곱하여 전체 비용절감액을 산출하게 된다.

비용절감액 = 국내 생산 규모 × (기존 기술에 의한 단위당 현재 생산 비용 − 신기술에 의한 단위당 미래 생산 비용 추정치)
비용절감액 = 국내 생산 규모 × 신기술에 의한 비용절감율 × 기존 기술에 의한 단위당 현재 생산 비용

여기서 금전적 단위의 생산액을 수량 단위의 생산 규모로 어떻게 전환한 것인가와 관련한 문제가 제기된다. 이는 일반적으로 국가 통계 시스템이나 많은 보고서등이 전체 산업의 규모를 집계할 때, 매출액이나 부가가치 등과 같은 금전 단위로 집계하고 있기 때문이다. 따라서 이 경우에는 관련 최종 산출물의 평균가격함수 추정이나 생산원가와 가격과의 관계식 등을 이용하여 미래의 가격을 추정하는 방법을 사용할 수 있다. 일반적으로 하이테크 제품의 경우 대부분 지수적 가격 하락 패턴을 보이는 것으로 보고되고 있다(Lee et al., 2006; Bayus, 1993).

마지막으로 연구개발을 통해 특허와 같은 지적재산권의 창출이 기대되는 경우, 사업의 직접적 경제적 편익은 지적재산권의 이전이나 사업화를 통해 기대되는 편익을 통해 계산된다. 먼저 신제품/서비스 개발을 목표로 하는 사업이지만 일차적으로 해당 연구개발사업을 통해 기대되는 것이 최종 산출물이 아니라 특허인 경우에는, 특허의 사업화 비율과 사업화된 특허의 평균 생산액을 곱하여 '미래 국내 생산액'을 추정하게 된다. 그러나 이 경우 특허 거래가 사업 종료 이후 언제 발생하는지에 따라 경제적 편익의 편차가 크게 발생할 수 있는 문제가 있다.

다음으로 연구개발사업을 통한 최종산출물이 특허이며 기술이전을 목표로 하는 경우에는 예상되는 기술로얄티를 추정하여 경제적 편익을 추정하게 되는데, 일반적으로 기술로얄티는 고정로얄티와 경상로얄티로 구성된다. 고정로얄티는 예상계약금과 기술개발성공률, 사업화추진으로 인한 기대 로열티 창출액 등으로 계산되며, 경상로얄티는 미래 시장 규모, 시장점유율, 이전 기술의 사업화 성공률, 경상로얄티 비율 등으로 계산할 수 있다.

이상에서 연구개발사업의 최종성과물이 신제품/서비스의 개발, 공정개선 기술 개

발, 지적재산권의 창출인 경우 직접적 경제적 편익이 어떻게 계산되는지를 간략하게 살펴보았다. 이들을 간략하게 정리하면 [표 2-1]과 같으며, 이들 세 경우 모두 미래 시장 규모 예측치가 필요하다는 공통점이 있다.

[표 2-1] 직접적 경제적 편익 산출을 위한 주요 변수

최종 산출물	구분	직접적 경제적 편익	계산에 필요한 주요 변수들	미래 국내 생산액의 추정
신제품 서비스		신규 부가 가치 창출액	·미래 국내 생산액 ·사업화 성공률 ·사업점유효과 ·R&D기여도 ·부가가치율 등	필요함
공정 개선	기존 기술 완전 대체	비용 절감액	·미래 국내 생산 규모 ·기존 기술에 의한 단위당 현재 생산 비용 ·신기술에 의한 단위당 미래 생산 비용(추정치)	필요함
	기존 기술 일부 개선	비용 절감액	·미래 국내 생산 규모 ·신기술에 의한 비용절감율 ·기존 기술에 의한 단위당 현재 생산 비용	필요함
지적 재산권	사업화 가능	신규 부가가치 창출액	·예상 특허 산출량과 특허 사업화율 ·사업화 특허당 평균 생산액 ·R&D기여도 ·부가가치율 등	필요함
	기술 이전 자체가 목적	기술 로얄티	·고정로얄티: 예상계약금, 기술개발성공률, 추가기술개발 단계별 마일스톤, 추가개발 단계별 성공률 등 ·경상로얄티: 미래 시장 규모, 시장 점유율, 이전 기술의 사업화 성공률, 경상로얄티 비율 등	필요함 (경상 로얄티 산출시)

KOPRI 극지연구소

다. 시장접근법에 대한 논의

신제품/서비스 개발을 통한 사업화를 목적으로 하는 연구개발사업의 예비타당성 분석에서 현재 직접적 경제적 편익을 산출하기 위해 사용되고 있는 '시장접근법'(혹은 '시장규모접근법')은 그 용어가 기술가치평가 분야에서 일반적으로 사용되는 방법론 중의 하나인 시장접근법과 동일하다. 때문에 시장접근법이라는 용어에 대해 기술경영 및 기술경제, 그리고 특히 특허 관련 전공자들의 경우 혼동의 여지가 많은 실정이다.

일반적으로 기술가치평가에서 기술(혹은 특허)의 가치를 산정하기 위해서는 정성적(qualitative), 정량적(quantitative) 방법을 사용하고 있으며, 정량적 방법의 대표적인 것이 원가접근법(cost approach), 시장접근법(market approach), 이익접근법(혹은 소득접근법, income approach)으로 구분되고 있다. 먼저 원가접근법은 그 기술과 동일한 용도 또는 동일한 유용성을 갖는 기술을 창출하는데 소요되는 원가(대체원가, replacement cost), 해당 기술과 정확하게 일치하는 기술을 개발하는데 소요되는 비용(재생산원가, reproduction cost), 현명한 투자자가 대체 가능한 기술에 지불할 수 있는 최대 금액(신대체원가, replacement cost new)을 해당 기술의 가치로 산정하는 방식이다.

다음으로 시장접근법은 최근에 발생한 매매나 라이센스된 유사한 기술거래를 비교분석한 후 평가대상 기술의 시장가치를 추정하는 방법이며, 기본적으로 시장에서의 가치형태나 경향의 흐름을 파악하기 위한 믿을만한 기술거래의 존재를 전제로 한다. 일반적으로 기술가치평가에서 시장접근법은 평가 대상이 되는 기술자산과 유사한 자산의 판매에 관한 정보가 많은 경우 최적의 평가방법으로, 라이센스나 로열티 산정에 있어 자주 이용되고 있다. 마지막으로 이익접근법은 새로운 기술자산권을 창출하거나 구축하는 비용과는 관계없이 그 자산이 지닌 경제적 이익 창출 능역에 초점을 두는 방식으로 미래의 경제적 이익을 현재가치로 환산한 가액을 추정한다. 이 때 경제적 이익, 수익 기간, 할인율이 중요한 요인으로 작용한다(김연배 외, 2007).

신제품/서비스의 개발과 이의 사업화를 목적으로 하는 연구개발사업에 대해 현재 예비타당성 조사에서 사용하고 있는 시장접근법은 기술가치평가 분야에서 사용하는 시장접근법과 동일한 용어를 사용하고 있음에도 전혀 다른 것을 지칭하고 있으며, 개념적으로는 이익접근법과 유사하다고 할 수 있다. 특히 이익접근법에서 사용하는 경제적 이익을 미래에 창출할 것으로 예상되는 부가가치라고 해석하면 기술가치평가의 이익접근법은 예비타당성 분석에서의 시장접근법과 그 분석 대상에서만 차이가 있을 뿐 개념적으로는 동일한 분석 방법론이라고 할 수 있다. 즉, 경제성 분석에서 사용하고 있는 '시장접근법'이라는 용어는 개념적으로 기술가치평가의 이익접근법에 가깝다

고 할 수 있다.

한편 시장접근법에 의한 직접적 경제적 편익 산정에 활용되는 주요 변수에 대해서도 검토가 필요하다. ‘사업화 성공률’은 해당 연구개발의 성공 이후 이것이 상업화 성공으로 이어지는 확률을 의미하고 있으며, 두 개의 확률 변수를 포함하고 있다. 즉, ‘사업화 성공률’은 연구개발사업의 성공률과 상업화 성공률 두 개를 내포하고 있으나, 용어는 후자만을 일컫는 것으로 오해받기 쉽다. 따라서 현재의 시장접근법에서 사용되고 있는 사업화 성공률을 구조적으로 R&D 성공률과 사업화(혹은 상업화) 성공률 두 개로 구분하거나, 혹은 이 둘을 포괄하는 새로운 용어를 도입할 필요가 있다. 현실적으로는 사업화 성공률이 적절하기에 사업화 성공률을 위주로 사용하는 것이 바람직할 것이다.

KOPRI
극지연구소

제3장. R&D 사업 비용편익분석 사례

제1절 예비타당성조사 사례

1. 녹색산업 선도형 이차전지 기술개발사업

녹색산업 선도형 이차전지 기술개발사업은 급성장하는 전기차·에너지저장용 이차전지와 관련 부품·소재 공급기반을 구축하여 국가의 새로운 성장 동력을 창출하는 것을 목적으로 한다. 이를 위한 구체적인 목표로 2015년까지 이차전지 세계시장의 45%를 점유하는 것과 소재의 국산화율을 75% 달성을 제시하였다. 총 사업비는 2,941억원(2011년~18년, 국고: 2,068억원, 민간자본: 873억원)이고, 이 중에서 핵심부품소재개발에 총 1,391억원(국고: 998억원, 민자: 393억원)을, 전지제조기술개발에 1,295억원(국고: 840억원, 민자: 455억원)을, 산업기반조성에는 255억원(국고: 230억원, 민자: 25억원)을 지원한다는 계획을 제출하였다.

동 사업은 경제성 분석을 위해 비용편익분석을 수행하였으며, 사업의 편익은 시장규모의 증가분에 근거하여 산정하였다. 전체 사업을 핵심부품소재개발과 전지제조기술개발로 구분하여, 연구개발사업 추진으로 인한 추가창출 생산액의 기댓값을 도출하였다.

핵심부품소재개발의 추가창출 시장규모는 각 과제의 소재 시장별 시장규모, 소재 국산화율 목표, 기술개발성공률의 곱으로 산출되었다. 이차전지 제품 시장 측면에서의 부가가치율은 현재 소재 분야의 낮은 국산화율이 반영된 것이므로, 핵심부품소재의 국산화 제고에 따른 부가가치의 증가는 이차전지 제품 시장의 편익과 분리하여 국산화에 따른 추가 창출 시장 규모의 편익으로 별도로 산정하였고, 소재분야의 국산화 목표로 제시된 75%의 최종 목표를 준용하였다. 기술개발 성공률은 2008년 산업기술개발사업 성과활용현황을 기준으로 전기전자 분류 내 전지 분야의 사업화 성공률 25%를 적용하였다. 또한 제시한 부품소재의 국산화율이 낮고 기술적 장벽이 존재하는 특화된 분야이므로 연구개발 활동이 활발하지 않으며, 사업 기간 내에 민간의 독자적인 연구개발 추진의 가능성이 높지 않을 것으로 가정하여 동 사업 기여율은 100%로 적용하였다.

전지제조기술개발의 추가창출 시장규모는 각 과제가 포함되는 이차전지 전체 시장규모, 이차전지 시장점유율 목표, 기술개발성공률, 동 사업 기여율의 곱으로 산정되었다. 대상 시장으로는 초고용량 커패시터, 에너지 저장용 리튬이온전지, 소형 리튬이온

전지, 자동차용 리튬이온전지 시장을 선정하여 일본의 전문시장조사기관인 Hiedge의 조사결과를 적용하였다. 시장점유율 목표는 현재 33% 수준에서 2018년 45% 목표로 제시한 사업계획서의 시장점유율 목표를 준용하였고, 사업화 성공률은 2008년 산업기술개발사업 성과활용현황을 기준으로 전기전자 분류 내 전지 분야의 사업화 성공률 25%를 적용하였다. 마지막으로 동 사업 기여율은 사업 기간 내 예상되는 정부 및 민간의 이차전지 분야 투입규모 중 동 사업의 비중을 계산하여 7.3%를 적용하였다.

이와 같은 과정을 통해 구해진 추가창출 생산액에 R&D에 의한 부가가치 창출비율을 적용하였다. 즉, 연구개발사업 추진으로 인한 추가창출 생산액의 기댓값에 부가가치비중과 부가가치 대비 R&D 기여율을 곱하여 최종적인 편익을 산출하였다. 부가가치 비중은 한국은행의 2007년 산업연관표를 기준으로, '발전기, 전동기 및 전기변환장치' 업종의 26.0%를 적용하였고, R&D 투자대비 경제성장 기여율은 R&D 예비타당성조사에서 일반적으로 활용하고 있는 28.1%(신태영, 2004)를 적용하였다. 편익기간은 이차전지 관련 분야의 IPC 서브클래스 특허수명주기 분석 결과인 7년을 최초 편익 발생 이후의 편익발생기간으로 적용하였고, 할인율은 예비타당성조사 일반지침 상의 5.5%를 사용하였다.

사업주체가 제시한 계획에 대해 비용편익분석을 수행한 결과, B/C Ratio는 0.87로 경제성을 확보하기 어려운 것으로 나타났다. 한편 연구진은 사업의 목표와 전략, 주관부처의 역할에 부합하지 않는 핵심부품소재개발의 6개 장기과제, 전지제조기술개발의 차세대융복합형이차전지 3개 과제, 산업기반조성의 인력양성 1개 과제 및 과제가 추진되지 않는 2018년도 차세대전지사업단운영지원 비용을 제외한 총 1,883억원을 적정 사업비 규모의 대안으로 도출하였다. 따라서 최종적으로 제시한 대안은 총 사업비 1,883억원, 사업기간은 2011년부터 2017년까지 총 7년으로 1년이 축소되었으며, 이 때 B/C Ratio는 1.04로 경제적 타당성이 있는 것으로 나타났다.

2. 신성장동력 장비경쟁력 강화사업

신성장동력 장비경쟁력 강화사업은 신성장동력 4대 장비산업 강국 도약을 위해 3단계[6]로 나누어 사업을 진행하며 장비 자립률, 기술경쟁력, 국내 생산액, 세계시장 점유율, 고용창출 등의 5개 항목별 목표를 설정하였다. 동 사업의 사업기간은 2011년부터 2018년까지(총 8년)이며, 사업비는 8년간 총 3조원(정부부담 2조원)이다.

6) 1단계(2011-2013), 2단계(2014-2016), 3단계(2017-2018)

[표 3-1] 신성장동력 장비경쟁력 강화사업의 세부목표

항목	목표
장비 자립률	('08) 35% → ('18) 60%
기술경쟁력	('08) 56% → ('18) 95%
국내 생산액	('08) 87억불 → ('18) 352억불
세계시장 점유율	('08) 4.9% → ('18) 10.1%
고용창출	('08) 77,375명 → ('18) 237,875명

출처: 한국과학기술기획평가원(2010g), 2010년 예비타당성조사 보고서: 신성장동력 장비경쟁력 강화사업.

대형 설비형 장비에 해당되는 반도체, 디스플레이, LED, 그린수송과 신 산업형 장비에 해당되는 바이오, 의료, 방송 기술개발을 주요 내용으로 하고 있다. 이때 대형 설비형 장비의 경우 국내 수요업체에서 구매 가능한 양산장비를 개발하도록 하고, 신 산업형 장비의 경우 향후 시장선점 가능성이 큰 아이템을 집중 지원한다는 계획이다.

[표 3-2] 신성장동력 장비경쟁력 강화사업 분야별 전략 품목

구분	분야	전략품목
대형 설비형	반도체장비	30㎚급 장비, 450㎜대응장비 중심 25개 품목
	디스플레이 장비	초대면적 LCD 및 6G급 OLED 인쇄장비 등 7개 품목
	LED장비	MOCVD, 웨이퍼레벨평가장비, Prober/Sorter등 12개 품목
	그린수송장비	라인센터, 플로워타입 대형 보링머신 등 18개 품목
신산업형	바이오장비	크로마토그래피, 원심분리기, 세포분석 장비 등 15개 품목
	의료장비	의료용 소프트웨어, 캡슐형 내시경 등 13개 품목
	방송장비	3D방송용 제작, 편집, 송출장비 등 28개 품목

출처: 한국과학기술기획평가원(2010g), 2010년 예비타당성조사 보고서: 신성장동력 장비경쟁력 강화사업.

동 사업의 경제성 분석을 위해서는 기획보고서에서 제시한 15개 대표과제의 경제성 분석결과를 검토하고, 도출된 문제점들을 보완하여 편익을 재산출하는 과정을 거치고 있다. 연구진이 산출한 최종 편익은 세계시장규모, 한국점유율, 사업점유효과, R&D기여도, 사업화성공률, 부가가치율을 곱한 값이다. 세계시장규모는 관련 보고서나 통계자료를 활용하였으며, 사업점유효과는 연구개발활동조사자료에 동 사업 민간

매칭 비율을 적용하여 산출한 29.3%를 이용하였다. R&D기여도는 28.1%(신태영, 2004)를 기본으로 하되 10.9%(하준경, 2005)와 30.6%(과학기술부, 2006)의 두 가지에 대해서도 추가적으로 산출하였다. 사업화 성공률은 한국산업기술기획평가원(ITEP)과 한국연구재단의 과제별 2007년 성과조사 자료를 적용하여 산출된 값인 32.4%(전체분야)를 기본으로 적용하고 기계소재와 전기전자 분야 값인 36.0%를 추가적으로 적용하였다. 그리고 국가 차원에서 발생되는 편익 분석이므로 영업이익률 대신 부가가치율을 적용하고, 제품 수명 대신 기술수명주기를 적용하였다.

세계 시장의 성장률 및 한국 생산규모가 세계 시장에서 차지하는 정도, 사업화 성공률에 따라 6가지 각각의 경우에 대한 15개 과제의 경제성 분석을 수행한 결과 경제성의 확보가 가능한 것으로 분석되었다(B/C Ratio: 0.98). 그렇지만 15개 과제에 대한 분석은 동 사업 전체 3조원 예산의 7% 부분에 대한 결과이므로 전체로 확대하여 해석하는 데에는 제약이 있는 한계점이 있어 사업 전체에 대한 객관적 산출이 불가능하게 되었다. 이에 따라 연구진은 사업 주체가 제출한 원안, 예타 착수 이후 접수된 자료, 분석결과 등을 토대로 대안을 구성하였다. 우선 사업의 기간을 5년[7]으로 단축하며, 각 분야별 예산은 원안에서 RFP수준의 계획이 마련된 과제로 한정하여[8] 총 사업비도 3조원에서 7551.6억원(국고: 5034.4억원)으로 줄였다. 원안의 15개 대표과제에 85개 과제를 추가한 총 100개 과제에 대한 비용편익분석을 수행한 결과 B/C Ratio는 0.84로 나타났다.

KOPRI 극지연구소

3. 기상조절 기술개발사업

기상조절 기술개발사업은 기후변화 재해(가뭄피해 등)의 능동적 대응을 위하여 기상조절 기술을 확보하는 것을 목적으로 하며, 가뭄 피해 저감 기술의 국가적 확보를 위한 인공 증우(증설) 실용화, 안개 피해 경감을 위한 안개저감 기반 기술개발, 실험연구용 항공기 도입 및 종합 활용 기술개발을 목표로 하고 있다. 사업기간은 2011년부터 2016년까지 총 6년, 주관부처는 기상청(국립기상연구소), 참여기관으로 수자원공사를 제시하고 있으며 총 사업비는 1010억원(순수 R&D분야: 319.5억원, 인프라 구축(시설장비/표준화) 부문: 635.7억원, 인력양성 및 국제협력 분야: 54.8억원)이다. 순수 R&D의 분야는 인공강우(증우) 기술개발(168억원), 안개저감기술개발(73.5억원), 기상조절외 항공기활용기술개발인 기상·기후 항공감시기술개발(78억원)로 구성되어 있다. 인

7) 5년은 각 부처 중기계획 수립의 시간 단위이며 동 사업의 기술개발계획 중 RFP수준의 계획이 마련되어 있는 부분임.(동 사업 원안 2단계의 중간 시점)

8) 과제종료시점은 동 사업 대안의 종료시점인 5년차로 조정하였으며 종료 시점을 맞추기 위하여 일부 과제의 수행 시점이 1년 앞당겨짐

프라 구축 분야는 실험연구용 항공기 운영(310억원), 기상조절용 항공검증장비 개발 및 시험(141억원), 기상조절 감시·검증시스템 구축 및 운영(106.2억원), 기상조절 실험 기지개선 및 운영(78.5억원)으로 구성되어 있다.

동 사업의 비용편익분석에서는 ⑴ 기상조절기술여부, ⑵ 연구개발의 필요성(기술 성숙도 여부), ⑶ 편익발생의 주체(수자원공사 또는 한국공항공사)의 참여여부, ⑷ 단일항목여부(중복계산배제), ⑸ 직접편익계산을 원칙으로 하여 해당 편익을 선택하였다. 편익추정은 사업주체가 제시한 자료를 기초로 하여, 국가통계 및 과학적 사실에 근거하여 [표 3-3]과 같은 3가지 시나리오로 구분하여 추정하였다.

[표 3-3] 기상조절 기술개발사업의 경제성분석 시나리오

구분	내용	편익내용
시나리오 1	현실적 시나리오	산불예방
시나리오 2	기술극대화/수자원공사 적극참여	산불예방, 수자원확보, 발전
시나리오 3	기술극대화/수자원공사 공항공사 참여	산불예방, 수자원확보, 발전, 공항안개저감

출처: 한국과학기술기획평가원(2010b), 2010년 예비타당성조사 보고서: 기상조절 기술개발사업.

KOPRI 극지연구소

시나리오 1은 현실적 시나리오이며, 시나리오 2가 실현되기 위해서는 아래의 전제사항이 모두 만족될 것을 가정하였다. 또한 시나리오 2의 전제사항을 충족시키면서 아래의 전제사항을 모두 충족되는 경우에만 시나리오 3이 실현됨을 가정하였다.

용수확보 및 발전편익은 안동·임하댐의 수자원 증가분을 기초로 산정하였으며, 산불예방편익은 수자원 증가에 활용한 강수량 증가분에 의한 기여를 고려하였고, 공항안개저감에 의한 결항감소편익은 인근지역 공항인 청주·대구공항과 인천공항의 안개로 인한 결항통계를 활용하였다. 특별편익인 가뭄고통해소는 태백시의 가뭄백서 조사자료를 기초로 하여 대상지역인 안동·임하 인근 유역의 가치로 환산하였다. 편익분석기간은 기술주명주기의 최장기간인 8년으로 고려하였으며,[9] 할인율은 5.5%, 인공 증우 운영기간은 12월에서 차년도 5월까지로 가정하였다. 비용편익분석 결과, 각 시나리오 별로 다음과 같은 B/C Ratio를 산정하였으며 모든 경우에 경제적 타당성은 낮은 것으로 분석되었다.

9) IPC분류상 기상조절기술은 물리학의 항목으로 구분되며, 물리학 분야의 기술수명주기의 평균값은 7.2984년, 중간값은 6.0000년으로 조사됨.

[표 3-4] 기상조절 기술개발사업 경제성분석 시나리오 2의 전제사항

전제사항	관련편익
1. 수자원장기종합계획에 인공증우 기술적용 시기・규모에 명시	용수확보
2. 인공증우 관련 R&D에 관련주체(수자원공사)의 충실한 재원분담	용수확보
3. 인공증우 관련 기술적 난점 해결	용수확보
3-1. 강수재분배 문제없이 강수량의 순증(純增)효과 입증	
3-2. 강수지역의 목표지역을 대상유역(안동・임하)으로 완전히 제어	
3-3. 인공증우 사업으로 인한 손해발생 인과관계 완전입증	
3-4. 장기적 인공증우에 의한 부정적 누적효과 제거	
4. 빗물이용을 위한 인프라 구축	빗물이용

출처: 한국과학기술기획평가원(2010b), 2010년 예비타당성조사 보고서: 기상조절 기술개발사업.

[표 3-5] 기상조절 기술개발사업 경제성분석 시나리오 3의 전제사항

전제사항
1. 공항공사 및 항공사의 재원분담 및 적극적인 참여
2. 현재 성숙된 기술을 제외한 연구개발의 여지가 남아있는 사항 명확화
3. 대상 공항에서 지연・결항을 발생하는 안개의 종류 및 빈도관련 통계분석
4. 대상 공항에서 발생하는 주된 안개의 형태에 적합한 실험설계 및 장비구축

출처: 한국과학기술기획평가원(2010b), 2010년 예비타당성조사 보고서: 기상조절 기술개발사업.

