

R&D 예비타당성조사 비용효과분석 방법론 탐색연구

A study on cost-effectiveness analysis methodology for R&D preliminary feasibility test

서울대학교 산학협력단

이종수

한국과학기술기획평가원

제 출 문

한국과학기술기획평가원 원장 귀하

본 보고서를 “R&D 예비타당성조사 비용효과분석 방법론 탐색연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 10. 30.

연구기관명 : 서울대학교 산학협력단

연구책임자 : 이종수

연 구 원 : 구윤모

연 구 원 : 최현홍

요 약 문

I. 제목: R&D 예비타당성조사 비용효과분석 방법론 탐색연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 국가 R&D 사업의 예비타당성조사에서는 사업의 기술적 타당성, 정책적 타당성과 함께 경제적 타당성을 조사함
 - 예산 낭비 및 사업 부실화를 방지하고 국가 재정 운용의 효율성을 높이기 위함
- 이 중 사업의 경제적 타당성을 분석하는 데에는 비용 대비 금전화된(monetized) 편익 수준을 비교하는 비용편익분석(CBA, cost benefit analysis)이 주로 활용되었음
- 그런데 최근 R&D 유형 사업 구분 및 경제성평가 지침 개정으로 인하여 R&D 사업의 예비타당성조사에 비용효과분석(CEA, cost effectiveness analysis)의 적용이 대두되고 있음
 - 비용효과분석은 사업으로부터 얻을 수 있는 편익을 화폐단위로 측정할 수 없거나, 측정이 현실적이지 못할 경우 유용하게 활용될 수 있다고 알려져 있음
- 새롭게 분류된 R&D 사업 유형은 다음과 같으며, 사업 유형에 따라 특정 경제성 분석 방법을 우선적으로 고려하도록 지침이 정해져 있음
 - 특히, 도전혁신형 사업의 경제성 평가에 비용효과분석을 우선적으로 고려하도록 지침이 구성되어 있음
- 이와 같이 국가연구개발사업 예비타당성조사에 있어 비용효과분석의 수요가 증가할 것으로 예상되면서, 표준화된 방법론 및 실무 가이드라인의 제시가 요구되고 있음
- 그러나 비용효과분석은 국가 R&D 사업에 대하여 아직까지 그 적용사례가 많지 않아 표준화된 지침 및 세부 가이드라인이 아직 정교하게 마련되지 못한 상황
 - 특히, 새롭게 분류된 R&D 사업 유형(도전혁신형)의 예비타당성조사에 비용효과분석을 우선 검토하는 것에 대한 논리적 기반이 부족함
 - 또한, 실제로 비용효과분석을 적용함에 있어 예비타당성조사 연구진이 참고할 수 있는 지침 및 세부 가이드라인의 개선이 필요함
 - 분석 과정에서 예상되는 쟁점 및 실무적 문제에 대한 심층 논의가 필요

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 본 연구과제는 R&D 사업 예비타당성조사 실무에 비용효과분석을 적용할 수 있는 적용 방안을 탐색하고, 적용의 논리적 타당성을 확보하는 것을 목표로 함
 - 이를 위하여 국내외 비용효과분석 적용사례 검토 및 정책 전문가 Pool 구성을 통한 자문회의를 진행하는 방식으로 연구를 수행하였음
- 구체적으로, 다음과 같은 연구 목표를 달성하고자 하였음
 - R&D 사업 예비타당성조사에 비용효과분석을 적용하는 것 관련하여 실무 연구진의 고민 및 예상 쟁점들을 조사하고, 이를 반영한 핵심 쟁점 도출
 - 특정 유형 R&D 사업의 예비타당성 조사에 비용효과분석을 도입하는 방안의 논리적 근거 도출
 - 실무에 적용할 수 있는 비용효과분석 방법론 개선 방안 및 실무 가이드라인 제시