KOPRI 극지연구소

[표 3-6] 기상조절 기술개발사업에 대한 경제성분석 결과 정리

시나리오	구분		B/C	NPV(억원)
1	-		0.04	-1028.1
2	댐용수_수력		0.11	-948.9
	댐용수_양수		0.13	-928.2
	원수_수력		0.31	-734.5
	원수_양수		0.32	-724.0
3	청주 대구 공항	댐용수_수력	0.15	-914.3
		댐용수_양수	0.16	-905.1
		원수_수력	0.35	-701.3
		원수_양수	0.35	-692.1
	인천 공항	댐용수_수력	0.33	-771.6
		댐용수_양수	0.34	-761.2
		원수_수력	0.51	-558.6
		원수_양수	0.52	-548.1

출처: 한국과학기술기획평가원(2010b), 2010년 예비타당성조사 보고서: 기상조절 기술개발사업.

4. 폐자원 및 바이오매스 에너지화 기술개발사업

폐자원 및 바이오매스 에너지화 기술개발사업은 「폐자원 및 바이오매스 에너지 대책 실행계획」에 따른 에너지 보급률 달성, 세부 대책 추진의 뒷받침, 국가 경쟁력 향상을 위한 관련 기술을 개발을 목적으로 하고 있다. 동 사업은 2030년 폐자원 및 바이오매스 에너지 보급 목표율 7.12% 달성을 뒷받침 할 수 있는 기술개발과 2020년 폐자원 및 바이오매스 에너지화 국가기술수준 선진국 대비 90~95% 달성, 2030년 폐자원 및 바이오매스 에너지 세계시장 6% 점유할 수 있는 기술의 개발을 목표로 하고 있다. 동 사업은 매립·소각·해양투기 되는 폐기물의 에너지화 기술 및 바이오매스의 에너지화 기술 원천연구에서 상용화까지 전 단계에 걸친 기술을 개발하기 위한 것으로, 2011년부터 2020년까지 총 10년 동안 9,256억원(국고: 7,000억원, 민자: 2,256억원)을 투자할 계획을 제출하였다.

최종편익은 사업에 의한 부가가치, R&D 기여도, 동 사업 점유효과, 사업화 성공률의 곱으로 산출되었고, 부가가치의 정의에 따라 두 가지의 시나리오를 구성하여 비용편익분석을 수행하였다. 첫 번째 시나리오에서는 원유수입대체효과와 폐기물처리비 절감액의 합을 부가가치로 정의하였으며, 두 번째 시나리오에서는 원유수입대체효과와 폐기물처리비 절감액의 합에 기술수출액과 부가가치율을 곱한 값을 함께 고려하였다. R&D 기여도는 28.1%(신태영, 2004)를 적용하였고, 동 사업 점유효과는 2009년 연구개발활동조사 보고서(교육과학기술부, 한국과학기술기획평가원, 2009)에 제시된 정부와 민간 R&D투자비율 27:73과 동 사업의 민간참여비율을 적용한 결과 값인 35.5%를 이용하였다. 사업화 성공률은 환경부 차세대 핵심환경 기술개발사업 내 실용/실증 기술 483건의 연구개발과제 중 154건에서 사업화 매출액이 발생하였으므로 31.9%를 적용하였다. 할인율은 5.5%를 적용하였다. 비용편익분석 결과 시나리오 1과 시나리오 2에 대해서 모두 경제적 타당성이 없는 것으로 나타났다. 기술수출액을 부가가치에 포함시키는 것은 전체 결과에 영향을 주지 않았다.

[표 3-7] 폐자원 및 바이오매스 에너지화 기술개발사업의 비용편익분석 결과

구분	B/C ratio
시나리오 1 (기술수출 제외)	0.432
시나리오 2 (기술수출 포함)	0.436

출처: 한국과학기술기획평가원(2010i), 2010년 예비타당성조사 보고서: 폐자원 및 바이오매스 에너지화 기술개발사업.

5. 농생명 국가전략대응기술개발사업

농생명 국가전략대응기술 개발사업의 목적은 농업생명공학의 연구개발 기반의 구축, 작물 생산성의 획기적 향상, 고품질 농축산물의 안정적 공급을 통한 식량안보 확보, 첨단 생명공학 및 바이오기술 개발 및 실용화를 통한 국가 안정성과 세계 속의 국가위상 확보이다. 동 사업은 총 5개 영역(식량안보확보, 기후변화대응, 농생물 자원 다양성, 국가현안대응, GMO 안전성 영역)에 대해 사업단을 구성하고 2011년부터 2020년까지 총 10년간 매년 500억원을 균등하게 투입하여 총 5,000억원(국고: 4,378억원, 민자: 560억원, 기타(지자체): 62억원)을 지원한다는 계획을 제출하였다.

5개 영역별 주요 목표는 다음과 같다. 식량안보확보 연구영역은 분자육종, 종속간 교잡, GM가축 개발 등의 기술을 이용해 고품질 신품종을 개발하고 식량자급률 10% 향상 기술을 확보하는 것을 목표하고 있다. 기후변화대응 연구영역은 지구온난화 등 환경변화에 대응하는 초다수성, 총체저항성 및 재해저항성 증진 기술 개발과 작물 생산성 최대 50% 증가를 목표로 한다. 농생물 자원 다양성 연구영역은 재래종 및 토종 유전자원 국가관리체계 구축을 통해 자원 활용률 2배 향상을 목표로 하며, 국가현안대응 연구영역은 인수공통 전염병예방기술 개발을 통한 가축발병률 50% 저감과 온실가스 방출량 저감 기술 확립을 통한 농업분야 온실가스 50% 저감을 위한 기술 확보를 목표로 한다. 마지막으로 GMO 안전성 연구영역은 GMO 안전성 평가 기반 구축을 통한 국내개발 GMO 20건에 대한 위해성과 안정성을 평가하고 최종적으로는 국내 재배 구현을 목표로 한다.

동 사업계획에서 제시하고 있는 연구영역별 사업목표의 유형을 검토한 결과 직접적인 경제적 부가가치를 창출할 수 있는 가능성이 높은 사업으로 평가되어 비용-편익 분석을 적용하는 방법이 적절하다고 할 수 있다. 각 연구영역별로 연구개발 내용에 따라 차별화된 목표시장을 설정하여 사업 추진의 특성을 반영하고자 하였다. 식량안보확보 영역의 경우, 벼, 콩, 채소, 사료용 옥수수, 가축 등 5개 품목의 신품종 개발과 자급률 제고에 따른 추가 생산 편익과 기술수출액을 대상으로 분석하였고, 기후변화대응 영역은 기후변화대응 관련 종자시장에 대한 목표시장을 재설정한 시장편익과, 작물의 생산 향상 편익을 분석하였다. 농생물 자원 다양성 영역의 경우, 자원 활용 유형에 의한 편익 발생에 직접성과 포괄성을 고려해 확장된 종자시장을 목표시장으로 설정하였고, 더불어 자원 활용률 향상으로 인한 편익도 산출하였다. 국가현안대응-인수공통전염병예방 분야는 동물백신시장을 목표시장으로 재설정하였고, 이와 더불어 기술수출 로열티와 가축발병률 감소로 인한 피해절감을 편익으로 설정하였다. 국가현안대응-온실가스방출억제 분야의 경우, 온실가스 저감 목표를 반영하여 농업분야 온실

KOPRI 극지연구소

가스 발생량 저감에 해당하는 이산화탄소 배출권 가격을 분석하였으며 GMO 안전성 영역의 경우, GMO 작물 국내 상용화로 인한 편익과 GMO 안전성 평가비용 절감 편익을 분석하였다.

이렇게 시장규모를 산정한 후 사업화성공률, R&D 기여도, 부가가치비율을 곱하여 분야별 최종적으로 편익을 구하였다. 사업화 성공률은 산업화 단계 비중이 높은 농식품부의 연구개발 성과 발생 현황(1994년부터 2008년까지 수행된 2,879개 과제를 대상으로 분석한 결과) 중 통합 사업화 성공률인 12.6%와 지정 공모형 사업(핵심전략/기획)의 성공률인 20.7%를 적용하였다. R&D 기여도는 28.1%(신태영, 2004)와 10.9%(하준경, 2005)를 적용하였으며 부가가치율은 한국은행 2007년 산업연관표 자료를 참고하였다.[10] 비용편익분석 결과, B/C Ratio는 0.77, 총편익현가에서 총비용현가를 제거한 순현가(NPV)는 -748억 원으로 산출되어 사업추진의 경제성이 확보되지 못한 것으로 분석되었다.

6. 정지궤도 복합위성 개발사업

정지궤도 복합위성 개발사업의 총 사업기간은 7년 3개월(2011.3-2018.6), 총사업비는 6,697억원(전액 국고 : 교과부 3,253.5억원, 기상청 1,372억원, 국토해양부 933억원, 환경부 1,138.5억원)으로 기상위성과 해양환경위성 등 2기의 정지궤도위성을 각각 개발하는 것을 주요 내용으로 하고 있다. 36,000km 고도에서 운용될 중형급 정지궤도 복합위성을 국내 주도로 개발하여 위성관련 핵심기술 자립화와 독자적인 기상, 환경 및 해양관측 능력 확보를 목표로 제시하고 있다.

동 사업은 기상탑재체가 적용된 위성과 해양탑재체 및 환경탑재체가 적용된 위성을 각각 개발하여 정지궤도상에 운용하는 계획을 제시하고 있다. 따라서 위성본체의 금전 환산 편익은 동 사업 완료 시점에서 고유모델 확보 및 시장진출이 가능할 경우에 포함할 수 있으나 정지궤도 위성 분야에서 실질적인 시장진출은 후속사업 종료[11] 이후 시점이 될 것이므로 경제적 편익의 의미가 크지 않다. 이에 따라 연구진은 기상탑재체, 해양 및 환경탑재체의 편익을 각각 산정하였고, 이 과정에서 위성의 이용과 관계없이 모든 사람에게 발생하는 파급효과 및 간접편익은 제외하고 직접적인 편익만을 한정하여 적용하였다.

기상탑재체의 편익은 사회적 비용감소 부분과 사회적 편익 증가부분으로 나눌 수

10) 벼 79%, 콩 79.6%, 채소 69%, 사료용 옥수수 13.8%, 축산 32.5%, 맥류 및 잡곡 66.6%, 기타 식용작물 79.6%, 낙농 및 육우 36.1%, 임산물 80%, 의약품 37.4%, 기타 축산 28.9%이다.

11) 동 사업을 통해 개발된 위성 수명의 종료 시점인 2017년이다.

있다. 사회적 비용감소 부분은 악기상[12]에 의한 인명피해와 재해발생으로 인한 재산피해[13], 항공기 지연으로 인한 손실 등의 사회적 비용감소를 의미한다. 방지가 가능한 재해의 규모는 전체 재해규모에 규모감축비율, 위성관측자료 기여율을 곱하여 산출하였고, 기상악화로 인한 항공기 지연 및 결항으로 인한 편익은 항공사 편익과 지연으로 인한 승객 편익으로 구분하여 산출하였다. 사회적 편익 증가 부문은 1) 기상예측정보의 정확도 향상으로 인한 기상정보 서비스산업에서의 부가가치 창출편익, 2) 기상예측정보의 향상으로 인한 기상정보 활용산업의 부가가치 창출편익, 3) 기상예측정보의 정확도 향상으로 인한 기상정보 활용산업의 비용절감편익을 의미한다.

기상예측정보 정확도 향상으로 인한 기상정보 서비스 산업에서의 부가가치 창출편익은 민간기상사업 서비스산업 시장규모에 기상정보의 정확도 개선율, 위성관측자료 기여율, 해당 산업의 부가가치율을 곱하여 산출하였다. 기상예측정보 정확도 향상으로 인한 기상정보 활용산업의 부가가치 창출편익은 2008년 시장규모에 기상정보의 매출액 기여율, 위성관측자료 기여율, 기상정보의 정확도 개선율, 해당 산업의 부가가치율을 곱하여 산출하였다. 기상예측정보 정확도 향상으로 인한 기상정보 활용산업의 비용절감 편익은 2008년 시장규모에 위성관측자료 기여율, 기상정보의 정확도 개선율, 비용절감 기여율을 곱하여 산출하였다. 편익 발생기간은 발사시기(2017년 3월)를 고려하여 2017년 3월~2027년 2월까지로 가정하였다.

해양탑재체는 해양 표면에 대한 자료를 수집하는 것을 주된 기능으로 하며 적조피해 감소, 해난피해저감을 통한 사회적 비용 감소, 어획량 증가의 사회적 편익 증가, 해양조사비용의 절감, 항만공사 설계비의 절감 등의 편익이 발생할 수 있다. 적조피해 감소로 인한 편익은 연평균 적조피해 발생액, 자연재해 피해감소비율, 위성관측자료 기여율의 곱으로 산출하였고 어장정보 수입대체 편익은 연간 수입대체효과와 정보서비스업의 부가가치율의 곱으로 나타내었다.

어장정보서비스의 사업화 편익은 서비스 대상어선 수와 시장점유율, 서비스 가격의 곱으로, 항만공사 설계비 절감 편익은 연평균 항만공사비용에 조사비 및 설계비 비율과 설계비용 절감 비율을 곱하여 산출하였다. 해양오염피해 감소편익은 연평균 유출량, 톤당 피해액, 해양관측을 통한 피해절감비율을 곱하여 산출하였고, 마지막으로 해양조사비용 절감편익은 해양 조사비용(1회)에 2007년도 해양조사실적[14]의 조사항목 중 해양탑재체로 측정 가능한 부문(횟수)을 곱하여 산출하였다.

환경탑재체는 기상탑재체나 해양탑재체에 비해 비시장재적 요소가 강하며, 국민에

12) 태풍, 호우, 폭설, 혹서, 혹한 등.

13) 공공시설, 건물, 농경지 훼손 등.

14) 한국해양자료센터, KODC NEWSLETTER No. 49, 2008. 4.

게 미치는 주요 영향은 대기오염정보의 정확도 개선이라는 서비스라 할 수 있다. 환경현상 자체의 관측에 대한 경제적 관점에서의 분석은 실증자료의 부재로 인해 엄밀한 산출에 제약이 있는 것으로 평가되어 환경탑재체의 관측자료 제공으로 미세먼지, 오존 등의 대기오염 관측 및 예측의 정확도 향상을 통한 사망률 감소 편익만을 편익에 포함시켰다.

경제성분석을 수행한 결과 사업 전체의 B/C Ratio는 0.781로 산출되었다. 기상위성과 해양환경위성 각각을 살펴보면, 위성수명이 10년, 13년이라고 가정하였을 경우 기상위성의 B/C Ratio는 1이상으로 도출되었다. 그러나 해양환경위성의 편익은 위성수명과 상관없이 B/C Ratio가 1이하의 값이 도출되었다.

제2절 해양분야 R&D 사업 경제성 분석 사례

1. 해양바이오돔 구축사업

사회적 할인율은 KDI에서 발간한 예비타당성조사 일반지침(제5판)에 근거하여 5.5% 적용하였다. 해양바이오돔 구축사업은 산업적 성과가 발생하기 어려운 사업으로서, 그 혜택에 대한 시각을 일반 국민으로 확대해 볼 때, 본 사업으로 인해 국민들은 자긍심을 느끼고 기초과학의 발전에 대해 만족을 느껴 이로 인해 국민후생은 증가할 수 있으므로 이 효과를 본 사업의 주요 편익으로 평가한다. 편익 추정에 있어서 무엇보다도 중요한 것은 편익의 개념이 예비타당성조사 일반지침 제5판에 부합해야 하는 것이며 편익항목간 이중계산의 문제가 없어야 한다는 것이므로, 편익 추정에 있어서 이 2가지 원칙을 견지하고자 하였다.

연구개발사업의 편익은 원칙적으로 연구개발활동의 결과로 나타나는 모든 경제적 효과를 의미하며, 미시적 수준에서 긍정적 효과를 구분하여 추정한 후, 거시적 수준에서 각각의 긍정적 효과를 적절하게 합산해야 한다. 특정 공공사업으로부터 발생하는 편익은 크게 소비자와 공급자의 두 측면에서 나타나며, 연구개발사업도 예외는 아니므로 혜택을 얻는 경제주체를 크게 소비자(가계 또는 국민)와 생산자(기업 또는 산업)로 구분한다면, 소비자에게 발생하는 편익을 경제학적 후생의 관점, 즉 소비자 잉여(consumer surplus)로 평가되고, 생산자에게 발생하는 편익은 생산자 잉여(producer surplus) 내지는 부가가치의 관점에서 평가되어야 한다. 수혜의 대상을 소비자와 생산자로 뚜렷하게 구분하기 어려운 경우에는 국가 전체의 부가가치 창출에서 평가할 수 있다.

편익을 추정한다는 것은 가치를 어떻게 측정하느냐와 직접적으로 결부되어 있다. 가치를 추정하기 위한 접근방법은 가치창출의 수혜자가 소비자와 생산자 중에 누구냐에 따라 크게 두 가지로 구분될 수 있다. 해양바이오돔 구축사업의 경우 편익을 크게 소비자 관점과 생산자 관점으로 구분할 수 있다. 첫째, 생산자 관점에서 본다면 해양바이오돔 구축 과정에서 그리고 최종 결과물에서 나타나는 해당 산업 및 관련 산업의 부가가치 유발효과가 있을 수 있다. 둘째, 해양바이오돔 구축사업의 혜택에 대한 시각을 일반 국민으로 확대해보면, 이 사업으로 인해 국민들은 자긍심을 느끼고 해양생태학의 발전에 대해 만족을 느껴 이로 인해 국민후생은 증가할 수 있으므로 이 효과도 이 사업의 편익으로 포함된다. 이것은 국민적 자부심을 제공하는 올림픽 금메달이나 비록 방문할 가능성은 없지만 유물들이 잘 보존 및 관리되는 것만으로 만족을 느끼게 하는 박물관 신축의 사례와도 유사한 효용을 국민들에게 제공할 수 있다.

여기서 두 번째 범주만을 연구대상으로 삼는데, 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 기술개발에는 상당한 불확실성이 따르므로 그 효과를 미리 예측하기 어려우며, 예측을 한다 하더라고 해당 산업의 국내 발전이 아직 미미하여 효과를 예측할 만한 기초자료를 확보하기가 어렵다. 둘째, 소비자 측면의 편익만을 추정하여 경제성 분석을 했는데 경제성을 확보된다면 산업적 측면의 편익 추정은 큰 의미가 없을 수 있다.

일반적인 재화의 가치는 시장의 거래를 통해서 가격이란 형태로 관측되기 때문에 가치나 편익의 추정이 용이하다. 즉 시장에서 거래되고 있는 재화의 경우라면 해당 재화가 소비자에게 제공하는 효용 내지는 혜택이 명확하며, 해당 재화에 대해 소비자가 지불하고 있는 가격 정보를 이용하여 해당 재화의 가치를 추정할 수 있다. 아울러 해당 재화에 대한 수요함수를 추정함으로써 해당 재화가 제공하는 편익도 쉽게 추정할 수 있다. 반면 본 조사의 대상이 되고 있는 해양바이오돔 구축사업의 경우, 언뜻 보아 가치가 잘 정의되지 않으며, 가치를 정의한다 하더라도 어떻게 가치를 측정할 것인지에 대해 선뜻 답을 내리기가 쉽지 않다. 이것은 해양바이오돔 구축사업의 혜택이 한국해양학 발전의 획기적 전기 마련, 국가과학 이미지 제고를 통한 국가경쟁력 상승 기여 및 국민의 자긍심 고취 등 매우 추상적이기 때문이다.

즉 사업 수혜자의 범위를 해양바이오돔을 활용할 해양학자로 국한해야 하는지 아니면 국가적 사업이란 관점에서 수혜자를 국민 전체로 봐야 할지에 대해 의문이 발생한다. 이렇게 사업의 효과가 추상적이며 사업의 수혜자가 일반 국민인 것 같지만 대다수의 국민들이 직접적으로 이용할 가능성은 없는 재화에 대해서는 특별히 고안된 방법론을 적용하여 가치나 편익을 추정할 수밖에 없다. 이러한 재화를 포괄적으로 정의할 때 통상 비시장재화(non-market)라 하는데, 이것은 해당 재화가 시장에서 거래되고 있지 않으며, 또한 거래되기도 어려운 측면을 반영하고 있다.

이러한 경우 진술선호 접근법의 적용을 고려할 수 있는데, 조건부 가치측정법(contingent valuation method, CVM)과 컨조인트 분석법(conjoint analysis)이 대표적이다. 조건부 가치측정법은 대상재화에 대한 WTP를 응답자에게 직접적으로 질문하는 방식이며, 컨조인트 분석법은 가격을 포함한 여러 가지 속성들로 이루어진 대안들을 활용하여 대상재화의 가치를 간접적으로 추정하는 방법이다. 한편 한국개발연구원(2004)의『문화시설의 가치추정 연구』상에서 제안된 방법론적 지침을 적극 수용할 필요가 있다. 이 보고서에서는 선수촌 이전, 과학관, 로봇랜드 등의 문화과학시설의 가치 내지는 편익을 추정하기 위해서는 소비자 설문조사를 통해 WTP를 추정해야 한다고 언급하면서 실제로 각 시설에 대한 실증분석 결과를 제시하고 있다. 이 보고서에서 결론적으로 제시한 방법론적 지침을 정리하면 다음과 같다.

> 사업목적이 특수한 개별 문화과학시설의 가치를 추정하기 위해서는 조건부 가치측정법 또는 컨조인트 분석법을 적용하여 시설물의 가치를 추정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 비시장재화의 가치추정에 있어서 조건부 가치측정법과 컨조인트 분석법 가운데 어느 기법을 선택하느냐의 문제는 일반 응답자들이 선택 가능하고 적절한 대안들을 쉽게 식별할 수 있는 경우 컨조인트 분석법을, 다른 대안이 모색되지 않는 경우는 조건부 가치측정법을 사용하는 것이 일반적이라 할 수 있다. 그러나 어느 방법을 선택할 경우라도 그 구체적인 추정(추정방정식 포함)이나 설문의 방법은 각각의 사례에 맞게 적절하게 선택되어야 하는 문제가 있기 때문에 다소의 편차를 가지고 올 수 있으므로 추정방법에 신중한 접근이 필요하다.

따라서 이 지침에 근거하여 진술선호 평가법의 하나인 조건부 가치측정법을 이용할 수 있다. 그 이유는 본 연구에서 평가해야 할 해양바이오돔 구축사업에 대해 컨조인트 분석법을 적용하기에는 응답자의 인식상의 부담 문제가 제기되며, 평가에 필요한 다양한 속성에 대한 정의가 용이하지 않기 때문이다. 아울러 컨조인트 분석법보다는 조건부 가치측정법이 보다 광범위하게 활용되고 있으며, 타당성 및 신뢰성이 어느 정도 확인되었다. 요컨대 본 연구에서는 조건부 가치측정법을 적용하여 해양바이오돔 구축사업의 경제적 편익을 추정한다.

경제성 분석을 위한 제반 가정 및 전제는 한국개발연구원『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정・보완 연구(5판)』(2008)에 근거하였으며, 모든 편익과 비용의 평가는 2011년 12월 시점으로 하였다. 분석대상 기간은 시설비 투자기간인 2013-2019년, 운영비 및 연구비 투자기간인 2016년-2025년을 포함하는 2013년-2025년이다. 사회적 할인율은 5.5%를 적용하였으며, 부가가치세를 제외한 후 비용을 산정하였다.

해양바이오돔 구축사업에 대한 경제성 분석 결과, 총비용의 현재가치는 1,362억원,

총편익의 현재가치는 1,910억원으로 추정되어 순현재가치는 548억원으로 경제성 분석을 통과한다. 편익/비용 비율은 1.40으로 산정되어 1.0을 초과하며, 내부수익률도 24.7%로 사회적 할인율 5.5%를 초과하여 본 사업은 경제적 타당성을 확보한다.

[표 3-8] 해양바이오돔 구축사업의 경제성 분석 결과

구분	현재가치 합계(억원)		순현재가치 (백만원) (NPV)	편익-비용 비율 (B/C ratio)	내부수익률 (IRR)
	편익	비용			
값	1,910	1,362	548	1.40	24.7%

2. 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업

최근 해양 자원 및 공간에 대한 이용이 확대되고, 인위적인 해양 환경 이용이 증가함에 따라 해양폐기물 투기, 육상오염물 유입 증가, 허베이스피리트호에 의한 서해의 유류오염사고 등 일련의 사건사고로 해양오염이 증가하고 있다. 이에 따라 유해물질의 생물 축적 및 생물확산에 의한 2차 오염의 문제가 심각해지고 있다. 오염된 환경은 복원이 대단히 힘들고 많은 비용이 소모되므로 환경복원을 위한 종합적인 관리기술 개발 추진이 시급하다. 또한 2007년 서해에서 발생한 허베이스피리트호 사건과 2010년 미국 멕시코만에서 발생한 기름 유출사건 등은 해양환경의 중요성을 각인시키는 동시에 해양환경 위험 예방과 대응 전략 마련의 중요성을 확인하는 계기가 되었다.

국내에서는 최근 환경위해성 영향을 평가하기 위한 기초적인 작업으로 점오염원에 해당하는 배출수에 대한 통합독성평가를 위한 제도를 도입하여 시행하고 있다. 그러나 배출수에 포함된 중금속/유해물질에 의한 급성 생태독성영향만을 평가하고 이를 통한 관리만 실시하고 있으며, 중금속/유해물질에 의한 이차 독성과 만성생태영향을 반영하고 있지 못하다.

현재 해양에 대한 지역 위해성 평가는 생태위해성 지침을 기반으로 실시되고 있지만, 국내 생태독성자료에 대한 검증이 불충분하기 때문에 외국의 생태독성자료로부터 도출된 생태 무영향 농도를 이용하고 있다. 외국의 생태독성자료를 준용할 수밖에 없기 때문에 국내 해양위해성 평가 결과의 정확성을 떨어뜨리고 국내 해양환경을 고려하지 못하는 단점이 존재한다.

이에 정부는 2020년까지 중금속/유해물질 생태위해성 평가 기술을 선진국 대비 80% 수준으로 향상시키려는 '해양환경기술개발사업 중장기 기본계획 수립을 위한 기획연구'를 실시하였다. 만약 해양환경 위해성 평가 및 관리기술이 개발된다면, 향후

우리나라의 해양 기술을 선진국 수준으로 끌어올림과 동시에 해양환경 관리에 있어서 국제 경쟁력을 확보할 수 있다. 또한 식수원 보호 및 해양 생물 안전성 확보를 통한 국민들의 건강 및 안전에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

해양환경 위해성 평가 및 관리 기술개발에는 막대한 정부예산이 소요되므로, 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업에 대한 경제성 분석은 필수적으로 요구된다. 하지만 해양환경 위해성 평가 및 관리 기술로 인해 발생하는 비시장적 편익은 추정이 어렵다. 하지만 이 기술로 인해 해양환경이 중금속 및 유해물질로부터 안전해지고 국민들의 건강 및 안전을 향상시킴으로써 국민 후생은 증가할 수 있기 때문에 이러한 비시장적 효과도 분명히 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업의 편익으로 포함되어야 한다.

물론 해양환경 위해성 평가 및 관리 기술 개발이 실제로 비시장적 편익을 가져올 수 있는지에 대해 의문을 제기할 수 있다. 만약 국민들이 해양환경 위해성 평가 및 관리기술로 인해 해양 환경의 관리 수준을 향상시키고 해양환경이 깨끗해짐으로 인해 국민 건강 증진 또는 안전 확보에 기여하는 것에 의미를 부여하고 만족감을 느껴, 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발을 위해 본인의 소비를 줄여 소득의 일정 부분을 할애하려는 의지가 있을 수 있다면, 경제학적인 의미에서 해양환경 위해성 평가 및 관리기술은 가치를 가지게 된다. 이런 부분이 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업의 비시장적 가치를 구성한다.

하지만 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발과 같은 연구개발(R&D)사업의 다양한 편익은 그 가치가 명시적으로 평가되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구의 대상이 되고 있는 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업의 경우, 언뜻 보아 비시장적 가치가 잘 정의되지 않으며, 비시장적 가치를 정의한다 하더라도 어떻게 가치를 측정할 것인지에 대해 선뜻 답을 내리기가 쉽지 않다. 이것은 해양환경 위해성 평가 및 관리 기술이 시장에서 거래가 되고 있는 재화가 아니며, 특히 일반 국민들의 입장에서는 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업의 혜택이 매우 추상적이기 때문이다. 이러한 재화를 포괄적으로 정의할 때 통상 비시장재화(non-market)라 하는데, 이것은 해당 재화가 시장에서 거래되고 있지 않으며, 또한 거래되기도 어려운 측면을 반영하고 있다.

해양환경 위해성 평가 및 관리기술은 해수, 퇴적물, 생물체 등 해양환경 중 중금속 및 유해물질의 화학적, 생물학적 모니터링을 함으로써 생태 위해도를 평가하고, 해역별 생태 위해 진단 및 위해 요인을 규명하는 기술이다. 쉽게 말해, 해양 환경에 어떤 중금속 및 유해물질이 얼마나 포함되어 있는지를 모니터링하고 생태 위해도를 진단하여 그 원인을 밝히고 해역별 생태 위해 수준을 평가하기 위한 기초 기술이다.

본 기술은 크게 수생생물에 대한 독성영향 평가 및 예측과 수생태계에 대한 생태독성 영향 진단 및 원인 규명으로 나뉜다. 전자는 독성 유전체가 무엇인지 규명하는 것과 독성이 어떻게 작용하는지를 연구함으로써 시간에 따라 독성 유전체 또는 독성 작용이 어떻게 변하는지 동태모형을 개발하고 이를 적용하는 것이다. 또한 하나 이상의 복합독성영향을 평가하고 예측하면서 정량적으로 생태위해성을 평가할 수 있는 방법을 개발하여 해역별 위해관리계획을 세우는 것이 목적이다.

후자는 현장 생태영향을 진단하는 기법과 생태 위해의 원인을 규명하는 기법으로 구성되어 있다. 현장 생태영향을 진단하는 기법은 MoA 기반 in vitro 시험, in vivo, in situ 독성시험, in situ biomaker(생물체 또는 생태계의 상태를 알려주는 지표(혹은 표지자)로, 예를 들어 의학에서 당뇨병 진단에 쓰이는 혈중포도당을 들 수 있음. 해양생태계의 경우 특정 중금속/유해화학물질 그 자체나 생물체의 대사를 통해 생성, 배출된 다양한 물질들이 그 후보가 될 수 있음.)를 통한 화학물질 스크리닝 및 모니터링, 수계생태계 및 서시지 조사 등이 있다. 생태위해 원인 규명 기법은 배출수 및 퇴적물 독성 원인 규명과 특정독성영향분석, 생태위해 진단 및 위해요인 규명 등이 있다.

해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발 기간은 총 10년이며, 초기 4년은 중금속/유해화학물질 생태위해서 평가요소 기술을 개발하고, 차기 4년은 개발된 생태위해성 평가기법을 현장에 적용하고 검증해보는 과정이며, 마지막 2년은 유해물질별 생태위해성 평가 및 관리지침을 개발할 예정이다.

본 연구에서는 조건부 가치측정법을 적용하여 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업의 경제적 편익을 추정하였다. 편익은 기술개발이 완료된 후부터 10년간 발생한다고 가정하였으며, 설문조사시 이를 응답자들에게 인식시켰다. 비용은 전체 기술개발기간을 3단계로 나누어 1단계(2013-2015)에서 96억원, 2단계(2016-2018)에서 141억원, 3단계(2019-2020)에서 45억원이 소요되는 것으로 예상되었다. 전체 사업비는 약 282억원이며 연도별로 연구개발비, 고민감도 모니터링, 생물축적/독성, 해역별 위해도 진단 비용으로 나뉜다.

해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업에 대한 경제성 분석 결과는 [표 3-9]에 요약되어 있다. 할인율은 예비타당성조사 표준지침 제5판에 따라 5.5%를 적용하였다. 분석결과 총 비용의 현재가치는 212.43억 원, 총 편익의 현재가치는 458.89억(하한값 : 373.75억원, 상한값 : 522.23억원)으로 추정되어 NPV가 246.46억원(하한값 : 161.32억원, 상한값 : 309.80억원)으로 0보다 커 경제성 타당성을 확보하였다. 또한, B/C 비율은 2.16(하한값 : 1.76, 상한값 : 2.46)으로 산정되어 1.0보다 컸고, IRR도 15.2%(하한값 : 12.5%, 상한값 : 17.0%)로 사회적 할인율 5.5%를 초과하여 해양환경 위해성 평가 및 관리기술개발사업은 경제적으로 타당성이 존재하는 것으로 나타났다.

[표 3-9] 해양환경 위해성 평가 및 관리기술 개발사업의 경제성 분석 결과

구분	현재가치 합계(억원)		순현재가치 (백만원) (NPV)	편익-비용 비율 (B/C ratio)	내부수익률 (IRR)
	편익	비용			
값	458.89	212.43	246.46	2.16	15.2%

제3절 소결

본 장에서는 다양한 국가 R&D 사업에 대한 6개 경제성 분석 사례와 해양 부문 R&D 사업에 대한 2가지 경제성 분석 사례를 살펴보았다. R&D 사업의 유형이 다양한 만큼 편익 항목도 다양함을 알 수 있었다. 그간 R&D 사업 예비타당성조사 수행 주체, R&D 사업을 추진하는 주무부처 등에서 다양한 항목별 편익의 추정을 위해 많은 노력을 경주하였다. 가장 널리 사용된 편익추정 방법론은 시장수요 접근법이지만 이것은 사업화를 전제로 하고 있는 R&D 사업에만 적용이 가능하다. 특히 환경분야 R&D 사업의 경제적 편익을 추정하기 위해서는 많은 노력과 추가적인 작업이 필요하며, 다소 많은 비용이 소요되긴 하지만 조건부 가치측정법과 같은 진술선호 평가법의 적용도 적극 고려할 필요가 있다. 아울러 불필요한 논란을 방지하면서 합리성을 확보하는 경제적 타당성 분석의 수행을 위해서는 예비타당성조사 일반지침(제5판) 및 예비타당성조사 R&D 부문 표준지침(제1판)의 근거할 필요가 있다.

KOPRI 극지연구소

제4장. R&D 사업 경제성 분석 지침 및 시사점

제1절 일반적 현황

R&D 사업과 관련된 다양한 경제성 분석 현황을 파악하고 그로부터 지침 또는 가이드라인에 대한 정보도 수집하여 체계적으로 검토할 필요가 있다. R&D 관련 사업에 대해 법에 의해 경제성 분석을 수행하는 경우는 [그림 5-1]과 같이 공공투자사업 예비타당성조사, 민간투자사업 민자적격성조사, 규제영향분석, R&D 사업 예비타당성조사, 재정사업 심층평가, 지방재정 투·융자사업 심사분석 등으로 파악된다. 특히 KISTEP이 발간한 R&D 사업 예비타당성조사 표준지침(2011.12)에서는 경제성 분석 표준지침을 제시하면서 편익추정 방법론도 제시하고 있다.

[그림 4-1] 법정 경제성 분석 현황

기획재정부는 공공투자사업 예비타당성조사 및 타당성재조사, 민간투자사업 적격성조사, 재정사업 심층평가, R&D 사업 예비타당성조사를 관할하고 있으며, 규제개혁위원회에는 각 부처가 작성한 규제영향분석서를 검토하고 있다. 국가과학기술위원회도 R&D 사업 예비타당성조사에 관여하고 있고, 행정안전부 및 지자체는 지방재정 투·융자사업 심사분석에 대한 지침을 제시하고 있다. 각 분야별로 경제성 분석과 관련하여 제시하고 있는 지침을 요약하면 [표 4-1]과 같다.

[표 4-1] 주요 사업별 경제성 분석 지침

환경분야 사업	경제성 분석 지침
공공투자사업 예비타당성조사 및 타당성재조사	– 일반지침(제5판, 2008년 12월) – 분야별 표준지침(도로철도부문 제5판 및 수자원부문 제4판, 2008년 12월) – 세부사업별 예비타당성조사 보고서
민간투자사업 적격성조사	– 환경분야 민간투자사업 적격성조사 지침 연구(2007년 12월)
규제영향분석	– 규제영향분석서 작성 지침(2009년 12월)
R&D 사업 예비타당성조사	– 연구개발부문 표준지침 제1판(KDI, 2008년 12월) – 연구개발부문 표준지침 제1판(KISTEP, 2011년 12월)
재정사업 심층평가	– 재정사업 심층평가 일반지침 및 운용지침(KDI, 2011년 12월)
지방재정 투·융자사업 심사분석	– 지방재정 투·융자사업 심사지침(서울시, 2012년 6월)

KOPRI 극지연구소

제2절 예비타당성조사

예비타당성조사 제도의 개요는 [그림 4-2]와 같다. 예비타당성조사의 목적은 “대규모 공공투자사업에 대한 객관적이고 중립적인 조사를 통해 재정사업의 신규투자를 우선순위에 입각하여 투명하고 공정하게 결정하도록 함으로써 예산낭비를 방지하고 재정운용의 효율성을 제고(「예비타당성조사 운용지침」(기획재정부, 2012))”하는 것이다.

예비타당성조사의 대상은 총사업비가 500억원 이상이면서 국가 재정지원 규모가 300억원 이상인 신규 건설사업, 정보화 사업, 국가연구개발(R&D)사업과, 중기재정지출이 500억원 이상인 사회복지, 보건, 교육, 노동, 문화 및 관광, 환경보호, 농림해양수산, 산업・중소기업 분야의 사업(기타 재정사업)이다. 예비타당성조사 대상사업의 선정은 사업계획의 구체성, 사업 추진의 시급성, 국고지원 요건, 지역균형발전 요인, 기술개발 필요성 등을 종합적으로 고려하여 이뤄지며, 기획재정부가 각 부처의 요구를 받아 선정(안)을 마련하여 재정사업평가 자문회의를 거쳐 최종 선정 대상사업을 선정한다.

구분	내용
목적	➢ 대규모 공공투자사업에 대한 객관적이고 중립적인 조사를 통해 재정사업의 신규투자를 우선순위에 입각하여 투명하고 공정하게 결정하도록 함으로써 예산낭비를 방지하고 재정운용의 효율성을 제고(「예비타당성조사 운용지침」(기획재정부, 2012))
대상	➢ 총사업비가 500억원 이상이면서 국가 재정지원 규모가 300억원 이상인 신규 건설사업, 정보화 사업, 국가연구개발(R&D)사업 ➢ 중기재정지출이 500억원 이상인 사회복지, 보건, 교육, 노동, 문화 및 관광, 환경보호, 농림해양수산, 산업・중소기업 분야의 사업(기타 재정사업)
대상사업의 선정	➢ 선정 기준: 사업계획의 구체성, 사업 추진의 시급성, 국고지원 요건, 지역균형발전 요인, 기술개발 필요성 등을 종합적으로 고려 ➢ 선정 방법: 기획재정부는 각 부처의 요구를 받아 선정(안)을 마련하여 재정사업평가 자문회의를 거쳐 최종 선정
조사 추진체계	➢ 기획재정부의 의뢰로 KDI 공공투자관리센터(PIMAC) 총괄 하에 과제별로 학계.연구기관.민간 엔지니어링 회사 등 관련분야의 전문가 또는 전문기관들이 참여하는 조사팀을 구성 ➢ R&D 분야는 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 총괄하여 수행
사업계획 적정성 검토	➢ 예비타당성조사 면제사업에 대하여 '예비타당성조사 방식에 준하여' 적정 사업규모, 총사업비, 효율적 대안 등 검토

[그림 4-2] 예비타당성제도의 개요

조사추진체계는 기획재정부의 의뢰로 KDI 공공투자관리센터(PIMAC) 총괄 하에 과제별로 학계・연구기관・민간 엔지니어링 회사 등 관련분야의 전문가 또는 전문기관들이 참여하는 조사팀을 구성하며, R&D 분야는 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 총괄하여 수행한다. 예비타당성조사 면제사업에 대하여 '예비타당성조사 방식에 준하여' 적정 사업규모, 총사업비, 효율적 대안 등을 검토한다.

사업추진이 결정된 상태에서 조사 실시되는 타당성조사의 실효성에 대한 문제가 제기되었고, 예산낭비 방지를 위한 사전 검토의 필요성이 대두되면서, 「공공건설사업 효율화 종합대책」(기획예산위원회・건설교통부)(1999)을 수립하였고, 이후 사업추진 이전에 경제적, 정책적 타당성의 면밀한 사전검토 필요성에 따라 예비타당성조사 제도가 도입되었다. 1999년 제도 도입시 예산회계법 시행령에 근거하여 추진하다가, 2006년 이후 국가재정법 제38조에 근거하여 조사를 수행하고 있다. 2003년 타당성 재조사를 본격 시행하고 2006년 타당성 재조사 요건이 강화되었으며 수요 재조사 제도를 시행함에 따라 통합적 공공투자사업 관리체계가 구축되었다.

건설공사 위주의 대규모 공공투자사업에서 정보화・R&D 부문・기타 재정사업 등 '대규모 사업'으로 예비타당성조사 대상사업의 범위가 확대되었으며, 기획재정부의 범부처적 성과관리제도 시행 및 공공투자사업에 대한 사후평가관리제도의 시행이 시작되었다. 건설기술관리법시행령 제69조에 따라 예타(豫妥) → 중타(中妥) → 후타(後妥)

체계가 구축되었으며, 예비타당성조사에 대한 요구 수준이 상승하였다. 한편 국가재정법 38조 1항(기획재정부장관은 대통령령이 정하는 대규모사업에 대한 예산을 편성하기 위하여 미리 예비타당성조사를 실시하고, 그 결과를 요약하여 국회 소관 상임위원회와 예산결산특별위원회에 제출하여야 함)에 따라 예비타당성조사 결과는 국회에 제출되고 있다.

구분	내용
예비타당성조사 제도의 도입배경	➢ 타당성조사의 실효성에 대한 문제 제기 - 사업추진이 결정된 상태에서 조사 실시 ➢ 예산낭비 방지를 위한 사전 검토의 필요성 대두 -「공공건설사업 효율화 종합대책」(기획예산위원회・건설교통부)(1999) ➢ 사업추진 이전에 경제적, 정책적 타당성의 면밀한 사전검토 필요
예비타당성조사의 추진 근거	➢ 1999년 제도 도입 시 예산회계법 시행령에 근거하여 추진 ➢ 2006년 이후 국가재정법 제38조에 근거하여 조사 수행
통합적 공공투자사업 관리체계의 구축	➢ 2003년 타당성 재조사 본격 시행 ➢ 2006년 타당성 재조사 요건 강화 및 수요 재조사 제도 시행
사전조사 강화를 위한 제도 개선	➢ 예비타당성조사 대상사업 확대 - 건설공사 위주의 대규모 공공투자사업 → 정보화・R&D 부문・기타 재정사업 등 '대규모 사업' ➢ 성과관리제도의 시행 - 기획재정부의 범부처적 성과관리제도 시행 - 공공투자사업에 대한 사후평가관리제도의 시행 ➢ 예타(豫妥) → 중타(中妥) → 후타(後妥) 체계의 구축 ➢ 예비타당성조사에 대한 요구 수준 상승
예비타당성조사 결과의 국회 제출	➢ (국가재정법 38조 1항) 기획재정부장관은 대통령령이 정하는 대규모사업에 대한 예산을 편성하기 위하여 미리 예비타당성조사를 실시하고, 그 결과를 요약하여 국회 소관 상임위원회와 예산결산특별위원회에 제출하여야 함.

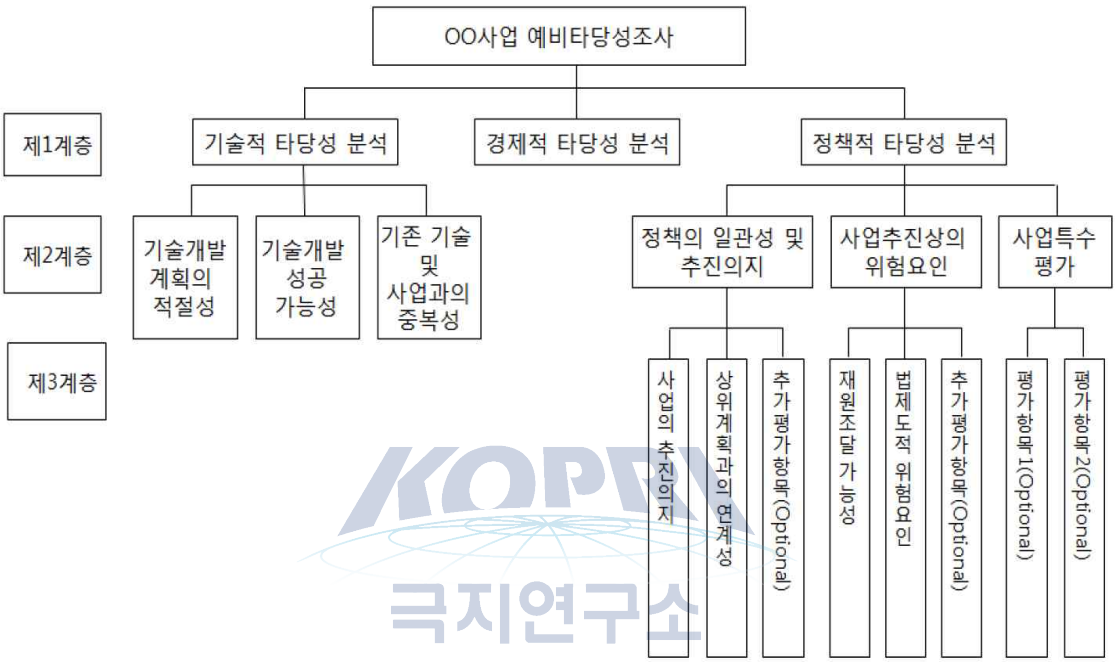
[그림 4-3] 예비타당성제도의 도입 배경

원칙적으로 다음과 같은『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침』과『부문별 표준지침』의 절차와 분석방법론을 적용하고 있다.

① KDI,『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정・보완 연구(제5판)』, 2008.
② KDI,『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』, 2008.
③ KDI,『예비타당성조사 수행을 위한 도로부문의 유지관리비 추정연구』, 2009.
④ KDI,『수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)』, 2008.
⑤ KDI,『보건·복지사업의 예비타당성조사 방법연구』, 2004.
⑥ KDI,『정보화부문 사업의 예비타당성조사 수행을 위한 표준지침 연구』, 2004.
⑦ KDI,『문화·과학시설의 가치추정 연구』, 2004.
⑧ KDI,『항만부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(개정판)』, 2001.

⑨ KDI, 『공항부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(개정판)』, 2001.
⑩ KDI, 『기타 비투자 재정부문 사업의 예비타당성조사 및 시범사업평가 표준지침 연구』, 2009
⑪ KDI, 『연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구』, 2008.

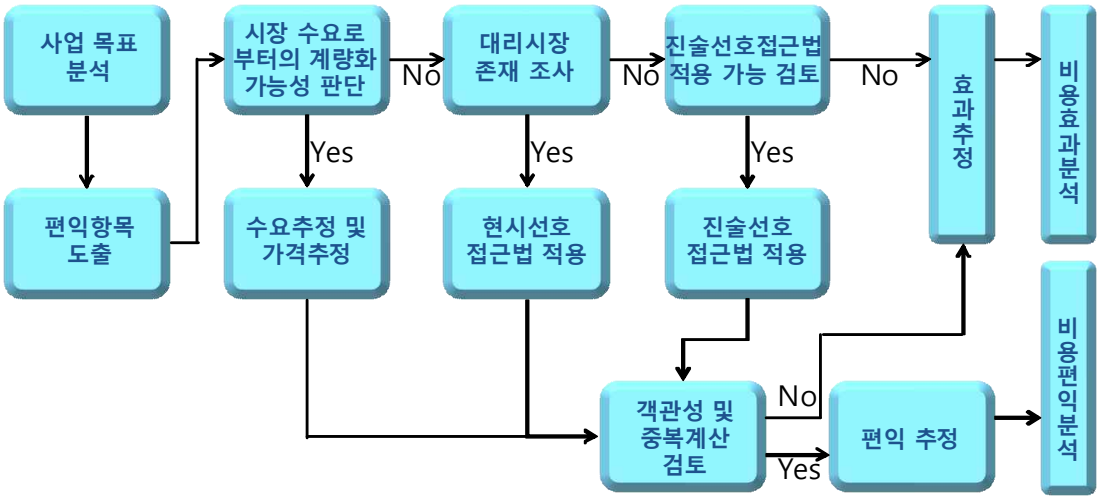
R&D 사업 분야에 대한 예비타당성조사 수행 흐름도는 [그림 4-4]와 같다.