IV. 연구개발 결과

- 사례 분석 및 전문가 회의를 통하여, 본 연구에서는 R&D사업의 예비타당성조사에 비용효과분석을 적용하는 것 관련하여 다음과 같은 핵심 쟁점들을 도출하였음
 - 비용효과분석의 적용기준
 - 효과 단위의 선택
 - 대안 설정의 범위
- 국내 R&D 사업의 예비타당성조사에 비용효과분석을 적용한 최근 사례 11건을 분석하였음
 - 기존 적용 사례가 대부분 도전혁신형 혹은 기반조성형 사업의 성격을 가지는 것으로 나타남 (도전혁신형 4건, 기반조성형 7건)
 - 신규 지침에서 해당 유형의 사업들에 대하여 비용효과분석을 고려하도록 하는 지침은 기존 사례에 비추어 보았을 때 논리적 근거가 있는 것으로 판단됨
 - 기존 사례에서 비용효과분석이 활용된 이유는 해당 사업의 주요 효과 단위가 지침상 비용편익분석에서 편익 항목으로 설정이 불가능한 과학기술적 성과 혹은 각종 유발 효과인 경우가 많기 때문인 것으로 판단됨

○ 또한 대안 설정의 경우 기존 사례에서 관찰된 비교 대안들은 크게 타 R&D 대안, 비 R&D 대안, 기존 R&D 대안으로 유형화될 수 있었음

○ 아무것도 하지 않는 do-nothing 대안이 포함된 경우는 관찰되지 않음

□ 비용효과분석이 활용된 해외사례 16건을 검토하였음

○ 해외에서 국가 R&D 사업의 경제성분석에 비용효과분석을 적용한 사례 관련 상세 문헌은 찾아볼 수 없었음

○ 예비타당성조사라는 특정 목적에 활용된 사례를 찾기 힘들었으며, 해외 사례들은 주로 특정 효과 달성을 위한 다양한 대안을 설정하고 각 대안의 비용 및 효과 추정을 통하여 대안 간 우선순위를 정하는 데 초점이 맞춰져 있었음 (시행대안과 비교대안의 구분이 없음)

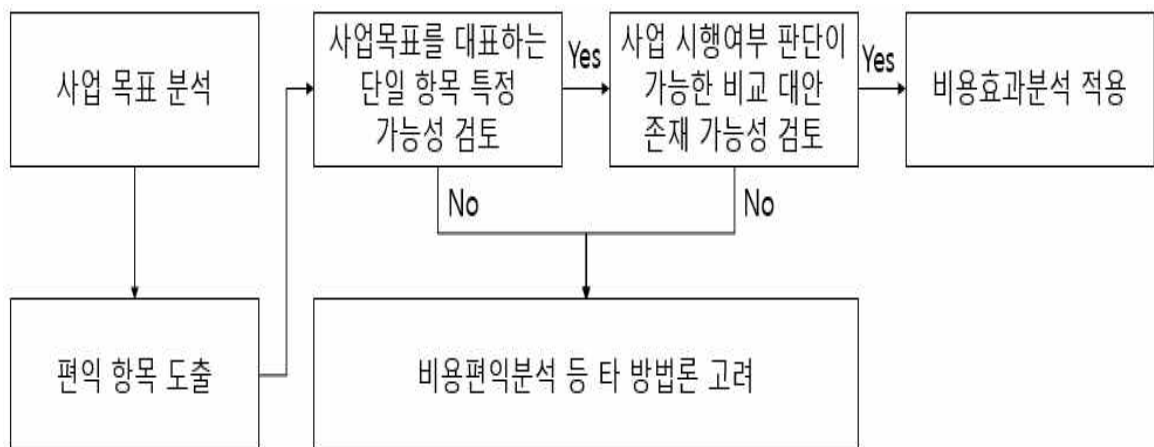
○ 분야적으로는 국방, 환경, 교육, 안전, 보건 분야와 같이 사업 시행으로 인한 주요 효과의 금전화가 어려운 분야에서 비용효과분석 적용 사례를 탐색할 수 있었음

○ 효과 단위 측면에서 해외 적용사례에서는 단일 효과 항목을 설정하거나, 여러 효과 단위를 설정하더라도 최종 의사결정을 위해서는 결국 금전화 등의 방법을 통하여 하나의 지표로 취합하는 경향이 관찰되었음

○ 해외 적용사례에서도 Do nothing 대안을 포함한 사례는 관찰되지 않았음

□ 본 연구에서는 비용효과분석의 적용 기준을 구체화하여 비용효과분석을 우선적으로 고려하도록 정해진 도전혁신형 사업을 위한 경제성 분석 선택 가이드라인을 마련하였음