[그림 4-4] R&D 사업 예비타당성조사 수행 흐름도

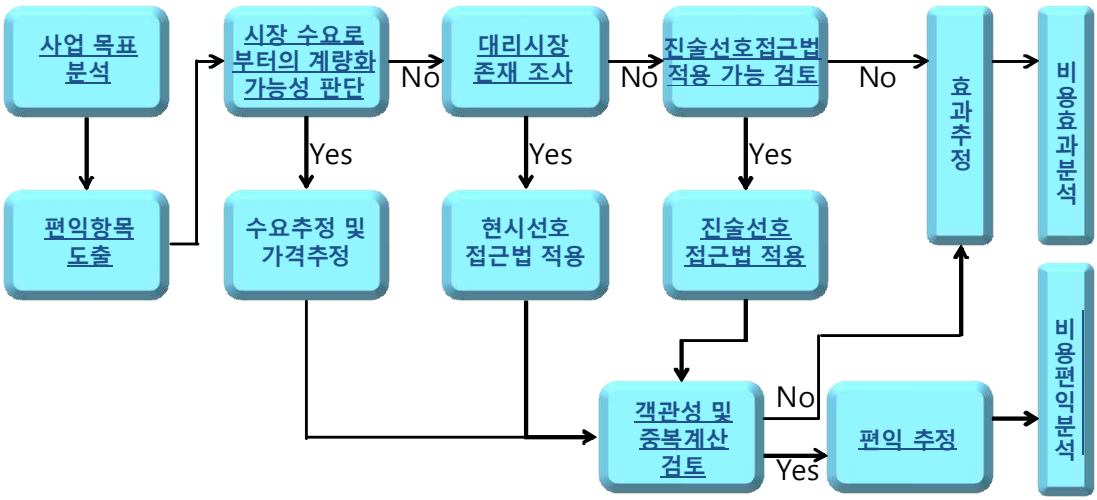
제3절 R&D 사업 예비타당성 표준지침의 내용

R&D 사업에 대한 경제성 분석의 절차는 [그림 4-5]와 같이 먼저 사업 목표 분석에서 출발하여 편익항목을 도출하는 것으로 시작한다. 시장 수요로부터의 계량화 가능성에 대한 판단을 하여 수요추정 및 가격추정이 용이하다면 이로부터 편익을 추정하여 비용편익분석을 수행한다. 하지만 시장수요로부터 계량화가 어렵다면 대리시장의 존재 여부를 조사하고 대리시장이 존재한다면 현시선호 접근법을 적용하고 대리시장이 존재하지 않는다면 진술선호 접근법의 적용 가능성을 검토한다. 진술선호 접근법의 적용도 어렵다면 효과를 추정하여 비용효과분석으로 경제성 분석을 끝내며, 진술선호 접근법의 적용이 가능하다면 편익을 추정하여 비용편익분석을 수행한다.



[그림 4-5] R&D 사업의 경제성 분석 흐름도

비시장적 가치가 중요한 R&D 사업의 경우, 사업화가 전제되는 사업이 아닌 경우에는 여러 가지 여건을 고려할 때, [그림 4-5]에서 밑줄을 그은 [그림 4-6]에 해당한다. 앞서 언급했듯이, 시장적 편익을 구하는 것이 불가능할 때는 비시장적 편익을 추정하되, 현시선호 접근법의 적용도 어려우므로 진술선호 접근법을 적용하여 편익을 추정한다. 진술선호 접근법 중에서 여러 선행연구사례와 부합하면서 한국개발연구원의 표준지침에도 부합하는 방법론은 조건부 가치측정법이다.



[그림 4-6] 비시장적 가치가 중요한 R&D 사업의 경제성 분석 흐름도

제4절 시사점 및 주요 소결

양극해 R&D 2단계 사업은 기본적으로 정부의 재원으로 수행되는 R&D 사업이다. 따라서 국가재정 R&D 사업에 대한 경제성 분석의 일반적인 지침과 표준적인 지침을 담고 있는 한국개발연구원(2008)이 발표한 예비타당성조사 일반지침(제5판) 및 한국과학기술기획평가원(2011)이 발표한 R&D 사업 예비타당성조사 표준지침(제1판)을 적용하여 R&D 사업의 경제적 타당성을 평가하는 것이 가장 바람직하다. 즉 경제성 분석과 관련된 할인율, 인플레이션의 처리, 세금의 처리, 이자의 처리 등 각종 기본적인 원칙 및 전제조건 등은 일반지침에 근거하되, 구체적인 편익의 추정방법 등은 표준지침에 근거하는 것이 필요하다.

특히 편익의 추정과 관련하여 R&D 사업 표준지침(제1판)에서는 [그림 4-7]과 같이 가능한 몇 가지 편익추정방법을 제시하고 있다. 크게 가치를 가치창출 대 비용감소로 구분하고 있다. 가치창출로 볼 때는 시장수요 접근법과 로열티 수입접근법으로 구분하고 있다. 하지만 로열티 수입접근법은 거의 사용되지 않는 방법론으로 R&D 사업에 대한 예비타당성조사에서는 주로 시장수요 접근법이 적용되고 있는데, 사업화가 전제되어 있는 R&D 사업이 주된 대상이다. [그림 4-8]과 같이 현재의 국가 R&D 사업 예비타당성조사에서 가장 널리 사용되고 있는 방법론이다. 그것은 우리나라의 발전단계상 대부분의 국가 R&D 사업가 사업화 내지는 실용화를 전제조건으로 하고 있기 때문이다.

KOPRI 극지연구소

가치창출	시장수요 접근법	미래 시장 또는 수요에 의해 발생하는 부가가치 중 해당 R&D에 따른 비율을 적용
	로열티 수입접근법	로열티로 인하여 발생하는 편익 계산
비용감소	생산비용 접근법	생산(내수, 수출)과 관련된 모든 과정에 투입되는 비용의 절감액 추정
	피해비용 접근법	R&D에 따른 효과로 사회적 피해비용 절감액 추정

[그림 4-7] R&D 사업의 편익추정 방법론

KISTEP에서 시행한 R&D 부문 예비타당성조사 43건(2008년~2010년) 중 약 22건에서 적용한 편익 추정방법은 시장수요 접근법	**시장수요 접근법에 의한 경제적 편익 = 시장규모 증가분 X 부가가치율(%) X R&D 기여도(%) X 사업기여도(%) X 사업화 성공률(%)**

[그림 4-8] 시장수요 접근법

R&D 사업의 경제적 편익을 추정하는 다른 한 축은 비용감소분을 평가하는 것으로서 생산비용 접근법 및 피해비용 접근법으로 구분된다. 전자는 주로 산업체를 대상으로 하여 제품이나 서비스를 생산하는 데 있어서 절감되는 비용감소분을 평가하여 이를 편익으로 간주하는 방법이다. 비용감소분을 다른 생산적인 곳에 투자하면 최소한 비용감소분 만큼의 경제적 편익이 발생할 것이라는 가정에 근거한다. 피해비용 접근법은 R&D의 결과물로 인해 국민들의 피해가 줄어든다면 그 피해감소분이 바로 편익이라고 보는 것으로서 매우 직관적이다.

그간 환경분야와 같이 비시장적 측면이 중요한 분야의 경제적 편익을 추정하는 데 있어서 피해비용 접근법을 적용하는 것이 적절함에도 불구하고 대체비용에 근거하여 편익을 추정하는 관례가 있었고 아직도 대체비용법이 널리 활용되고 있지만 이는 정확한 편익 개념이 아니라고 지적한 것이다.

본 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 편익은 과연 어느 범주에 해당하는지를 엄밀하게 따져보아야 한다. 본 사업은 기본적으로 환경사업이며 새로운 산업이나 기업을 육성하는 것이 목표가 아니다. 따라서 일반적인 의미의 가치창출에 해당하지는 않는다. 여기서 일반적인 의미의 가치창출이란 부가가치의 창출을 의미한다. 비록 양극해 R&D 2단계 사업의 시행으로 인해 관련 업체가 새로 생겨나거나 매출액이 증대하는 등 부가가치가 늘어나는 효과가 있을 수는 있지만 이것 자체는 본 사업의 중요목표가 아님에 분명하다. 아울러 생산비용 감소라는 효과도 본 사업에 어울리지 않는다. 따라서 본 사업의 경제적 편익을 정의하는 데 사용될 수 있는 편익의 범주는 가치창출이 되 그 주체가 산업이 아니라 연구자 혹은 일반 국민이 되는 것이 바람직하다.

제5장 양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 편익 추정

제1절 경제적 편익의 개요

양극해 R&D 2단계 사업의 경제적 편익은 크게 과학기술적 편익, 국민 자긍심 고취 편익, 산업적 편익의 3가지로 구성된다. 첫 번째 편익과 두 번째 편익은 일반 국민들의 입장에서 발생하는 편익이라 볼 수 있으며, 세 번째 편익은 연구개발의 성과가 산업화됨으로써 발생하는 부가가치 창출편익이다.

① (과학기술적 편익) 북극 환경변화를 이해하여 기후를 예측하고 북극항로 주변 및 북극해 환경 모니터링, 북극 해수 및 해저 탐사를 통해 북극 해양 환경도 작성, 북극 생물자원에 대한 연구, 석유를 대체할 미래 에너지자원으로 평가되는 가스 하이드레이트 탐사 등의 활동을 지원함으로써 연구논문, 특허, 기술이전 등이 증가하는 편익

② (국민 자긍심 고취 편익) 북극지역 연구를 강화함으로써 국가의 위상을 제고하고 국민들의 자긍심 고취되는 편익

③ (산업적 편익) 생물자원의 산업화, 지하자원의 산업화 등을 통해 미래에 부가가치가 창출되는 편익

한편 양극해 연구개발 2단계 사업의 경우 편익을 크게 소비자 관점과 생산자 관점으로 구분할 수 있다. 첫째, 생산자 관점에서 본다면 양극해 연구개발 2단계 사업의 수행 과정에서 그리고 최종 결과물에서 나타나는 해당 산업 및 관련 산업의 부가가치 유발효과가 있을 수 있다. 둘째, 양극해 연구개발 2단계 사업의 혜택에 대한 시각을 일반 국민으로 확대해보면, 이 사업으로 인해 국민들은 북극연구에 대해 만족을 느껴 이로 인해 국민후생은 증가할 수 있으므로 이 효과는 본 사업의 편익으로 포함된다.

본 연구에서는 두 번째 범주만을 연구대상으로 삼는데, 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 기술개발에는 상당한 불확실성이 따르므로 그 효과를 미리 예측하기 어려우며, 예측을 한다 하더라고 해당 산업의 국내 발전이 아직 미미하여 효과를 예측할 만한 기초자료를 확보하기가 어렵다. 둘째, 소비자 측면의 편익만을 추정하여 경제성 분석을 하여도 경제성이 확보된다면 산업적 측면의 편익 추정은 큰 의미가 없을 수 있다. 즉 본 연구에서는 첫 번째 편익 및 두 번째 편익을 비시장적 편익으로 명명한 후 이를 위주로 경제적 편익을 추정하여 경제적 타당성을 분석하고자 한다.

KOPRI 극지연구소

제2절 비시장적 편익의 추정

1. 편익추정의 개요

일반적인 재화의 가치는 시장의 거래를 통해서 가격이란 형태로 관측되기 때문에 가치나 편익의 추정이 용이하다. 즉 시장에서 거래되고 있는 재화의 경우라면 해당 재화가 소비자에게 제공하는 효용 내지는 혜택이 명확하며, 해당 재화에 대해 소비자가 지불하고 있는 가격 정보를 이용하여 그 재화의 가치를 추정할 수 있다. 아울러 해당 재화에 대한 수요함수를 추정함으로써 해당 재화가 제공하는 편익도 쉽게 추정할 수 있다.

반면 본 조사의 대상이 되고 있는 양극해 연구개발 2단계 사업의 경우, 언뜻 보아 가치가 잘 정의되지 않으며, 가치를 정의한다 하더라도 어떻게 가치를 측정할 것인지에 대해 선뜻 답을 내리기가 쉽지 않다. 이것은 양극해 연구개발 2단계 사업의 혜택이 북극연구를 통한 국민 만족도 제고 등 매우 추상적이기 때문이며, 사업 수혜자의 범위가 국민 전체가 된다. 이렇게 사업의 효과가 추상적이며 사업의 수혜자가 일반 국민이라면, 이러한 재화에 대해서는 특별히 고안된 방법론을 적용하여 가치나 편익을 추정할 수밖에 없다.

이러한 재화를 포괄적으로 정의할 때 통상 비시장재화(non-market)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 비시장재화 가치추정 방법론은 어느 정도 정립되면서 비약적인 발전을 해 오고 있다.

이러한 비시장재화의 공급으로 인해 발생하는 가치 혹은 편익을 추정하는 데 있어서의 기본 원칙은 해당 재화를 공급받기 위한 소비자의 지불의사액(WTP: willingness to pay)을 추정하는 것이다(Brent, 1995). WTP란 사람들이 특정 공공재나 비시장재화를 공급받기 위해 또는 특정 공공재나 비시장재화의 공급 지장을 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 매우 직관적이며 현대 후생경제학의 기본이론에 부합하기에 편익 추정의 기본 원칙이 되고 있다.

KOPRI 극지연구소

2. 비시장적 편익의 추정방법

시장을 통한 거래가 이루어지지 않아 가격을 관찰할 수 없는 비시장재화에 대한 WTP를 추정하는 방법에 대한 연구는 여러 가지 방향에서 이루어져 왔는데, 그 방법론을 몇 가지 기준에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다. 첫 번째 기준은 WTP 추정에 사용되는 정보를 사람들의 행동을 직접 관찰하여 얻는가, 또는 가상적인 질문에 대한 응답을 통해 얻는가에 의한 구분이다. 두 번째 기준은 화폐적 가치를 직접적으로 추정하는가, 또는 어떤 간접적인 방법으로 추정하는가에 의한 구분이다.

직접 시장을 관찰하는 방법은 제약조건 하에서 효용극대화 행동을 관찰함으로써 이루어지는데, 즉 재화의 가격이 주어졌을 때 소비자의 선택을 직접 관찰함으로써 화폐단위로 나타난 가치가 추정된다. 간접적인 방법의 경우, 추정대상의 가치는 시장재화와 추정대상 간의 어떤 관계를 토대로 추정되는데, 이 경우 추정대상과 시장재화 간에는 대체적인 관계나 보완적인 관계를 갖는 것이 일반적이다.

[표 5-1] 비시장재화의 가치추정 방법론

구 분	현시선호 평가법	진술선호 평가법
직접적 추정법	경쟁시장에서의 가격	조건부 가치측정법
간접적 추정법	여행비용 평가법 헤도닉 가격기법	컨조인트 분석법
특징	시장에서의 거래행위 관찰 사후적 평가법	가상적 시장 이용 사전적 평가법

KOPRI 극지연구소

비시장재화의 공급에 대한 개개인의 후생변화를 화폐단위로 추정하기 위해서는 비시장재화의 직접적인 거래를 관찰하는 것이 불가능하므로, 시장재를 이용하여 간접적으로 편익을 추정해야 하는데, 사람들의 행동으로 나타난 선호, 즉 현시된 선호(revealed preference)에 기반하여 비시장재화의 가치를 추정하는 방법을 현시선호 접근법이라고 한다. 이렇게 시장에서 거래행위가 관찰되는 보완재를 이용하여 간접적으로 가치를 추정하는 대표적인 방법론에는 여행비용 접근법(travel cost method), 헤도닉 가격기법(hedonic price technique) 등이 있다.

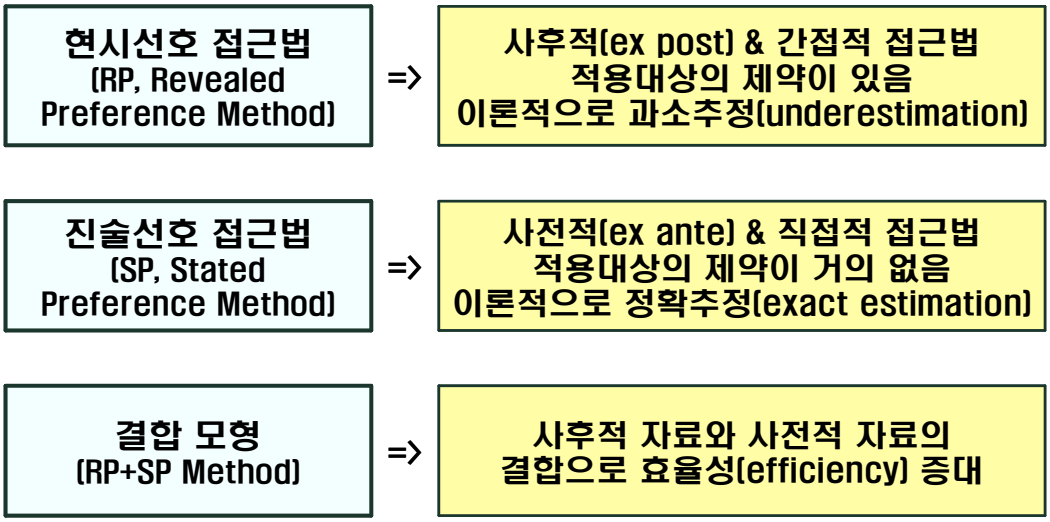
반면에 현시된 선호를 관측하기 어려울 때나 그 선호가 정확하다고 보기 어려울 때, 가상적인 시장에 사람들을 몰입시키고 그 상황에서 가상적인 거래를 어떻게 할지를 질문하고 이에 대해 대답한 선호, 즉 진술된 선호(stated preference)를 이용하여 편

익을 추정하는 방법을 진술선호 평가법이라고 한다. 이 방법으로는 조건부 가치측정법(contingent valuation method, CVM)과 컨조인트 분석법(conjoint analysis)이 대표적이다. 조건부 가치측정법은 대상재화에 대한 WTP를 응답자에게 직접적으로 질문하는 방법이며, 컨조인트 분석법은 가격을 포함한 여러 가지 속성들로 이루어진 대안들을 활용하여 대상재화의 가치를 간접적으로 추정하는 방법이다.

현시선호 평가법은 시장에서의 거래행위 관찰에 근거하고 있으므로 사후적인 평가법이라 할 수 있으며, 진술선호 평가법은 시장에 존재하지 않는 재화에 대한 가상적 시장을 이용하므로 사전적 평가법이라 할 수 있다. 한편 최근 들어서는 현시선호 평가법의 장점과 진술선호 평가법의 장점을 모두 이용하기 위해 현시선호 자료와 진술선호 자료를 결합한 결합모형(joint model)의 적용도 등장하였다.

3. 본 연구에서 채택한 비시장적 편익 추정 방법론

큰 틀에서 적용가능한 방법론을 정리해 보면 [그림 5-1]과 같다. 양극해 연구개발 2단계 사업의 편익을 추정하기 위한 방법론의 선정은 매우 중요한 문제이다. 왜냐하면 과학적이면서도 학계에서 보편적으로 받아들여지고 있는 방법론을 사용해야 하는데, 만약 그렇지 못하다면 편익추정 결과에 대해 불필요한 소모적 논쟁을 일으키면서 합리적인 결론에 도달하는 것이 어려워지기 때문이다. 잘못하면 오히려 편익을 추정하지 않는 편이 더 나을 수도 있게 되므로, 본 연구에서는 이와 관련하여 두 가지 기준에 따라 편익 추정 방법론을 선정하고자 한다.

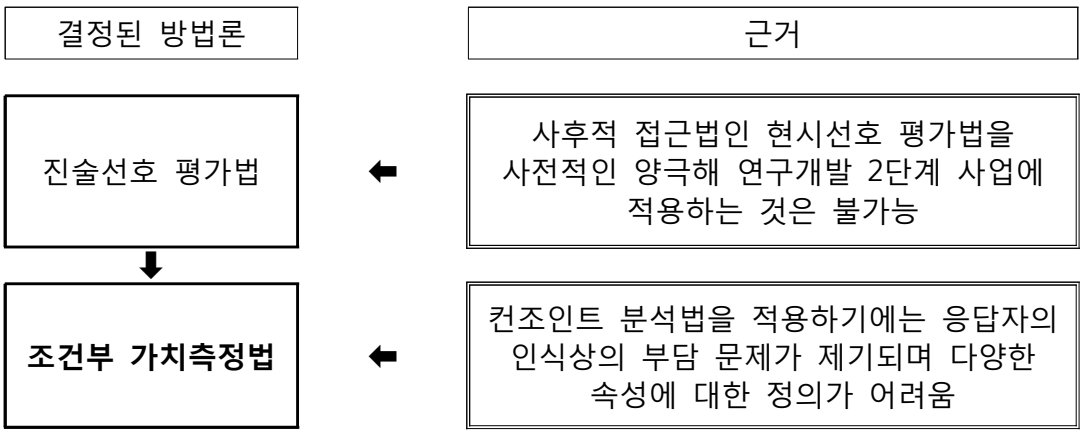


[그림 5-1] 비시장적 편익 추정에 적용가능한 연구방법론

첫째, 현재까지 개발되고 응용되어 온 연구방법론 중에서 가장 널리 사용되면서 가장 공감을 얻고 있는 방법론을 선정하고자 한다. 이와 관련하여 여러 방법론에 대해 앞에서 간략하게 검토하였는데, 결론적으로 본 연구에서는 현시선호 평가법과 진술선호 평가법 중에서 진술선호 평가법을 이용하고자 한다. 왜냐하면 현시선호 평가법은 사후적인 평가법이기 때문에, 아직 존재하지 않는 양극해 연구개발 2단계 사업에 대해 적용하는 것이 불가능하기 때문임. 따라서 결합모형도 적용이 불가능하다.

둘째, 한국개발연구원의 예비타당성조사 일반지침(제5판)을 살펴보면, 비시장재화에 대해서는 현시선호 평가법 중에서 조건부 가치측정법(CVM)을 통해 WTP를 추정할 것을 가이드라인으로 제시하고 있다. 본 연구에서 평가해야 할 양극해 연구개발 2단계 사업에 대해 컨조인트 분석법을 적용하기에는 응답자의 인식상의 부담 문제가 제기되며 평가에 필요한 다양한 속성에 대한 정의가 용이하지 않기 때문에, 본 연구에서는 조건부 가치측정법을 적용하고자 한다. 아울러 컨조인트 분석법보다는 조건부 가치측정법이 보다 광범위하게 활용되고 있으며, 타당성 및 신뢰성이 어느 정도 확인되었다.

요컨대 본 연구에서는 [그림 5-2]와 같이 조건부 가치측정법을 적용하여 양극해 연구개발 2단계 사업의 경제적 편익을 추정하고자 한다. 본 사업과 유사한 사업으로서 대형광학망원경 개발사업[15], 해양과학연구선 건조사업[16]의 경우에도, 비시장적 편익의 산정을 위해 조건부 가치측정법을 적용한 바 있다. 이에 본 연구에서도 CVM을 적용한다. 이제는 조건부 가치측정법에 대해 좀 더 자세하게 살펴보도록 하겠다.



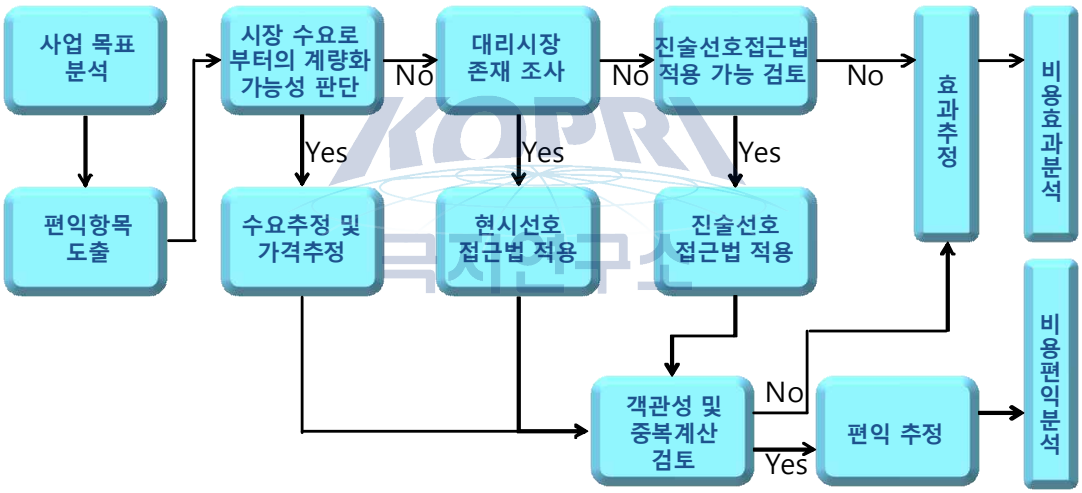
[그림 5-2] 본 연구에서 적용하는 연구방법론

15) 유승훈, 이주석, 박수동 (2011), 대형광학망원경 개발사업의 경제적 효과 분석 연구, 기술혁신학회지, 제14권, 제1호, 한국기술혁신학회, pp. 40-59.

16) 유승훈, 권석재 (2012), 대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 편익 평가, Ocean and Polar Research, 제34권, 제2호, 한국해양연구원, pp. 175-183.

4. R&D 사업 예비타당성 표준지침의 내용

R&D 사업에 대한 예비타당성조사 표준지침을 살펴보면, 경제성 분석의 절차는 [그림 5-3]과 같이, 먼저 사업 목표 분석에서 출발하여 편익항목을 도출하는 것으로 시작한다. 시장 수요로부터의 계량화 가능성에 대한 판단을 하여 수요추정 및 가격추정이 용이하다면 이로부터 편익을 추정하여 비용편익분석을 수행한다. 하지만 시장수요로부터 계량화가 어렵다면 대리시장의 존재 여부를 조사하고 대리시장이 존재한다면 현시선호 접근법을 적용하고 대리시장이 존재하지 않는다면 진술선호 접근법의 적용 가능성을 검토한다. 진술선호 접근법의 적용도 어렵다면 효과를 추정하여 비용효과분석으로 경제성 분석을 끝내며, 진술선호 접근법의 적용이 가능하다면 편익을 추정하여 비용편익분석을 수행한다.



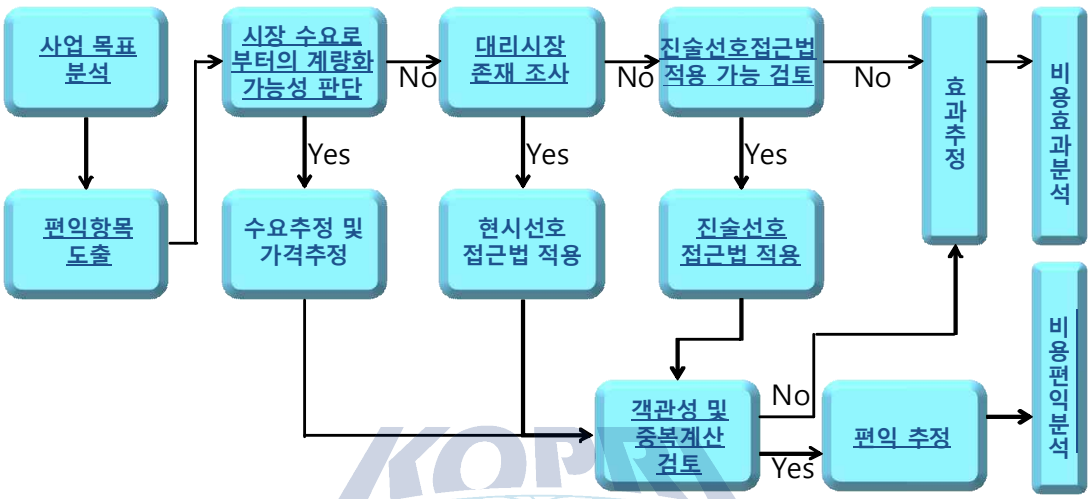
[그림 5-3] R&D 사업 예비타당성 표준지침(2011)상의 경제성 분석 절차

여러 가지 여건을 고려할 때, 본 연구에 부합하는 상황은 [그림 5-3]에 밑줄을 그은 [그림 5-4]에 해당한다. 앞서 언급했듯이, 시장적 편익을 구하는 것이 불가능하므로 비시장적 편익을 추정하되, 현시선호 접근법의 적용도 어려우므로 진술선호 접근법을 적용하여 편익을 추정한다. 진술선호 접근법 중에서 여러 선행연구사례와 부합하면서 한국개발연구원의 일반지침(제5판)에도 부합하는 조건부 가치측정법을 적용한다.

다음의 3개 연구사례도 본 연구와 유사하게 연구개발사업에 대해 조건부 가치측정법을 적용한 바 있다.

- 유승훈, 이주석, 박수동, 2011. “대형광학망원경 개발사업의 경제적 효과 분석

연구". 기술혁신학회지, 제14권, 제1호, pp. 40-59.
· 유승훈, 권석재, 2012. "대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 편익 평가". Ocean and Polar Research, 제34권, 제2호, 한국해양연구원, pp. 175-183.
· 박선영, 남정호, 유승훈, 2013. "해양환경 위해성 평가 및 관리 기술개발사업의 경제성 분석", 기술혁신학회지, 한국기술혁신학회, 제16권, 제1호, pp. 20-40.



[그림 5-4] 본 연구에 해당하는 경제성 분석 절차(밑줄 그은 부분)

KOPRI 극지연구소

5. 조건부 가치측정법의 개요

CVM은 비시장재화에 대한 공공의 WTP를 추정하기 위해 지금까지 개발된 여러 방법들 중에서 가장 널리 사용되고 있는 방법으로서 그 어느 방법 이상으로 정확하여 사용이 널리 확산되고 있다. CVM은 설문조사를 할 때 가상시나리오를 통해 가상시장을 만들며, 특별하게 고안된 설문지는 공공재나 비시장재화의 공급수준 변화에 대해 가상적인 상황을 설정하고 여러 조건을 달아 사람들을 가상적인 상황에 결합시킨다. 이런 조건하에서 응답자들은 공공재나 비시장재화 공급의 가상적인 변화에 대해 어느 정도 지불의사가 있는지를 대답하게 된다.

CVM은 경제학적인 방법론으로 다양한 대상에 적용될 수 있는 장점을 가지고 있어 국제적으로 볼 때 응용사례연구가 대단히 많으며, 연구절차도 상당 부분 표준화되어 있지만, 선호를 나타내려는 응답자의 의사와 선호를 이끌어내는 연구자의 능력에 크게 의존하고 있어 세심한 접근이 필요하다.

설문조사에서 응답자가 진술한 가치를 WTP의 추정치로 사용하는 CVM 기법의 타

당성에 대해 많은 검토가 있었다. 가장 중요한 것은 타당성(validity), 즉 응답자들이 설문조사에서 진술한 금액을 실제로 지불할 것인가의 문제이다. 진술된 WTP의 타당성을 검증하는 데에는 여러 가지 접근방법이 있었는데, 주로 CVM 설문조사로부터 얻은 가치와 실제 행동에 근거한 자료를 이용하는 기법, 즉 여행비용 접근법, 헤도닉 가격기법, 실제 지출액 분석과 같은 현시선호 평가법의 적용으로부터 얻은 가치를 비교하는 방식을 취했다. 주요 연구사례를 검토해보면, CVM으로부터 얻은 가치는 실제 WTP 값과 같거나 25% 이내의 범위에서 더 크다는 결론에 도달하여(Mitchell and Carson, 1989) CVM의 타당성은 어느 정도 검증되었다.

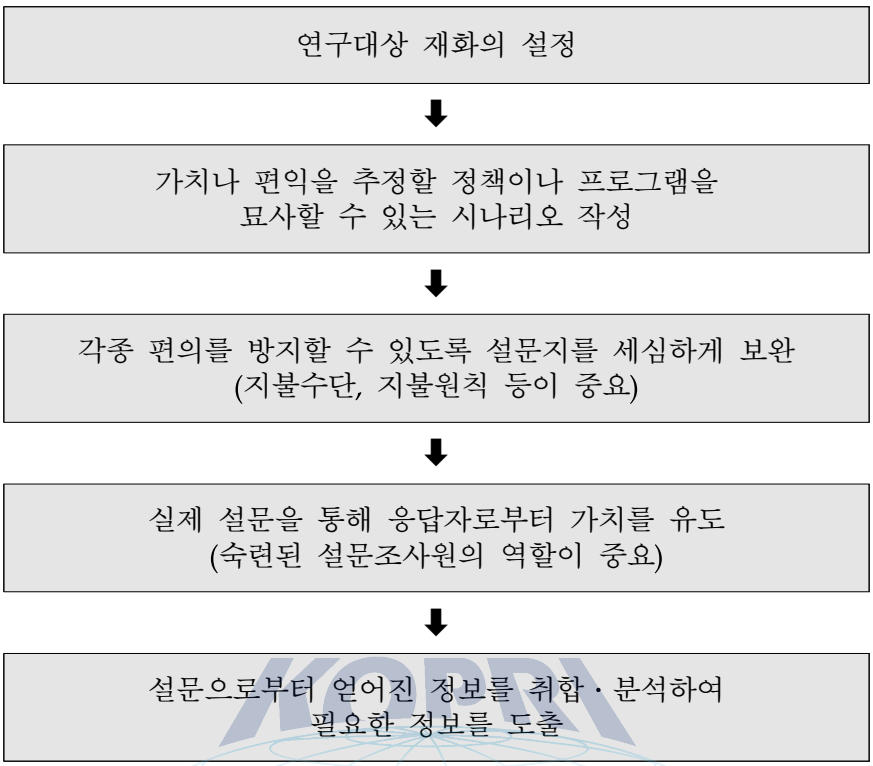
다음으로 현시선호 평가법을 적용할 수 없는 경우에도 CVM 적용으로 얻은 응답에 대한 타당성을 검증해야 하는데 이 작업은 대단히 어렵다. 사람들에게 친숙하지 않은 비시장재화에 대한 CVM의 WTP 추정치가 얼마나 정확한가라는 문제에 대해 여러 실증 연구가 이루어졌는데, CVM으로부터 얻게 되는 응답은 대체적으로 믿을 만하다는 결론을 얻었다(Loomis, 1990; Bjornstad and Kahn, 1996). CVM 결과의 정확성은 설문조사에 포함된 정보와 설문조사 시행의 정확성에 부분적으로 근거하고 있다.

특히 노벨 경제학상 수상자인 K. Arrow 및 R. Solow 등으로 구성된 패널은 1993년 미국 대기해양청에 제출한 보고서를 통해 CVM이 법정에서 사용될 수 있을 만큼 충분히 믿을만한 편익 추정치를 제공한다고 결론을 내렸다. 이렇게 CVM은 학문적 영역에서뿐만 아니라 소송 등의 법적 영역, 주요 정부 부서, 국제기구 등에서 광범위하게 활용되고 있다.

CVM의 적용은 [그림 5-5]의 5단계를 거치게 된다(Yoo and Chae, 2001). 1단계에서 연구대상 비시장재화를 설정한다. 2단계에서는 설정된 비시장재화에 대해 전달하고자 하는 내용을 정확하게 전달하면서 응답자들이 이해하기 쉽도록 묘사할 수 있는 시나리오를 작성한다. 3단계에서는 CVM의 운용에서 예상되는 여러 가지 편의를 방지할 수 있도록 설문지를 보완한다. 4단계는 직접 현장에 나가 설문을 시행하는 단계로 충분히 교육받은 설문조사원의 역할이 강조된다. 5단계에서는 설문으로부터 얻어진 자료를 취합·분석하여 필요한 정보를 이끌어내는 단계이다.

3단계에서 사용되는 지불수단은 [표 5-2]과 같이 4가지가 있다. 직접질문법(direct open-ended question)은 각 응답자에게 어떠한 값도 제시하지 않고 최대 WTP를 직접 질문하는 방식으로 응답자들이 질문에 대답하기가 어려운 단점이 있어 잘 사용되지 않는다. 경매법(bidding game)은 응답자들이 최대 WTP에 도달할 때까지 점점 더 높은 금액을 응답자에게 제시하는 방식으로 가장 오래되고 가장 많이 사용되고 있다. 설문조사원이 유능할수록 응답자가 느끼는 WTP를 잘 유도해 낼 수 있는 장점이 있지만, 시작하는 액수가 높을수록 최종합의를 보는 WTP가 커지는 출발점 편의(starting

point bias)의 문제가 있다.



KOPRI 극지연구소

[그림 5-5] 조건부 가치측정법 적용의 5단계

[표 5-2] 조건부 가치측정법의 지불의사 유도방법

질문 방식	내 용
개방형 질문법	응답자가 직접 WTP를 대답하도록 개방형으로 질문한다.
경매법	임의의 WTP에 대한 지불의사를 질문하는 과정을 되풀이하여 일정 금액에 수렴하면 질문을 중지한다.
지불카드법	다른 항목의 가구당 평균적인 지출 목록을 함께 제시하면서, 연구대상 비시장재화에 대한 지출액을 답하도록 한다.
양분선택형 질문법	일정금액을 지불할 의사가 있는지 여부를 묻고, ‘예/아니오’로 대답하도록 한다.

지불카드법(payment card)은 소득수준이나 제공받는 공공서비스의 수준에 따라 응답자들을 구분하여 카드에 지출자료를 제시하여 참고자료로 이용하게 하는 방법으로, 직접질문법이 갖는 문제점을 해결할 수 있는 장점이 있지만, 지불카드에 기입되는 다른 비시장재화 소비에 대한 지출내역이 평가하고자 하는 대상과 큰 관련이 없어야 하는데 둘 사이에 관련이 있다면 질문받는 사람들은 평가하는 대상과 관련이 깊은 지불내역에 근사한 값을 자신의 WTP로 밝히는 고정점 편의(anchoring bias)의 문제가 있다.

양분선택법(dichotomous choice method)은 어떤 단일한 금액을 무작위로 제시하고 응답자들이 '예' 또는 '아니오'를 대답하도록 하는 방법을 통해 평균 WTP를 추정하는데, 응답자들이 대답하기 용이하고 출발점 편의나 설문조사원 편의(interviewer bias)에 의한 영향이 적으며 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적다.

CVM 연구에서 설계자가 명심해야 할 가장 중요한 것은 응답자들이 평가되는 재화에 익숙하지 않아도 유효하고 믿을만한 값을 제공할 수 있도록, 시나리오를 응답자에게 충분히 이해할 수 있고, 납득할 수 있으며, 의미있게 만드는 것이다. 연구자가 의도한 바를 응답자가 제대로 이해하지 못한다면 가치화가 제대로 되었다고 할 수 없으며, 지불수단이 이해가 된다고 해도 시장이 납득되지 않으면 문제가 있다. 또한 응답자가 시장이 응답자들에게 정말로 의미가 있도록 시장을 응답자들의 개인적인 지식과 경험과 결부시키지 못한다면 진정한 가치를 제공하도록 할 노력에 대한 유인을 제공받지 못한다.

설문조사 방법에는 일반적으로 개별면담설문, 전화설문, 우편설문 등이 있다. CVM 응용연구에서는 WTP 유도에 있어서 몇몇 복잡한 내용이 포함되기 때문에 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자의 충분한 이해를 도모하기 위해 충분한 예산을 확보하여 일대일 개별면접 설문을 실시하는 것이 적절하다. 특히 Arrow et al.(1993)은 CVM 설문조사에서 전화조사나 우편조사가 아닌 일대일 개별면접을 사용해야 한다고 강조하고 있다.

또한 인터뷰 끝에 응답자의 전화번호를 물어 임의로 추출된 가구에 대해 설문조사 감독자들은 조사원들이 일을 제대로 했는지 확인전화를 하고, 몇 가지 질문을 다시 해서 응답자들의 대답에 일관성이 있는지를 점검하고 응답이 빠진 항목에 대해 다시 질문을 하여 답을 얻는 절차가 요구된다.

KOPRI 극지연구소

제3절 경제적 편익의 추정

1. CVM 실증분석 절차

양극해 연구개발 2단계 사업의 경제적 편익 추정을 위해 본 연구에서 CVM을 적용한 실증 연구절차는 [그림 5-6]에 요약되어 있다. 본격적인 설문조사를 하기 위한 첫 단계로서 대상재화와 이에 대한 조건부 시장을 설정해야 하기에, WTP에 관한 핵심질문을 하기 전에 설문지는 조건부 시장의 일반적 상황부터 만들어 갔다. 본격적인 WTP 질문을 하기에 앞서 양극해 연구개발 2단계 사업을 추진하기 위해서는 비용이 소요됨과 이를 통하여 생기게 될 경제적 상황을 설명하면서 기꺼이 추가적으로 지불하고자 하는 금액에 대해 질문하였다.

대상재화 선 정	양극해 연구개발 2단계 사업
⬇	
시나리오 작 성	양극해 연구개발 2단계 사업의 필요성, 개요, 의의 및 기대효과를 인식시키고 사업의 시행을 위해서는 국민의 동의와 비용지불이 필요함을 설명함
⬇	
설 문 지 작 성	제시된 사업에 대한 계획 등을 설명하면서, 양분선택형 질문법으로 지불의사를 유도하되 지불수단은 1회의 가구 총 소득세로 하며, 사전조사를 통해 얻은 6개의 제시금액을 사용함
⬇	
현장설문 시 행	2014년 3월 약 1개월간 전국 600가구를 대상으로, 전문조사기관에서 과학적인 표본추출을 한 후 숙련된 조사원들이 충분한 교육을 받은 후 일대일 면접을 시행함
⬇	
필요정보 분 석	조사로부터 얻은 정보를 활용하여 과학적인 통계적 분석을 수행함으로써 평균 WTP를 추정하고 이를 양극해 연구개발 2단계 사업의 편익으로 산정함

[그림 5-6] 본 연구에서의 CVM 실증연구 절차

KOPRI 극지연구소

응답자들의 이해를 도모하기 위해 컬러 그래픽 설명을 담은 보기카드를 응답자에게 제시하고 설명하였다. 특히 CVM을 적절하게 운용하기 위해서는 가치를 평가하고자 하는 비시장재화의 공급이전 상황과 공급이후 상황을 분명하게 묘사해야 하며, 구체적인 정책수단도 아울러 제시하여 설문에 대한 신뢰성을 확보해야 한다.

조건부 시장의 설정에 있어서 중요한 역할을 하는 것은 응답자가 밝히고자 하는 지불의사를 쉽게 표현할 수 있도록 지불수단을 제시하는 것이다. 현실성 있는 지불수단이 되도록 시장을 설정하는 것은 응답자가 진정한 가치를 밝힐 수 있도록 유도한다는 점, 가상적 상황을 좀 더 현실화시킨다는 점, 또 의향과 행동간의 관계를 밀접하게 할 수 있다는 점에서 중요하다. 특정한 지불수단을 결정할 때는 첫째, 평가하고자 하는 재화와의 관련 정도, 둘째, 응답자의 결정을 단순화할 수 있는 정도, 셋째, 여러 가지 편의를 제거할 수 있는 정도를 기준으로 삼게 된다. 즉, 평가하려는 대상과 관련하여 현실성이 있으며 사실과 부합하는 수단을 선택해야 한다는 것이다.

본 연구에서는 평가하고자 하는 양극해 연구개발 2단계 사업의 시행을 위한 재원 확보 차원과 응답자의 친숙성을 종합적으로 고려하여 소득세를 지불수단으로 하였으며, 소득세라는 지불수단의 사용은 한국개발연구원의 예비타당성조사 일반지침(제5판)에도 부합한다. 또한 Arrow et al.(1993)의 지침대로 응답된 WTP에 대한 지불로 다른 재화에 대한 지출을 줄여야함을 응답자에게 인식시켰다. 한편 지불원칙 및 지불기간은 가구당 1회 부담하는 것으로 하였으며 설문조사원들은 이 점을 응답자에게 강조하였다. 또한 가구의 소득은 제한되어 있으며 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 한다는 사실과 정부가 해야 할 사업은 양극해 연구개발 2단계 사업 외에도 많다는 사실을 고려하면서 WTP 질문에 대답할 것을 명시적으로 요청하였다.

본 연구에서는 현실시장에서 소비자들의 행동을 결정하는 유형과 국민투표에서 투표하는 유형과 유사한 양분선택형 질문법으로 지불의사를 유도한다. 예컨대, 구매하고자 하는 물건의 시장 가격이 1,000원일 때, 합리적 소비자라면 그 물건의 사용으로부터 얻게 될 효용이 1,000원보다 크거나 같으면 물건을 구매할 것이고 그렇지 않다면 구매하지 않을 것이다. 또한 특정법안에 대해 국민투표를 시행시 투표자는 그 법안에 내용이 좋으면 '예'라는 응답을 싫으면 '아니오'란 응답을 할 것이다.

이렇게 양분선택형 질문은 단 1회에 걸쳐서 미리 설정된 금액을 "공공재 공급의 대가로 지불할 용의가 있는가"라고 물어보면, 응답자가 '예/아니오'로 한번만 대답하는 방식이다. 이 때 예상되는 평균 지불의사액에 의거하여 설문하고자 하는 금액들이 결정되며, 이들 중 임의로 한 가지 금액을 각 응답자에게 제시한다. 다만 각 금액들은 비슷한 수의 응답자들에게 배당됨. 응답자는 제시된 금액이 본인의 지불의사액보다 같거나 작으면 '예'라고 대답하고, 높으면 '아니오'라고 대답하게 된다.

이렇게 얻어진 자료를 이용하여 제시된 금액과 '예'라고 대답한 응답자의 비율을 분석함으로써 평균 지불의사를 측정하게 된다. 요약하면, 본 연구에서는 지불의사 유도방법으로서 응답자가 대답하기 용이하여 응답률이 높고, 출발점 편의나 설문조사원 편의에 의한 영향이 적으며, 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적으면서 응답자의 전략적 행위를 줄일 수 있는 양분선택형 질문법을 이용하였다.

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 한국개발연구원의 예비타당성조사 일반지침(제5판)에서는 이중경계 모형 형태로 설문지에서 질문을 하더라도 첫 번째 질문에 대한 응답만 활용할 것을 제안하고 있다. 즉 단일경계 CVM 모형의 적용을 가이드라인으로 채택하고 있는데, 이것은 이중경계 모형의 편의가 클 수 있으므로 효율성은 좀 떨어지더라도 편의를 줄이는 것이 더 바람직하다는 시대적 흐름을 반영한 것이다.

먼저 응답자들에게 양극해 연구개발 2단계 사업을 위해 A원을 지불할 의사가 있는지를 질문하는데, "예"라고 응답하면 2배 수준의 금액에 대해서는 지불의사가 있는지를, "아니오"라고 응답하면 1/2배 수준의 금액에 대해서는 지불의사가 있는지를 질문한다.

본 연구에서 사용된 설문지는 설문조사 전문기관의 조언으로 가능한 한 쉽고, 간단하며, 압축된 형태로 만들었다. 응답자들이 얼마나 잘 이해하는지를 확인하기 위해 본 설문에 들어가기 전에 전국에서 30여 실험가구를 선택하여 일대일 개별면접조사를 통해 설문지의 내용을 검증하였다. 설문지 작성 절차는 [그림 5-7]에 도시되어 있다.

제시금액은 최종적으로 얻고자 하는 WTP의 평균값에 민감한 영향을 미칠 수 있으므로 세심한 주의를 기울여 결정되어야 한다. 본 연구에서는 무작위 추출된 30명을 대상으로 한 사전 설문조사를 통해 지불의사액의 범위를 구한 다음에 양쪽에서 15% 정도를 절삭한 후 6개의 제시금액을 결정했다. - 1,000원, 2,000원, 3,000원, 5,000원, 7,000원, 10,000원 중 1개를 응답자에게 무작위로 배정하였다. 제시금액에 "예"라고 응답하면 2배의 금액을, "아니오"라고 응답하면 1/2배의 금액을 지불할 의사가 있는지에 대해 추가적인 질문을 한다.

KOPRI 극지연구소

대상재화 선 정	양극해 연구개발 2단계 사업을 정의하고 이에 대한 경제적 편익 추정을 시도
⬇	
지불수단 선 택	제시된 정책시행과 명백한 관계를 가지면서 이와 관련된 일상적 지출에 지나치게 제약을 받지 않는 지불수단을 선택하기 위해 소득세를 사용
⬇	
지불의사 유 도	현실시장에서 소비자들이 행하는 선택메커니즘과 유사하면서, 국민투표에서 흔히 사용되어 비교적 친숙한 양분선택형 질문법을 통해 지불의사를 유도하는 것이 바람직하므로 양분선택형 질문법 사용
⬇	
제시금액 설 계	무작위 추출된 표본에 대한 사전조사 결과를 근거로 제시금액을 선정하고 이를 응답자에게 무작위로 제공
⬇	
설문방법 선 택	설문의 목적과 비용을 고려하여 우편 면접, 전화 면접, 일대일 면접 중 하나를 선택한다. 전달하고자 하는 재화가 복잡하고 제공되는 정보가 적지 않아 비용의 부담이 있기는 하지만 일대일 개별면접을 선택
⬇	
필요정보 포 함	설문으로부터 얻어진 정보를 바탕으로 설문이 제대로 이루어졌는지에 대한 여러 가지 검정과 아울러 비용-편익 분석에 필요한 편익의 평균값 등을 계산하기 위해 응답자의 사회경제적 변수를 질문에 포함

[그림 5-7] 본 연구에서의 설문지 작성 절차

설문방법은 개별면접설문, 전화설문, 우편설문 등이 있는데, 양극해 연구개발 2단계 사업의 경제적 편익 추정의 경우 몇몇 복잡한 내용이 포함되어 있기 때문에 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자가 충분히 이해할 수 있도록 하기 위하여 일대일 개별면접 설문을 실시하였다. 특히 Arrow et al.(1993)은 CVM 설문에서 전화조사나 우편조사가 아닌 일대일 개별면접 설문조사에 근거해야 하다고 강조한 바 있다.

또한 인터뷰 끝에 응답자의 전화번호를 물어 임의로 추출된 가구에 대해 서베이 감독자들은 조사원들이 일을 제대로 했는지 확인전화를 하였고 몇 가지 질문을 다시 해서 응답자들의 대답에 일관성이 있는지를 점검하고 응답이 빠진 항목에 대해 다시 질문을 하여 답을 얻었다.

표본추출 및 면접조사는 전국에 대해 2014년 3월 내내 약 1개월간 여론조사 전문기관인 리서치프라임의 주관으로 실시되었다. 책임있는 가구의 의견에 대한 정보를 도출하기 위해 조사대상은 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 주부로 한정하였다. 설문조사 대상지역은 전국이기 때문에 대표성을 확보하고 있다. 각 지역의 전체 인구를 대상으로 임의표본을 도출하기 위해 각 지역 내의 인구 구성비를 고려하여 각 나이의 비율에 맞게 표본 수를 할당하였다. 설문단위는 개인이 아닌 가구로 하여, 무작위 추출된 총 600 가구의 설문결과를 얻을 수 있었다.

설문전문회사에 소속된 전문가의 도움으로 설문지를 가능한 한 쉽고, 짧고, 압축된 형태로 만들고자 하였으며 사람들이 얼마나 이해하는 지를 확인하기 위해 실험가구를 선택하여 설문지의 내용을 검증하였다. 최종 설문지는 실사를 맡은 리서치프라임 수퍼바이저로부터의 조언과 실험가구의 결과를 반영하였으며, 설문조사는 리서치프라임의 관리·감독 하에 실시되었다. 선발된 조사원들은 모두 시장실태조사 경험을 갖고 있었지만 본 연구의 조사방법은 지불금액에 대한 양분선택형 질문을 하는 색다른 것이므로 그들에게 특별교육을 하는 것이 바람직하다고 판단하여 여러 단계에 걸쳐 조사원 교육을 실시하였다.

KOPRI 극지연구소

2. WTP 모형

가. 기본적 WTP 모형

본 연구에서 적용하는 CVM은 Hanemann(1984)의 효용격차모형에 기반하며, 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 추정한 다음에, 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 u로 표현될 수 있다.

$$u = u(j, m; S), \ j = 0,1 \tag{1}$$

여기서, $j=0$는 비시장재화를 이용할 수 없거나 비시장재화가 공급되지 않는 상태를 의미하며 $j=1$는 비시장재화를 이용할 수 있거나 비시장재화가 공급되는 상태를 의미한다.

그런데 연구자에게는 응답자가 측정대상 비시장재화의 상태 변화를 선택 또는 거부하는 데 있어 관측이 불가능한 부분이 존재하므로, 간접효용함수는 다음과 같이 관측 가능한 확정적인 부분 $v(j,m;S)$과 관측 불가능한 확률적 부분 ϵ_j로 구성된다.

$$u(j,m;S) = v(j,m;S) + \epsilon_j \tag{2}$$

간접효용함수에 영향을 미치는 확률적 성분인 ϵ_j는 j에 상관없이 독립적이면서 동일한 분포를 갖는(independently and identically distributed) 확률변수로 평균은 0이다. 각 개인이 효용을 최대화한다고 가정하면 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.

KOPRI 극지연구소

$$v(1, m-A; S) + \epsilon_1 \geq v(0, m; S) + \epsilon_0 \tag{3}$$

또는

$$v(1, m-A; S) - v(0, m; S) \geq \epsilon_0 - \epsilon_1 \tag{3'}$$

이제 효용의 격차와 오차항의 격차를 다음과 같이 정의한다.

$$\Delta v(A) \equiv v(1, m-A; S) - v(0, m; S), \ \eta \equiv \epsilon_0 - \epsilon_1$$

그렇다면 "예"라고 응답할 확률은 다음과 같이 표현된다.

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

여기서 $F_\eta(\cdot)$는 η의 누적분포함수(cdf, cumulative distribution function)이며, "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 정의되며, 식 (4)는 다음과 같이 다르게 표현될 수 있다.

$$\Pr\{\text{응답이 "예"}\} = \Pr\{C \geq A\} \equiv 1 - G_C(A) \tag{5}$$

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

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

이 결과는 이산반응모형 (4)를 적합시키는 것이 곧 WTP의 분포함수인 $G_C(\cdot)$의 모수를 추정하는 것으로 해석될 수 있다는 점을 시사하며, 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.

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

KOPRI 극지연구소

나. 단일경계 모형

양극해 연구개발 2단계 사업에 대해 i번째 응답자는 직면하여 응답하는 상황은 다음과 같이 2개의 변수를 도입하여 묘사할 수 있다.

$$\begin{cases} I_i^Y = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "예"}) \\ I_i^N = 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오"}) \end{cases} \tag{8}$$

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

$$\ln L = \sum_{i=1}^{N} \left\{ I_i^Y \ln[1 - G_C(A_i)] + I_i^N \ln G_C(A_i) \right\} \tag{9}$$

통상적인 관례에 따라, $F_{\eta}(\cdot)$를 로지스틱(logistic) cdf로 정형화하고 이것을 $\Delta = a - bA$와 결합하면 WTP의 cdf는 다음의 형태를 취하게 된다.

$$G_C(A) = [1 + \exp(a - bA)]^{-1} \tag{10}$$

이때 평균값 WTP는 다음과 같이 계산된다.

$$\overline{WTP} = \int_0^{\infty} [1 - G_C(A)]\, dA - \int_{-\infty}^{0} G_C(A)\, dA \equiv a/b \tag{11}$$

다. 스파이크 모형(spike model)

지금까지는 WTP 모형을 둘러싼 중요한 논의와 일반적인 WTP 모형에 대해 설명하였는데, 이제는 양극해 연구개발 2단계 사업에 국한된 WTP의 성격에 대해 검토해 볼 필요가 있다. 사실 양극해 연구개발 2단계 사업은 일반 국민들에게 매우 생소한 재화이며, 양극해 연구개발 2단계 사업의 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.

단일경계 모형에서 제시금액에 대해 지불의사가 없다고 밝힌 응답자를 대상으로 영의 WTP를 가지는지 여부를 식별하는 질문을 추가적으로 하여 응답을 얻게 되면 지불의사가 없다고 응답한 자료는 영의 WTP와 영보다 크면서 제시금액보다 작은 양의 WTP를 가진 자료로 구분된다. 이중경계 모형에서도 마찬가지로 두 번의 지불의사를 묻는 질문에 대해 모두 '아니오'라고 응답한 경우에 전혀 지불할 의사가 없는지를 물어 응답을 얻게 되면 마찬가지로 이 자료는 영의 WTP와 영보다 크면서 작은 제시금액보다 작은 양의 WTP로 구성된다. 이렇게 캐어묻기 질문을 통해 영의 WTP가 식별될 수 있으므로, 분석모형은 자료와의 일관성을 확보할 수 있도록 영의 WTP를 명백하게 반영해야 한다.

현재까지 영의 WTP를 반영할 수 있도록 CVM 문헌에서 제안되고 응용된 모형은 크게 WTP의 분포함수가 영에서 스파이크(spike)를 허용하도록 하는 스파이크 모형(Kriström, 1997; Yoo and Kwak, 2002)과 영의 WTP를 가질 확률 분포와 양의 WTP를 가질 확률 분포를 볼록결합(convex combination) 형태로 결합하는 혼합 모형(Werner,

1999; Yoo et al., 2001; Yoo, 2004)이 대표적이다.

조사대상 600 가구의 약 4%에 해당하는 23개9 가구는 양극해 연구개발 2단계 사업에 대해 지불의사가 전혀 없다는 의견을 밝혔는데, 이러한 상황은 WTP에 관한 설문조사 자료에서 흔히 관측된다(Yoo et al., 2001a, 2001b). 영의 WTP는 양극해 연구개발 2단계 사업이 가구의 후생에 전혀 기여하지 못하거나 혹은 가구가 양극해 연구개발 2단계 사업에 완전히 무관심할 때, 다음과 같은 소득제약 하의 소비자 효용극대화 문제의 모서리해(corner solution)로서 도출될 수 있으므로, 경제적 행위에 부합한다.

$$\max_{y,Z} \left[U(y,Z;h) \mid y+Z \leq m \right] \tag{12}$$

여기서, $U(\cdot)$는 효용함수, y는 양극해 연구개발 2단계 사업에 대한 WTP, Z는 다른 지출, h는 개인특성을 나타내는 벡터, m는 소득이다.

영의 값을 가진 WTP 자료의 분석을 위해서는 다수의 가구들이 양극해 연구개발 2단계 사업에 대해 전혀 지불할 의사가 없다는 사실을 고려해야만 한다. 다시 말해서, WTP의 분포는 영의 값을 갖는 응답자 그룹과 양의 WTP를 갖는 응답자 그룹으로 양분되는 것이며, 경제성 분석 등에 사용될 수 있는 WTP의 평균값을 구하기 위해서는 WTP의 분포를 구해야 하고, WTP의 분포를 구하기 위해서는 이러한 점이 반드시 고려되어야 한다.

KOPRI 극지연구소

만약 영의 WTP 응답을 무시하고 분석을 한다면 적지 않은 오류를 범하게 되며, 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 정형화(specification)에 있어서 어려움이 존재한다.

이제 스파이크 모형에 대해 정형화할 수 있는데, 식 (8)의 두 번째 부분에 있는 "아니오"의 응답은 0의 WTP와 제시금액(A)보다 작은 양의 WTP로 구분되므로, I_i^N은 다시 I_i^{NY}와 I_i^{NN}로 세분화된다.

$$\begin{cases} I_i^{NY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 “아니오 – 예”}) \\ I_i^{NN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 “아니오 – 아니오”}) \end{cases} \tag{13}$$

앞에서와 마찬가지로, WTP의 누적분포함수를 $G_C(\cdot;\theta)$라 하고 이를 로지스틱(logistic) 함수로 가정하여 스파이크 모형을 구성하면 평균값 WTP를 추정할 수 있다. 스파이크 모형에 있어서, $\theta=(a,b)$일 때 WTP의 누적분포함수는 식 (14)와 같이 정의된다.

$$G_C(A;\theta) = \begin{cases} [1+\exp(a-bA)]^{-1} & \text{if } A > 0 \\ [1+\exp(a)]^{-1} & \text{if } A = 0 \\ 0 & \text{if } A < 0 \end{cases} \tag{14}$$

따라서 단일경계 스파이크 모형에 대한 로그우도함수는 각각 (15)와 같다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^{N} \ln \left\{ \begin{array}{l} I_i^Y [1 - G_C(A_i)] \\ + I_i^{NY} [G_C(A_i)) - G_C(0)] + I_i^{NN} G_C(0) \end{array} \right\} \tag{15}$$

이 때 스파이크는 $1/\ln[1+\exp(a)]$로 정의되며 표본에서 영의 WTP를 갖는 응답자의 비중을 의미한다. 한편 평균값 WTP는 다음과 같이 추정된다.

$$\overline{WTP} = (1/b)\ln[1+\exp(a)] \tag{16}$$

3. CVM 실증분석 결과

가. 단일경계 스파이크 모형의 추정결과

단일경계 스파이크 모형의 추정결과는 [표 5-3]에 제시되어 있는데, 최우추정법 적용시 전역적 최대값을 쉽게 찾을 수 있도록 제시금액의 단위를 1,000원으로 하여 그 규모를 조정하였다. 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.

$$W = \hat{\delta}' [\hat{V}(\hat{\delta})]^{-1} \hat{\delta} \tag{17}$$

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.

[표 5-3] 단일경계 스파이크 모형의 추정결과

변 수	추정결과
상수항	1.8616 (17.92)*
제시금액	−0.5277 (−21.15)*
스파이크	0.1345 (7.35)*
관측 가구수 로그우도(Log−likelihood) Wald 통계량: (p−value)	600 −633.37 502.92 (0.000)

주) *는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

이상의 추정결과로부터 계산된 WTP의 평균값은 [표 5-4]에 제시되어 있는데, 모두 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다.

KOPRI 극지연구소

[표 5-4] 평균값 WTP의 추정결과

구 분	양극해 연구개발 2단계 사업	
	추정값	t−값
매년 가구당 평균 WTP	3,801	26.94

주) 평균 WTP의 표준오차는 델타법(delta method)를 이용하여 계산되었다. *는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

나. 추정된 평균값 WTP의 확장

CVM 연구를 수행하는 중요한 목적 중에 하나는 표본정보를 이용하여 국가 전체의 총 편익을 추정하는 것이다. 즉 600가구라는 전국 표본에 대해 도출된 정보를 활용하여 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 책

임있는 의사결정을 할 수 있는 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 주부만으로 한정하였다.

표본은 제주도를 제외한 전국을 대상으로 하였으며, 따라서 우리나라 전체 가구의 의견을 잘 반영하고 있으며, 가상시장을 이용했다 하더라도 책임있는 정보를 도출했다고 볼 수 있으므로 표본의 정보를 모집단으로 확장하는 데 별 무리가 없다. 통계청(www.kosis.kr)의 2014년 추계가구수 18,457,628을 활용하면, [표 5-5]와 같이 양극해 연구개발 2단계 사업의 연간 편익을 추정할 수 있다.

[표 5-5] 표본 정보의 모집단으로의 확장

구분	추정값
전국 가구수	18,457,628
연간 가구당 WTP	3,801원
2014년 3월 기준 연간 총 편익	70,157백만원
2013년 12월 기준 연간 총 편익	69,449백만원

한편 설문조사 수행시점은 2014년 3월이며 본 경제성 분석의 기준시점은 예비타당성조사 일반지침 제5판에 따라 전년도 말, 즉 2013년 12월이므로 위의 편익을 소비자물가지수[17](2010년=100 기준 소비자물가지수 : 2013년 12월=107.9, 2014년 3월=109.0)로 조정한다. 아울러 본 조사에서는 설문지에 지불기간을 향후 5년간 매년 1회로 제시하였고, 할인율은 예비타당성조사 일반지침 제5판에 근거하여 5.5%를 적용하므로, 본 사업의 총 편익의 현재가치는 [표 5-6]과 같이 도출된다.

[표 5-6] 편익의 현재가치(2013년말 기준)

연도	당해연도 편익(백만원)	할인편익(백만원)
2014년	69,449	69,449
2015년	69,449	65,829
2016년	69,449	62,397
2017년	69,449	59,144
2018년	69,449	56,061
합계	347,247	312,880

17) 자료 : 한국은행(www.bok.or.kr).

제6장. 경제적 타당성 분석

제1절 경제적 타당성 분석

1. 경제성 분석

예비타당성조사의 타당성 기준은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 사업의 경제성에 관한 분석이고, 다른 하나는 정책적 차원에서의 분석이다. 이중 경제성에 관한 분석은 일단 그 사업이 어느 정도의 경제적 가치가 있는 사업인지를 파악할 수 있도록 함으로써 사업에 대한 이해를 돕게 된다. 경제성 평가는 편익/비용 비율(B/C Ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR) 등의 계산을 통하여 사업의 경제성을 파악하는 과정이며, 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위하여 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 수행한다.

본 연구에서는 비용편익분석을 경제성 분석의 기본 방법론으로 채택하고 있으며, 지침에 따라 분석 기준년도, 분석 기간, 사회적 할인율 등 공통적인 분석 방법을 적용함으로써 타 사업과의 평가의 일관성을 기한다. 본 조사에서는 경제적 타당성 평가를 위하여, 대안간 우선순위 비교 등을 위해 편익/비용 비율(B/C Ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR) 등을 구하여 비교하였다.

KOPRI 극지연구소

2. 경제성 분석의 주요 전제

본 연구에서는 분석을 시행하는 시점의 전년도를 기준년도로 하여 분석을 시행하는 시점의 전년도를 평가의 기준년도로 정의하여 모든 편익과 비용을 추정한다. 이에 따라 본 조사 편익과 비용의 기준시점은 2013년 12월말이다.

가. 분석 방법

경제적 타당성을 평가하는 분석기법으로는 편익/비용 비율(B/C Ratio), 내부수익율(IRR), 순현재가치(NPV) 등이 있는데, 일반적으로 이해가 용이하고, 사업규모의 고려가 가능한 B/C 분석 기법을 많이 사용한다. 편익/비용비율, 순현재가치, 내부수익률은 그 분석기법마다의 장・단점을 가지고 있고, 어느 한 기법만을 가지고 사업의 경제적 타당성을 판단하기에는 적당하지 않은 경우가 자주 있으므로 본 과업에서는

B/C비, 순현재가치, 내부수익률을 모두 분석하여 경제적 타당성을 분석하였다. 각 평가지표의 장·단점 등을 개략적으로 살펴보면 [표 6-1]과 같다.

[표 6-1] 경제성 분석의 개요

분석기법	장 점	단 점
편익/비용 비 율	• 이해 용이 • 사업규모 고려 가능 • 비용편익 발생기간의 고려	• 편익과 비용의 명확한 구분 곤란 • 상호배타적 대안선택의 오류발생 가능 • 사회적 할인율의 파악
내부수익률	• 사업의 수익성 측정 가능 • 타 대안과 비교가 용이 • 평가과정과 결과 이해가 용이	• 사업의 절대적 규모 고려치 않음 • 몇 개의 내부수익률이 동시에 도출될 가능성 내제
순현재가치	• 대안 선택 시 명확한 기준 제시 • 장래발생편익의 현재가치 제시 • 한계 순현재가치 고려 • 타 분석에 이용가능	• 할인율의 분명한 파악 • 이해의 어려움 • 대안 우선순위 결정시 오류발생 가능

KOPRI 극지연구소

나. 편익/비용 비율

편익/비용비율이란 운영 후 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용(사업비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준년도 가격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로 (편익/비용비율)≥1이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{편익·비용비율}(B/C) = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t에서의 편익

C_t : 시점 t에서의 비용

r : 할인율(이자율)

n : 내구연도(분석연도)

다. 내부수익율

내부수익율(Internal Rate of Return: IRR)은 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율 r을 구하는 방법으로 일반적으로 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{내부수익률}(IRR): \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+IRR)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t에서의 편익
C_t : 시점 t에서의 비용
IRR : 내부수익률
n : 내구연도(분석년도)

라. 순현재가치

순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값이며 (순현재가치) ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단한다.

KOPRI 극지연구소

$$\text{순현재가치}(NPV) = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서 B_t : 시점 t에서의 편익
C_t : 시점 t에서의 비용
r : 할인율(이자율)
n : 내구연도(분석연도)

3. 경제성 분석의 주요 전제

가. 경제성 분석시 전제사항

경제성 분석에 있어서 비용과 편익은 모두 '사회적 비용 및 편익'을 의미한다. 따라서 본 사업추진에 소요되는 사업비는 물론 추정된 편익 발생을 위해 소요되는 정부, 민간의 모든 명시적 암묵적 비용을 분석에 포함한다. 편익·비용 분석에 앞서 『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제5판)』에 따라 다음과 같은 조

건을 가정하였다. 첫째, 경제성 분석의 모든 비용과 편익은 2013년도 말 기준 불변가격으로 산정하였다. 둘째, 현재가격은 2013년말을 기준으로 사업의 비용 및 편익에 적용하되, 분석기간 동안 예상되는 비용과 편익에 사회적 할인율을 적용하여 현재가치로 환산하여 평가하였다. 경제성 분석을 위한 각종 수익성 지표를 계산함에 있어서 사회적 할인율은 『예비타당성조사 일반지침(제4판)의 수정・보완: 사회적 할인율의 조정』에 따라 5.5%를 적용한다.

나. 분석대상 기간

경제성 분석을 수행하기 위해서는 분석대상 기간에 대한 확정이 필요하며 이는 비용의 투입이 일어나는 기간 및 편익의 발생이 일어나는 기간을 고려하여 정한다. 사업기간은 투입인력의 유지 등의 이슈와 연결되므로 연구개발사업 비용의 산정에 있어서 중요한 사항이며 사업 종료 이후 본 사업의 성과가 나타나는 기간, 즉 경제성 분석 대상기간은 편익인정의 시간적 범위를 결정하는 사항이므로 중요하다. 양극해 연구개발 2단계 사업의 수행 기간은 2015년부터 2018년까지의 4년간이다.

KISTEP(2011)『예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축』에서는 2000년부터 2009년까지 미국 등록 특허 155만 여건의 인용정보를 이용해 국제특허분류(IPC) 클래스별 기술수명주기 중위수(median)를 산정하여 제시한 바, 이에 근거하여 편익발생 기간을 결정해야 한다. 가장 근접한 클래스는 'C02 물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리'로 기술수명주기 중위수가 10.5년임을 감안하여 10년을 적용한다. 즉 편익의 발생기간은 연구개발사업 투자 완료 후 10년으로 설정한다.

모든 클래스에 대한 기술수명주기 중위수의 평균을 구해보면 11년이므로 10년을 적용하는 것은 큰 무리가 없으며, 딱히 부합하는 클래스가 없는 경우에는 통상 10년을 적용하는 것이 관례이다. 따라서 편익은 사업종료 다음 연도부터 향후 10년 동안 발생하는 것으로 가정한다. 따라서 2015년부터 사업수행 기간까지에 10년을 추가한 기간 동안을 대상으로 경제성 분석을 수행하므로, 경제성 분석 기간은 2015년부터 2029년까지의 14년간이다.

4. 경제성 분석 결과

양극해 연구개발 2단계 사업에 대한 경제성 분석 결과는 [표 6-2]에 제시되어 있는데, 순현재가치, 편익/비용 비율, 내부수익률은 모두 각각 0, 1.0, 5.5%를 초과하여 본 사업은 경제적 타당성을 확보하므로 안정적 예산 확보를 통해 조속히 착수되어야 한

다. 경제성 분석에서의 비용 및 편익의 흐름은 [표 6-3]에 제시했음

[표 6-2] 양극해 연구개발 2단계 사업의 경제성 분석 결과 요약

경제성 분석 지표	순현재가치(백만원) (NPV)	편익-비용 비율 (B/C ratio)	내부수익률(IRR)
값	271,952	7.64	53.4%

[표 6-3] 양극해 연구개발 2단계 사업에 대한 비용 및 편익의 흐름

(단위 : 백만원)

연도	비용		편익		순편익	
	값	현재가치	값	현재가치	값	현재가치
2015	10,000	9,479			-10,000	-9,479
2016	11,500	10,332			-11,500	-10,332
2017	12,000	10,219			-12,000	-10,219
2018	13,500	10,897			-13,500	-10,897
2019			51,422	39,345	51,422	39,345
2020			51,422	37,294	51,422	37,294
2021			51,422	35,350	51,422	35,350
2022			51,422	33,507	51,422	33,507
2023			51,422	31,760	51,422	31,760
2024			51,422	30,104	51,422	30,104
2025			51,422	28,535	51,422	28,535
2026			51,422	27,047	51,422	27,047
2027			51,422	25,637	51,422	25,637
2028			51,422	24,301	51,422	24,301
2029	47,000	40,928	514,225	312,880	467,225	271,952
합계	98,000	69,432	790,628	297,115	692,628	227,683

KOPRI 극지연구소

제2절 결론

양극해 R&D 2단계 사업에 대한 경제적 타당성을 분석한 결과 본 사업은 비용편익 분석을 통과하여 경제적 타당성을 확보한다. 아울러 민감도 분석 결과 비용 및 편익의 변화에 대해 일관되게 경제적 타당성을 확보한다. 따라서 본 사업은 즉시 시행될 필요가 있다.

KOPRI
극지연구소

참고문헌

과학기술부, 2007. 『2007년도 국가연구개발사업 자체평가지침』.

과학기술부, 2006.『연구개발투자의 경제성장 및 분배에 미치는 영향』. 연구보고서.

곽승준, 유승훈, 장정, 2007. 올림픽 금메달의 비시장 가치, 국제경제연구, 한국국제경제학회, 4월호 제13권 제1호, 127-151.

교육과학기술부, 한국과학기술기획평가원, 2009.『2009년 연구개발활동조사 보고서』. 연구보고서.

국회예산정책처, 2008.『R&D 사업 예비타당성조사에 대한 메타평가』.

기획재정부, 2009.『2009년 예비타당성조사 운용지침』. 연구보고서.

김동건, 2008.『비용·편익분석(제3판)』. 박영사.

김석구·김태유, 2002. "유류오염에 따른 해양환경피해의 측정: 조건부 가치측정법을 이용하여". 경제학연구, 50(3), 한국경제학회, 59-81.

김성수, 2007. "연구개발 사전타당성 조사에서 정책적 기준의 운영에 관한 연구". 한국사회와 행정연구, 제 18집, 제 1호, 197-219.

김연배, 조경선, 류태규, 2007.『기술가치평가』. 한국산업기술재단.

김의제, 1999. 연구개발투자의 기술, 노동, 자본, 생산성 기여도 분석, 과학기술정책포럼 발표자료. 한국과학기술정책연구원.

김태윤, 김상봉, 2004. 『비용·편익분석의 이론과 실제: 공공사업평가와 규제영향분석』. 박영사.

김현정, 2009. "산업간 지식전파효과분석: 사업서비스를 중심으로". 금융경제연구, 제 396호, 한국은행 금융경제연구원.

김홍배, 2006.『정책평가기법: 비용·편익 분석론』. 나남출판.

김희경, 1995. 광고와 마케팅 조사는 이렇게 한다. 정보여행.

노화준, 2004. 『기획과 결정을 위한 정책분석론』. 박영사.

박창제, 2007. "비용·효과분석과 프로그램의 평가". 평가리뷰, 제 7호, 150-165.

박현, 유경준, 곽승준, 2004. 문화시설의 가치추정 연구. 연구보고서 2004-15, 한국개발연구원.

서중해, 2005.『우리나라 민간기업 연구개발투자의 특성 및 경제적 효과』. 연구보고서, 한국개발연구원.

성웅현, 유선희, 2007. "특허인용 수명분석을 이용한 기술의 경제적 수명추정에 대한 연구". 지식경영연구, 제 8권, 제 1호, 49-93.

송준기, 1994. "R&D자본과 생산성관계에 관한 실증적분석". 산업조직연구, 제 3집,

KOPRI 극지연구소

37-56.
송치웅, 오완근, 2010. "제조기업의 연구개발활동과 소비자지향성이 기술혁신에 미치는 영향". 기술혁신학회지, 제 13권, 1호, 124-129.
신철오, 장정인, 최지연, 2008. “허베이 스피리트호 유류오염사고의 환경피해액 추정 연구”. KMI.
신태영, 2004.『연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도』. 과학기술정책연구원, 연구보고서.
양희승, 2010. "R&D 예비타당성조사에서의 편익 추정의 정형화 가능성에 관한 고찰". 정책분석평가학회보, 제 20권, 제 2호, 77-101.
오완근, 2011. “산업구조 변화와 경제성장 : 국가별 Baumol 효과 분석을 중심으로”. 금융경제연구.
오완근, 2009. “한국경제의 구조변화와 생산성: Baumol 효과를 중심으로”. 금융경제연구, 제 396호, 한국은행 금융경제연구원
유선희, 이용호, 원동규, 2006. “특허인용분석을 통한 기술 분야의 수명예측에 관한 연구”. 한국경영과학회지 제 31권, 제 4호, 1-11.
유승훈, 권석재, 2012. “대형 해양과학연구선 건조사업의 비시장적 편익 평가”. Ocean and Polar Research, 제34권, 제2호, 한국해양연구원, pp. 175-183.
유승훈, 이주석, 박수동, 2011. “대형광학망원경 개발사업의 경제적 효과 분석 연구”. 기술혁신학회지, 제14권, 제1호, 40-59.
이우성, 2007. "R&D 투자를 통한 성장잠재력 확충 방안". 과학기술정책연구원 이슈 2007년 제2호.
장덕희, 강길모, 채기영, 김수지, 조민주, 차정미, 함현경. 2013. 국내외 해양생명공학 산업시장의 장기예측 및 합의, Ocean and Polar Research, 35(2), pp. 93-105.
장융남, 2006.『사례중심의 경제성공학: Engineer와 Manager를 위한 사업타당성 분석』. 도서출판 두남.
조윤애, 2004. "기업의 연구개발 파급효과분석: 한국제조업을 중심으로". 응용경제, 제 6권, 제 1호, 209-232.
지식경제부, 기술보증기금, 2008.『기술가치평가 실무요령』. 연구보고서.
최석준, 간형식, 2008. “연구개발 분야 예비타당성 제도의 개선방향”. 기술혁신학회지, 제 11권, 제 2호, 287-313.
하준경, 2005.『연구개발의 경제성장효과 분석』. 금융연구원.
한국개발연구원, 2004. 2004년도 예비타당성조사 보고서 : 대한체육회 선수촌 이전사업. 공공투자관리센터.

한국개발연구원, 2008a.『2008년도 예비타당성조사 연구보고서: 연구개발 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구』. 연구보고서.
한국개발연구원, 2008b.『경남 로봇랜드 조성사업 예비타당성조사 보고서』.
한국개발연구원, 2001a.『공항부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(개정판)』. 연구보고서.
한국개발연구원, 2001b.『항만부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(개정판)』, 연구보고서.
한국개발연구원, 2003.『수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)』. 연구보고서.
한국개발연구원, 2008c.『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』. 연구보고서.
한국개발연구원, 2004a.『보건·복지 사업 예비타당성조사 방법연구』. 연구보고서.
한국개발연구원, 2004b.『예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제4판)』. 연구보고서.
한국개발연구원, 2004c.『정보화부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구』. 연구보고서.
한국개발연구원, 2007.『예비타당성조사 일반지침(제4판)의 수정, 보완: 사회적 할인율의 조정』.
한국개발연구원, 2008c.『인천 로봇랜드 조성사업 예비타당성조사 보고서』.
한국개발연구원, 2009.『대형 해양과학연구선 사업 예비타당성조사 보고서』.
한국과학기술기획평가원, 2006a.『2005년도 국가연구개발사업 사전타당성조사에 관한 연구』. 종합조정 2006-13.
한국과학기술기획평가원, 2006b.『대형광학망원경 개발사업 사전타당성조사 보고서』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2006. 2005년도 국가연구개발사업 사전타당성조사에 관한 연구. 종합조정 2006-13.
한국과학기술기획평가원, 2007a.『국가연구개발사업의 사전타당성조사를 위한 일반분석평가지침(안)』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2007b.『토양·지하수오염확산방지 기술개발사업 사전타당성조사 보고서』.
한국과학기술기획평가원, 2008a.『2008년 과학기술연구개발 활동조사』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2008b.『국가연구개발사업의 예비타당성조사를 위한 분야별 특정분석 평가지침』.

KOPRI 극지연구소

한국과학기술기획평가원, 2009a. 『'09 R&D분야 예비타당성조사 수행을 위한 지침연구: 사업비용 추정 및 효과분석』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2009b.『국가연구개발사업 효과 분석 시스템 개발』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010a.『2009년 예비타당성조사 보고서: Korea CCS 2020 프로젝트』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010b.『2009년 예비타당성조사 보고서: 기상조절기술 개발사업』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010c.『2009년 예비타당성조사 보고서: 농생명 국가전략대응기술개발사업』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010d.『2009년 예비타당성조사 보고서: 농생명원천기술 개발사업』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010e.『2009년 예비타당성조사 보고서: 온라인 전기자동차 기반 수송시스템 혁신사업』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010f.『2010년 예비타당성조사 보고서: 녹색산업 선도형 이차전지 기술개발사업』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010g.『2010년 예비타당성조사 보고서: 신성장동력 장비경쟁력 강화사업』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010h.『2010년 예비타당성조사 보고서: 정지궤도 복합위성 개발사업』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010i.『2010년 예비타당성조사 보고서: 폐자원 및 바이오매스 에너지화 기술개발사업』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2010j.『예비타당성조사를 위한 연구개발사업의 경제성 및 파급효과 분석시스템 구축』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2011.『예비타당성조사를 위한 지식기반 및 분석시스템 구축』. 연구보고서.
한국과학기술기획평가원, 2011.『연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판)』. 연구보고서.
한국산업기술평가원. 2008.『2008년도 산업기술개발사업 성과활용현황조사 결과보고서』. 연구보고서.
한국해양과학기술진흥원. 2011. 해양바이오산업동향보고서.
한국해양자료센터. 2008. KDOC Newsletter No.49, 4월.
한국환경정책평가연구원, 2007.『편익이전 기법을 이용한 습지 가치추정: 메타회귀분

KOPRI 극지연구소

석을 중심으로』. 정책보고서 WO-04.

황석원, 이우성, 박종혜, 2010.『국가 R&D 사업 경제적 타당성 평가방법론 개선방안』. 한국과학기술정책연구원.

Alberini, A., 1995. “Efficiency vs bias of willingness-to-pay estimates: bivariate and interval-data models”. Journal of Environmental Economics and Management 29: 169-180.

Arrow, K., R. Solow, P. R. Portney, E. E. Leamer, R. Radner and H. Schuman, 1993. “Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation”. Federal Register Vol 58, 4601-4614.

Bateman, I. J., I. H. Langford, A. P. Jones and G. N. Kerr, 2000. “Bound and Path Effects in Double and Triple Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation”, paper presented at Tenth Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists (EAERE), Rethymno, Greece.

Bayus, B.L., 1993. "High-definition television: assessing demand forecasts for a next-generation consumer durable". Management Science 39, 1319-1333.

Bjornstad, D. J. and J. R. Kahn, 1996. The Contingent Valuation of Environmental Resources : Methodological Issues and Research Needs, Edward Elgar.

Brent, R. J., 1995. Applied Cost-Benefit Analysis. Cheltenham: Edward Elgar.

Cameron, T. A. and D. James, 1987. “Efficient estimation methods for closed-ended contingent valuation surveys”. Review of Economics and Statistics 69: 269-276.

Cameron, T. A. and J. Quiggin, 1994. “Estimation using contingent valuation data from a dichotomous choice with follow-up questionnaire”. Journal of Environmental Economics and Management 27: 218-234.

Carson R. T., Mitchell R. C., Hanemann W. M., Kopp R. J., Presser S., and Ruud P. A., 1992.『Contingent Valuation and Lost Passive Use: Damages from the Exxon Valdez』, A Report to the Attorney General of the State of Alaska.

Carson, R. T. and T. Groves, 2007. “Incentive and Informational Properties of Preference Questions”, Environmental and Resource Economics, Vol. 37, 181-210.

Carson, R. T., T. Groves and M. J. Machina, 1999. “Incentive and Informational Properties of Preference Questions”, Plenary Address, Ninth Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists (EAERE), Oslo, Norway.

Choi, I.J., 2011. "Methodological framework of applying Internet information to demand forecasting analysis", Ph.D. Dissertation. (not yet published).

KOPRI 극지연구소

Coe, D.T., Helpman, E., 1995. "International R&D Spillovers", European Economic Review 39, 859-887.

Cooper, J. and W. M. Hanemann. 1995. Referendum Contingent Valuation: How Many Bounds Are Enough?. USDA Economic Research Search Service, Food and Consumer Economics Division, Working paper.

Cooper, J. C., W. M. Hanemann, and G. Signorello, 2002. “One and One-half Bound Dichotomous Choice Contingent Valuation,” Review of Economics and Statistics, Vol. 84, 742-750.

Corrado, C., Hulten, C., Sichel, D., 2006. "Intangible Capital and Economic Growth", NBER Working Paper, No. 11948.

Cuneo, P., Mairesse, J., 1984. "Productivity and R&D at the firm level in French manufacturing, in Griliches, J., ed., R&D, patents and productiviey, University of Chicago Press, 393-416.

Englander, A.S., Evenson, R., Hanazaki, M., 1988. "R&D Innovation and the Total Factor Productivity Slowdown", OECD Economic Studies 11, 7-42.

Ernst, H., 1997. "The use of Patent Data for Technological Forecasting: The diffusion of CNC-Technology in the Machine Tool Industry", Small Business Economics 9, 361-381.

EU KLEMS, 2009.『EU KLEMS growth and productivity accounts』.

Fisher, A., 1996. The conceptual underpinnings of the contingent valuation method, in D. J. Bjornstad and J. R. Kahn (Ed.), The Contingent Valuation of Environmental Resources. pp. 19-37. Edward Elgar.

Fogarty, M.S., Sinha, A.K., and Jaffe, A.B., 2006. ATP and the U.S. Innovation System: A Methodology for Identifying Enabling R&D Spillover Networks, NIST(National Institute of Standards and Technology).

Gellman Associates, 1976."Indicators of International Trends in Technological Innovation", Report to the National Science Foundation.

Goto, A., Suzuki, K., 1989. "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment, and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries", Review of Economics and Statistics 71, No. 4, 555-564.

Griffith, R., Harrison, R., Hawkins, M., 2003. "Report on Estimating Private and Social Rates of Return to R&D using Mached ARD and BERD Micro Data", Institute for Fiscal Studies.

KOPRI 극지연구소

Griffith, R., Redding, S., Van Reenen, J., 2001. "Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Countries", Institute for Fiscal Studies.

Griliches, Z., 1986. "Productivity, R&D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970s", American Economic Review 76, No. 1, 141-154.

Griliches, Z., 1980. "R&D and the Productivity Slowdown", American Economic Review 70, 343-348.

Guellec, D., Potterie, B.P., 2001. "R&D and Productivity Growth: Panel data analysis of 16 OECD countries", OECD Economic Studies 33, 103-126.

Hall, B., 1995. "Fiscal Policy Towards R&D in the United States: Recent Evidence" Presentation to the OECD, University of California and the National Bureau of Economic Research.

Hanemann, W. M. 1984. “Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses”. American Journal of Agricultural Economics 66: 332-341.

Hanemann, W. M. and B. J. Kanninen. 1999. “The statistical analysis of discrete-response CV data”, in I. J. Bateman and K. E. Willis, ed., Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU, and Developing Countries. Oxford: Oxford University Press.

Jun, D.B., Kim, S.K., Park, M.H., Bae, M.S., Park, Y.S., Joo, Y.J., 2000. "Forecasting demand for low earth orbit mobile satellite service in Korea", Telecommunication Policy 14, 311-319.

Kazanowski, A.D., 1968. "A Standardized Approach to Cost-Effectiveness Evaluation," In Cost Effectiveness, edited by J.M. English, John Wiley.

Krinsky, I. and A. L. Robb. 1986. “On approximating the statistical properties of elasticities”. Review of Economics and Statistics 68: 715-719.

Langford, I. H., I. J. Bateman and H. D. Langford. 1996. “A multilevel modelling approach to triple-bounded dichotomous choice contingent valuation”. Environmental and Resource Economics 7: 197-211.

Lee, J., Cho, Y., Lee, J.D., Lee, C.Y., 2006. "Forecasting future demand for large-screen television sets using conjoint analysis with diffusion model", Technological Forecasting and Social Change 73, 362-376.

Lee, M., Kim, K. and Cho, Y., 2010. "A Study on the Relationship Between Technology Diffusion and New Product Diffusion", Technological Forecasting & Social Change 77, 796-802.

KOPRI 극지연구소

Loomis, J. 1990. “Comparative reliability of the dichotomous choice and open-ended contingent valuation techniques”. Journal of Environmental Economics and Management 18: 78-85.

Loureiro M. L., Loomis J. B., and Vazquez M. X., 2009. "Economic Valuation of Environmental Damages due to Prestige Oil Spill in Spain", Environmental and Resource Economics, 44, 537-553.

Mahajan, V., Muller, E., Bass, F.M., 1990. "New product diffusion models in marketing: A review and direction for research", Journal of Marketing 54, 1-26.

Mahajan, V., Muller, E., Wind, Y., 2000.『New-product diffusion models』, Kluwer Academic Publishers,

Mansfield, E., 1991. "Academic Research and Industrial Innovation", Research Policy 20, 1-12.

Mansfield, E., 1988. "Industrial R&D in Japan and the United States: A Comparative Study", American Economic Review 78, No. 2, 223-228.

McConnell, K. E. 1990. “Models for referendum data: the structure of discrete choice models for contingent valuation”. Journal of Environmental Economics and Management 18: 19-34.

McFadden, D., 1994. “Contingent Valuation and Social Choice”, American Journal of Agricultural Economics, 76, 689-708.

Miller. R. E. and P. D. Blair. 1985. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliff, New Jersey.

Mitchell, R. C. and R. T. Carson. 1989. Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. Washington, D.C.: Resources for the Future.

Muenning, P., 2008.『Cost-Effectiveness Analysis in Health: A Practical Approach』, Jossey-Bass, 1-35.

Niininen, P., 2000. "Effect of Publicly and Privately Financed R&D on Total Factor Productivity Growth", Finnish Economic Papers 13, No. 1.

OECD, 2007. “Assessing the Socio-Economic Impact of Framework Programme”, OECD DSTI Report.

Oxera, 2006. Feasibility study for potential econometric assessment of the impact of R&D tax credits on R&D expenditure, HM Revenue & Customs.

Schankerman, M., 1981. "The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returens to R&D", Review of Economics and Statistics 63, No. 3, 454-458.

KOPRI 극지연구소

Sveikauskas, C.D., Sveikauskas, L., 1982. "Industry Characteristics and Productivity Growth", Southern Economic Journal 48, No. 3, 769-774.

Terleckyj, N., 1980. "Direct and Indirect Effects of Undustrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries" in J.W. Kendrick and B.N. Vaccara, eds., 『New Developments in Productivity Measurement and Analysis』, University of Chicago Press.

Trajtenberg, M., 1990. "A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations", RAND Journal of Economics 21, 1, 172-187.

van Biervliet K., Roy D. L., and Nunes P. A. L. D., 2006. An Accidental Oil Spill Along the Belgian Coast: Results from a CV Study, Fondazione Eni Enrico Mattei.

Verspagen, B., 1995. "R&D and productivity: A broad cross-section cross-country look", Journal of Productivity Analysis 6, 119-135.

Yoo, S. -H. and K. -S. Chae. 2001. “Measuring the economic benefits of the ozone pollution control policy in Seoul: results of a contingent valuation survey”. Urban Studies, 38: 49-60.

Yoo, S. -H. and S. -J. Kwak. 2002. Using a spike model to deal with zero response data from double bounded dichotomous choice contingent valuation surveys". Applied Economics Letters 9: 929-932.

KOPRI 극지연구소

[부록 1] CVM 설문지

ID			

양극해 연구개발 2단계 사업에 대한 국민 의견조사

안녕하십니까?

본 설문조사는 양극해 연구개발 2단계 사업에 대한 귀하 가구의 의견에 대해 여쭙기 위해 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 및 국립 서울과학기술대학교가 수행하는 것입니다. 각 질문에 대해 옳거나 그른 답이 있는 것은 아니므로, 귀하 가구의 의견을 신중하고 편하게 말씀해 주시면 됩니다. 만약 이해가 되지 않는 부분이 있다면 주저하지 마시고 설문조사원에게 질문하여 주십시오.

귀하의 고견은 양극해 연구개발 2단계 사업을 검토하기 위한 중요한 기초자료로 활용될 것입니다. 본 조사에서 밝혀주신 귀하의 의견은 통계법 제8조와 제9조에 의거하여 비밀이 철저히 보장되며 통계적 분석을 위해서만 사용될 것입니다. 귀하의 고견이 정책 수립에 반영될 수 있도록 진지하고 성실한 답변을 부탁드립니다.

감사드립니다.

KOPRI 극지연구소 서울과학기술대학교 Seoul National University of Science & Technology

2014년 3월
한국해양과학기술원 부설 극지연구소
국립 서울과학기술대학교

KOPRI 극지연구소

Part B 제시금액	
	Q
1	1,000
2	2,000
3	3,000
4	5,000
5	7,000
6	10,000

▶ 면접조사자 유의사항 ◀

※ 본 설문조사는 소득이 있는 가구의 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 또는 세대주의 배우자만을 대상으로 하오니 해당되지 않으신 분은 설문을 하지 말아주십시오.

- 응답자에게 모든 응답 내용의 비밀이 보장될 것이며, 응답자의 이름이 응답내용과 연결되는 일이 절대 없을 것임을 확신시켜 주십시오.
- 면접조사가 시작된 시간을 반드시 기입해 주십시오.
- 응답거부, 모름, 무응답 등의 응답이 모든 질문에 대해 허용되지만, 이러한 선택지에 대해 미리 피면접자에게 읽어 주지는 마십시오.
- 설문지 맨 뒤에 있는 면접조사자에 의한 평가 부분을 기입해 주십시오.

▣ 지 역: 1. 서울 2. 부산 3. 대구 4. 인천 5. 대전 6. 울산 7. 광주
8. 경기 9. 강원 10. 충북 11. 충남 12. 전북 13. 전남 14. 경북 15. 경남

▣ 성 별: 1. 남성 2. 여성

▣ 연 령: (만 세)

▣ 세대주 여부: 1. 세대주 2. 세대주의 배우자

Part A. 남극 및 북극 연구에 대한 인식 조사

※ 면접원은 응답자들에게 다음 내용을 읽어주십시오.

남극은 거대한 대륙으로 남빙양이라는 바다로 둘러싸여 있습니다. 남극의 면적은 1,360만km^{2}로 지구 육지면적의 약 9%를 차지하고 있습니다. 지구에서 7번째로 큰 대륙이며, 평균두께 2,160m의 두꺼운 얼음이 남극 육지위에 덮여 있습니다. 남극의 연평균 기온은 -40~0℃이며, 남극에 있는 러시아 보스토크(Vostok) 기지에서는 인류가 관측한 최저 온도인 -89.6℃가 기록된바 있습니다. 남극에는 나무가 없고 물개, 펭귄 등 추운 지방에 적응한 동물이 서식하고 있습니다. *[보기카드 A-1 제시]*

북극은 넓은 바다로 유라시아대륙과 북아메리카대륙으로 둘러싸여 있습니다. 북극의 면적은 약 1,200만km^{2}로 지구 바다면적의 약 3%를 차지하고 있습니다. 북극의 평균 수심은 1,300m이고 북극점에 가까운 심해의 깊이는 무려 5,502m에 달하기도 합니다. 북극의 연평균 기온은 -16~6℃이며, 북극의 바닷물은 대부분 해빙의 형태로 되어있습니다. 이 해빙은 조류, 바람, 해류에 의해 여러 크기로 부서져 유빙이 되어 떠다니기도 합니다. 북극에는 석유, 천연가스, 광물자원이 매장되어 있으며 북극곰, 바다코끼리가 서식하고 있습니다. *[보기카드 A-2 제시]*

A1. 귀하는 본 설문지를 받기 이전에 남극은 대륙이고 북극은 바다라는 사실을 알고 있었습니까?
① 알고 있었다 ② 전혀 몰랐다

A2. 귀하는 본 설문지를 받기 이전에 북극에 석유와 천연가스 등 에너지자원이 매장되어있다는 것을 알고 있었습니까?
① 알고 있었다 ② 전혀 몰랐다

A3. 아래 보기 5개를 참고하여, 남극이나 북극에 대해 떠오르는 느낌이나 이미지를 순서대로 나열해 보십시오.

① 매우 추운 지역이다 ② 인간이 생활하기 힘든 지역이다
③ 미개척지로 기회의 땅이다 ④ 지구온난화나 이상기후로 빙하가 녹고 있는 지역이다
⑤ 북극곰이나 펭귄과 같은 극지방 동물이 사는 곳이다

남극과 북극은 기온이 매우 낮아, 인류가 장기간동안 생활하기 힘든 지역입니다. 그리고 인류에 의해 개척이 되지 않은 곳으로 지구에서 유일한 비오염 지역입니다. 남극과 북극은 미세한 환경변화에도 민감하게 반응하는 생태계를 이루고 있어 지구환경변화 감지의 전초기지 역할을 하고 있습니다. 또한, 북극은 석유나 천연가스가 매장되어 있어 미래에 확보될 에너지자원의 보고로 중요한 의미를 가집니다. 이렇게 남극과 북극의 환경적, 경제적 가치가 세계적으로 대두됨에 따라 최근들어 선진국뿐만 아니라 우리나라도 극지개발에 관심을 갖고 관련 연구개발 활동에 적극 나서고 있습니다. *[보기카드 A-3]*

우리나라는 1988년 2월, 남극의 킹조지섬에 한국해양과학기술원 부설 극지연구소(KOPRI)의 세종과학기지를 건설하여 극지연구를 처음 시작하였습니다. 이뿐만 아니라 최근 2014년 2월에는 장보고과학기지가 남극에 준공되었으며, 북극에는 2002년에 다산과학기지를 설립하였습니다. *[보기카드 A-4, A-5, A-6 제시]* 각 기지는 남극 또는 북극의 자연환경을 모니터링하고 수집된 데이터로 기후를 예측하는 환경연구와 석유, 천연가스와 같은 에너지자원 또는 해양생물 자원을 탐사하는 자원 연구를 주로 하고 있습니다. 이러한 극지 연구기지는 국제 사회에서의 과학적 지위 향상과 극지연구에 대한 국민들의 자부심 고양, 그리고 국가 이익을 위해 노력하고 있습니다.

A4. 귀하는 본 설문지를 받기 이전에 우리나라가 3개의 연구기지를 지어 남극과 북극에 대해서 연구 활동을 하고 있다는 사실을 알고 있었습니까?
① 알고 있었다 —▶ [A5로 가십시오] ② 전혀 몰랐다 —▶ [A6으로 가십시오]

A5. 알고 있었다면, 세종과학기지나 장보고과학기지 또는 다산과학기지에서의 <u>연구 활동 내용</u>에 대해 한번쯤은 들어본 적이 있습니까?
① 들어본 적 있다 —▶ [A6로 가십시오] ② 들어본 적 없다 —▶ [A6로 가십시오]

A6. 귀하는 우리나라의 극지에 대한 연구가 선진국에 비해 어느 정도 수준일 것이라고 생각합니까?
① (선진국에 비해)매우 높다 ② (선진국에 비해)조금 높다 ③ 선진국의 수준과 동등하다
④ (선진국에 비해)낮다 ⑤ (선진국에 비해)매우 낮다

A7. 귀하는 우리나라의 극지 연구개발 활동이 국제 사회에서의 우리나라 위상 제고에 얼마나 기여할 것 이라고 생각합니까?
① 매우 많이 기여한다 ② 많이 기여한다 ③ 보통이다
④ 조금 기여한다 ⑤ 전혀 기여하지 않는다

Part B. 양극해 연구개발 2단계 사업에 대한 의견조사

※ 면접원은 응답자들에게 다음 내용을 읽어주십시오.

최근 발생하고 있는 이상기후, 온난화, 에너지자원 고갈 등 지구환경변화에 대한 대응연구가 세계적인 관심사로 대두되면서 극지에 대한 연구의 중요성이 날로 부각되고 있습니다. 그래서 미국은 1970년에 남극연구를 위한 전문가 위원회를 구성하여 극지연구 결과가 국가이익에 직접적으로 반영된다고 발표한 바 있습니다. 현재는 미국뿐만 아니라 러시아, 영국, 독일, 일본 등 여러 선진국이 극지에 대한 연구개발 활동에 많은 관심과 투자를 쏟고 있습니다.

이에 따라 한국해양과학기술원 부설 극지연구소(KOPRI)에서는 남극해과 북극해를 '양극해'라 칭하고 극지에 대한 다양한 연구개발을 추진하고 있습니다. 그 일환으로 극지연구소는 2011년부터 2014년까지 양극해 연구개발 1단계 사업을 수행하였습니다. 양극해 연구개발 1단계 사업은 크게 두 가지 연구로 진행되었습니다.

① 양극해의 수층과 해저환경을 탐사하여 극지 연구의 기초자료가 되는 해양 환경도 작성
② 양극해의 해양생물을 탐사하여 해양 바이러스 및 세균, 미생물 등 극지 해양생물을 확보

하지만 선진국과 비교할 때 연구여건이 열악하고 성과수준도 낮은 것으로 평가됩니다. 현재 선진국들은 양극해 연구의 중요성을 인식하고 장기적인 대형 연구프로젝트를 진행하고 있습니다. 극지연구의 잠재성과 성장성을 감안한다면 국가 차원에서의 관심과 투자가 필요한 시점입니다. 이에 따라 극지연구소는 2015년부터 2018년까지 양극해 연구개발 2단계 사업을 시행하고자 합니다. 양극해 연구개발 2단계 사업의 주요 연구내용은 아래와 같습니다. *[보기카드 B-1 제시]*

① 북극 환경변화를 이해하여 기후를 예측하고, 북극항로 주변 및 북극해 환경 모니터링 *[보기카드 B-2 제시]*
② 북극 해수 및 해저 탐사를 통해 북극 해양 환경도 작성 *[보기카드 B-3 제시]*
③ 석유를 대체할 미래 에너지자원으로 평가되는 가스 하이드레이트 탐사 연구 *[보기카드 B-4 제시]*

양극해 연구개발 2단계 사업이 시행된다면 극지 해양과학자의 연구개발 활동을 지원하여 해양연구능력을 증진시킬 수 있고, 연구 성과를 활용하여 ① 사이언스(Science), 네이쳐(Nature), 셀(Bell)과 같이 세계적으로 저명한 학술지에 논문으로 게재할 수 있습니다. 이로 인해 ② 북극권 국가에 대한 우리나라의 영향력을 높일 수 있습니다. 그리고 ③ 우리나라 극지 연구에 대한 국민들의 자긍심도 고취시킬 수 있을 것입니다. 하지만 이러한 양극해 연구개발 2단계 사업을 시행하기 위해서는 많은 비용이 소요됩니다. 만약 많은 사람들이 그 비용을 지불하지 않는다면 양극해 연구개발 2단계 사업은 시행될 수 없습니다.

본 조사에서는 귀하의 가구가 양극해 연구개발 2단계 사업에 부여하는 가치에 대해 알고자 합니다. 귀하 가구의 소득은 제한되어 있고 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 한다는 사실을 고려하신 후 다음 질문에 신중히 대답하여 주시기 바랍니다.

B1. 귀하의 가구는 『양극해 연구개발 2단계 사업』의 추진을 위해 향후 5년 동안 한시적으로 매년 1회 가구당 [제시금액] (　　원)의 소득세를 추가로 지불할 의사가 있으십니까?
① 있다 ☞ [B2로 가십시오]　　② 없다 ☞ [B3으로 가십시오]

B2. 그렇다면, 귀하의 가구는 『양극해 연구개발 2단계 사업』의 추진을 위해 향후 5년 동안 한시적으로 매년 1회 가구당 [제시금액의 2배](　　원)의 소득세를 추가적으로 지불할 용의가 있으십니까?
① 있다 ☞ [B5로 가십시오]　　② 없다 ☞ [B5로 가십시오]

B3. 그렇다면, 귀하의 가구는 『양극해 연구개발 2단계 사업』의 추진을 위해 향후 5년 동안 한시적으로 매년 1회 가구당 [제시금액의 1/2배] (　　원)의 소득세를 추가적으로 지불할 용의가 있으십니까?
① 있다 ☞ [B5로 가십시오]　　② 없다 ☞ [B4로 가십시오]

B4. 그렇다면, 귀하의 가구는 『양극해 연구개발 2단계 사업』의 추진을 위해 전혀 지불할 의사가 없으십니까?
① 조금은 지불할 의사가 있다 ☞ [B5로 가십시오]　　② 조금도 지불할 의사가 없다 ☞ [B6으로 가십시오]

B5. 그렇다면, 귀하의 가구는 『양극해 연구개발 2단계 사업』의 추진을 위해 향후 5년 동안 매년 추가적으로 지불할 수 있는 가구당 소득세의 최대금액은 얼마입니까?
향후 5년 동안 매년 (　　)원 ☞ 응답 후 다음페이지로

B6. 귀하의 가구가 『양극해 연구개발 2단계 사업』의 추진을 위한 추가적인 세금을 지불하지 않으려는 가장 중요한 이유는 무엇입니까?
① 이미 납부된 세금으로 충당되어야 한다　　② 판단할 만한 충분한 정보가 주어지지 않았다
③ 이 문제는 우선순위를 둘 만큼 중요하지 않다　　④ 정부가 이미 이 분야에 돈을 너무 많이 쓰고 있다
⑤ 이 사업은 우리 가구의 관심 대상이 아니다　　⑥ 본 사업을 대체할 시설이 이미 충분하다
⑦ 우리 가족은 지불할 능력이 없다　　⑧ 추가적인 세금이 명시된 사업을 위해 쓰이지 않을 것이다
⑨ 기타(　　)

Part C. 사회경제적 사항에 관한 질문

※ 다음의 정보는 비밀이 보장되며, 순수하게 학문적인 목적을 위해서만 사용됩니다. 해당사항에 ✓로 체크하시거나 값을 적어 주십시오.

G1. 세대주 여부	C2. 가족수	C3. 해당가족수/본인제외	C4. 직업유형
① 그렇다 ② 아니다	총 _____명 중에서 소득이 있는 가족은 _____명	미취학아동 ____명, 초중고생 ____명 65세 이상 ____명, 배우자 _____명 대학생, 성인, 기타 _____명	① 농업/임업/축산업 ② 자영업 ③ 판매서비스직 ④ 일반사무직 ⑤ 생산기능직 ⑥기술직-엔지니어 ⑦전문관리직-의사,변호사,기업체간부,교수 ⑧ 전업주부 ⑨ 무직 ⑩ 단순노무직 ⑪ 기타(구체적으로)_____

C5. 실례지만 귀하의 최고 교육수준은 어떻게 되십니까? (교육년수를 아래 숫자에 ○표 해주십시오)

무학	초등학교	중학교	고등학교	대학교	대학원
0	1 2 3 4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15 16	17 18 19 20

C6. 작년 한 해 동안 <u>귀하 가구의 월 평균소득</u>(세전 소득)은 얼마 정도입니까? (_____)만원

C6-1. 만약 구체적인 액수를 말씀해 주시기 곤란하시면 아래에서 하나만 골라 주십시오.

① 100만원 미만
② 100만원 이상 150만원 미만
③ 150만원 이상 200만원 미만
④ 200만원 이상 250만원 미만
⑤ 250만원 이상 300만원 미만
⑥ 300만원 이상 400만원 미만
⑦ 400만원 이상 500만원 미만
⑧ 500만원 이상 700만원 미만
⑨ 700만원 이상 1,000만원 미만
⑩ 1,000만원 이상

C7. 작년 한 해 동안 <u>귀하의 월 평균소득</u>(세전 소득)은 얼마 정도입니까? (_____)만원

C7-1. 만약 구체적인 액수를 말씀해 주시기 곤란하시면 아래에서 하나만 골라 주십시오.

① 50만원 미만
② 50만원 이상 100만원 미만
③ 100만원 이상 150만원 미만
④ 150만원 이상 200만원 미만
⑤ 200만원 이상 250만원 미만
⑥ 250만원 이상 300만원 미만
⑦ 300만원 이상 350만원 미만
⑧ 350만원 이상 400만원 미만
⑨ 400만원 이상 450만원 미만
⑩ 450만원 이상 500만원 미만
⑪ 500만원 이상

KOPRI 극지연구소

응답자 성명 : _____ 응답자 전화번호 : _____

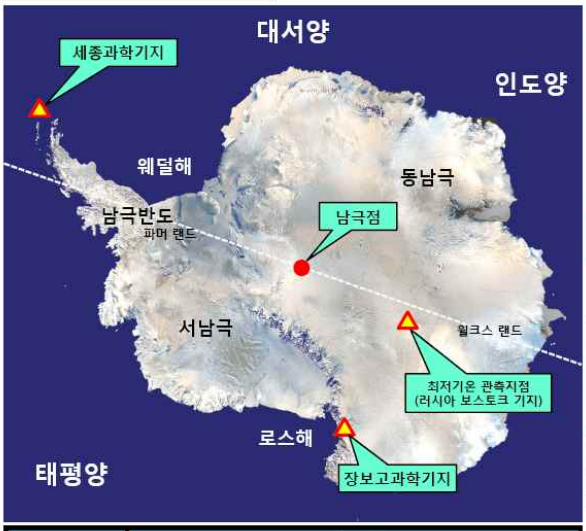
응답자 주소: _____ 시/도 _____ 구/군 _____ 동/읍/면

조사원이름 : _____

- 설문에 응해주셔서 대단히 감사합니다. 의견이 있으시면 아래에 적어 주십시오. -

[부록 2] CVM 설문 보기카드

보기카드 A-1 남극의 현황



▲ 남극 육지위에 평균두께 2,160m의 얼음이 덮여있음

최저기온(-89.6℃) 관측 지점 러시아 보스토크 기지

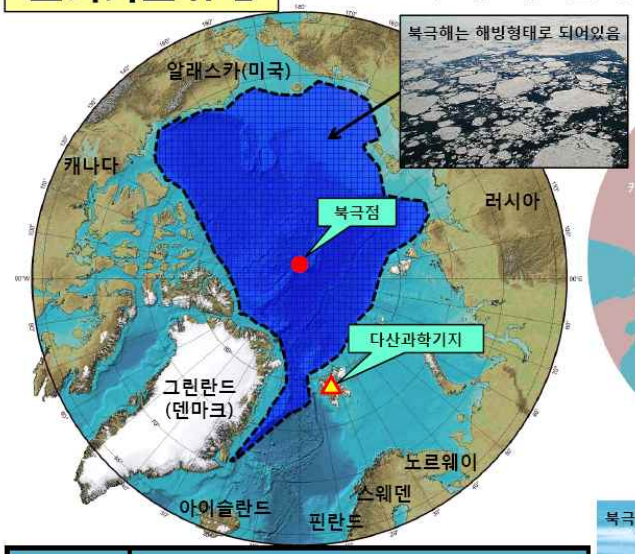
펭 귄

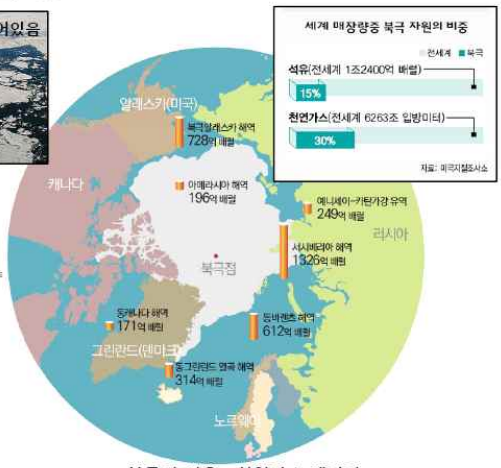
물 개

구 분	남 극
형 태 (면 적)	남빙양으로 둘러싸인 거대한 대륙 (1,360만km²)
기 온	-40 ~ 0℃ (최저기온 -89.6℃)
대표 생물	펭귄, 물개
소유권	공동 관리(남극조약에 의해)

KOPRI 극지연구소

보기카드 A-2 북극의 현황





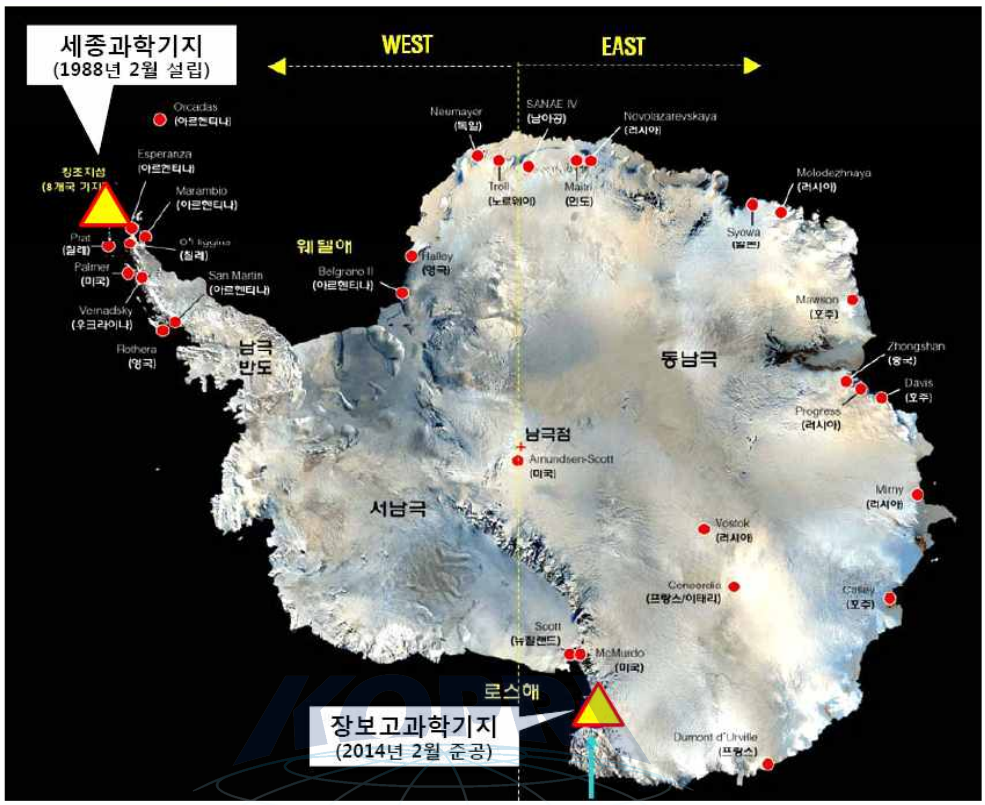
▲ 북극의 석유・천연가스 매장량

북극곰

바다코끼리

구 분	북 극
형 태 (면 적)	유라시아, 북아메리카 대륙에 둘러싸인 바다 (1,200만km²)
기 온	-16 ~ 6℃
대표 생물	북극곰, 바다코끼리
소유권	8개국이 소유 (러시아, 미국, 캐나다, 덴마크, 아이슬란드, 핀란드, 스웨덴 노르웨이)

보기카드 A-3 남극의 국가별 기지 위치



KOPRI
극지연구소

보기카드 A-4 세종과학기지(남극)

개요	• 남극 북쪽, 킹조지섬에 위치 • 1988년 2월 설립
연구활동	• 해저지형 및 지층탐사 • 저서생물, 해양생물 채취 • 육상지질 및 암석표본 채취

KOPRI
극지연구소

보기카드 A-5 장보고과학기지(남극)

개요	• 남극 동쪽, 빅토리아섬에 위치 • 2014년 2월 준공
연구활동	• 기상 및 대기화학 연구 • 남극 고기후, 고환경 복원 연구 • 남극 대륙 지질 연구

KOPRI 극지연구소

보기카드 A-6 다산과학기지(북극)

※ 다산과학기지 위치는 *[보기카드 A-2]* 참조

개요	• 북극, 스핏스베르겐 섬에 위치 • 2002년 4월 설립
연구활동	• 극지 해양 생태계 연구 • 북극해 주변 광물자원 탐사 • 극지 대기환경 모니터링

보기카드 B-1 양극해 연구개발 1·2단계 사업

사업명	양극해 연구개발 1단계 사업
기간	2011년~2014년 (4년간)
연구 내용	① 양극해 수층 및 해저환경 탐사 활동 및 연구 ② 양극해 해양생물 탐사 활동 및 연구
주요 성과	① 양극해 해양 환경도 작성(남극, 북극 일부 지역) ② 양극해 해양 바이러스 , 세균, 미생물 확보

사업명	양극해 연구개발 2단계 사업
기간	2015년~2018년 (4년간)
연구 내용	① 북극 환경변화 이해 연구, 북극항로 주변 및 북극해 환경 모니터링 ② 북극 해수 및 해저 탐사 활동 및 연구 (북극해양 환경도 작성) ③ 가스 하이드레이트 탐사 활동 및 연구

KOPRI 극지연구소

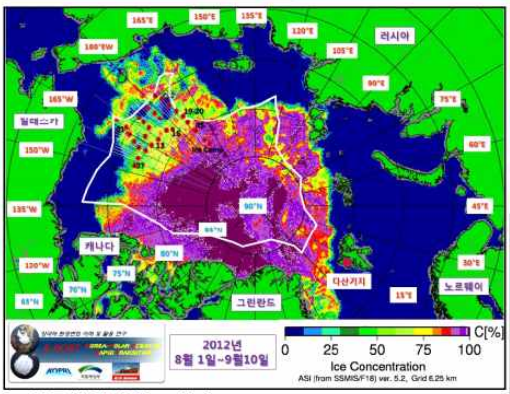
보기카드 B-2 북극항로 모니터링

북극항로를 통해 아시아와 유럽국가간 교역할 때, 무역선박이 단축할 수 있는 운항거리는 약 7,000km, 시간으로는 약 10일이 단축되어 물류비 절감 효과가 큼

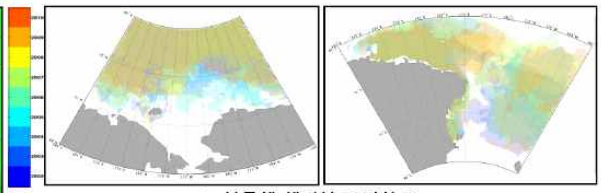
(기존 항로(인도양) : 약 20,000km, 북극항로(북동항로) : 약 13,000km)

※ 북극항로 모니터링을 통해 북극해 유빙으로 인한 선박사고를 예방할 수 있음

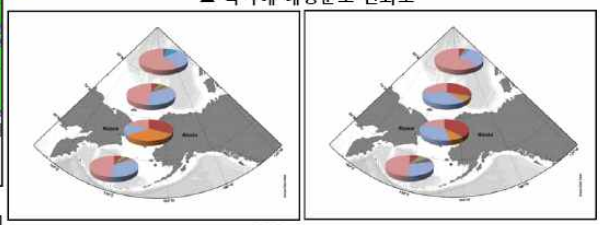
보기카드 B-3 북극 해양 환경도



▲ 북극해 해빙 분포 환경도

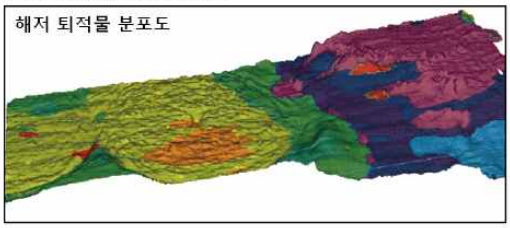


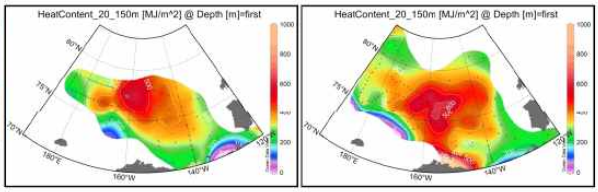
▲ 북극해 해빙분포 변화도



▲ 북극해 식물플랑크톤 분포 환경도

해저 퇴적물 분포도





▲ 북극해 종합해양 환경도

북극 해양 환경도는 북극의 해수 및 해저 탐사를 통해서 수집되는 데이터로 작성되며, 연구주제에 따라 해양도의 종류도 다양함(해빙도, 퇴적물 분포도, 해양생물 분포도 등)

KOPRI 극지연구소

보기카드 B-4 가스 하이드레이트

▲ 극지연구소 연구팀이 사할린 해역에서 채취한 가스 하이드레이트

가스 하이드레이트는 심해저의 저온과 고압 상태에서 천연가스가 물과 결합해서 만들어진 고체 에너지원으로, 형태가 드라이아이스와 비슷하며 불을 붙이면 타는 성질이 있어서 '불타는 얼음'이라고도 불림. 북극해에는 지구 전체 가스 하이드레이트 매장량의 20% 정도가 묻혀있는 것으로 추정됨.(약 400 GtC, 기가 톤 CO_2)

KOPRI 극지연구소

주 의

1. 이 보고서는 극지연구소 위탁연구기관에서 수행한 연구결과보고서 입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 위탁연구의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.

KOPRI 극지연구소