○ 구체적으로, 사업목표를 대표하는 1) 단일 효과 항목의 특정 가능한지 여부와, 2) 해당 항목에 대하여 사업 시행여부 판단이 가능한 비교 대안을 제시할 수 있는지 여부에 따라 비용효과분석을 적용여부를 결정하는 방식을 제안함



- 제안된 가이드라인은 기존에 특정 조건(금전가치화 가능여부) 달성 불가를 기준으로 정해지던 비용효과분석 적용 여부를 특정 조건(단일 효과, 비교대안 존재)의 달성을 기반으로 수정하였다는 데 큰 의미가 있음
 - 특히, 기존 경제성분석 선택 가이드라인에서는 비용편익분석의 적용이 불가능한 경우 비용효과분석의 적용이 가능한 것을 전제하고 있다는 문제가 있음
- 사업 목표를 대표하는 단일 효과 항목의 특징이 필요한 이유는 복수의 효과 항목이 산정될 경우 결국 사업시행여부 결정을 위해 복수의 효과들을 집계하여 단일 지표로 만들어야하기 때문
 - R&D 분야는 사업간 이질성이 매우 크고 사업의 목적 역시 매우 다양하기 때문에 특정 단일 지표로 집계하기에는 무리가 있음
 - 즉, R&D 사업에 복수효과를 설정할 경우 취합 방식은 결국 금전화를 통한 취합 방식이 가장 합리적임 (=비용편익분석)
- 비용효과분석은 대안간 상대적 비교에 집중한 방법론이기 때문에 사업 시행여부 판단이 가능한, 동일한 효과를 가지는 비교 대안을 제시할 수 있어야 함
 - 이러한 비교 대안은 사업의 성격에 따라 타 R&D 대안, 비 R&D 대안, 기존 유사 R&D 대안 등으로 유형화될 수 있음
 - 또한, Do nothing 대안의 정의는 ‘아무것도 하지 않는’ 대안이기 때문에 이론상 효과라는 것 자체가 존재할 수 없음 (효과=0)
- 현 세부지침상으로는 비용효과분석을 적용할 때 시행대안의 우열 판단 및 경제성분석 방법론 선택에 따른 의사결정 왜곡을 막기 위하여 Do nothing 대안을 반드시 포함하도록 되어 있음
 - 해당 지침의 의도는 Do nothing 대안을 비교대안에 포함하지 않을 경우 기획부처에서 사업 시행 불가 대안이 제외된 것으로 오해할 수 있기 때문인 것으로 판단됨
 - 지침 작성자가 의도한 Do nothing과 이론적 의미의 Do nothing의 개념이 다른 것으로 판단됨 (이론적으로 아무것도 하지 않는 Do nothing에는 효과란 것이 없음)
- 따라서, Do nothing 관련 지침과 관련하여 다음과 같은 수정 내용을 제안함
 - Do nothing 관련 기존 문구는 삭제
 - Do nothing 대안 대신 제안 사업과 비교할 수 있는, 동일 효과를 가지는 비교 대안을 하나 이상 제시하도록 함
 - 사업을 시행하지 않았을 경우 어떠한 영향이 있는지는 정성적으로 제시

V. 결론 및 제언

- 새롭게 분류된 R&D 사업 유형 중 도전·혁신형 사업에 비용효과분석을 적용을 고려하도록 하는 것에는 기존 적용사례 및 편익 항목 설정 지침에 근거한 논리가 존재함
- 그러나 비용효과분석은 효과단위의 설정과 비교 대안 설정 관련하여 제약이 큰 방법론이므로, 적용 조건의 검토에 상당한 주의가 필요함
- 궁극적으로는, 비용편익분석과 비용효과분석은 적용의 전제조건과 결과물의 성격이 엄연히 다른 방법론이므로 상호보완적으로 활용되어야 할 것으로 판단됨
 - 기본적으로는 비용편익분석 쪽이 의사결정자에게 줄 수 있는 정보가 더 많음
- 본 연구의 결과는 향후 R&D 사업의 경제성분석에 비용효과분석의 적용 관련하여 지침 개선 및 보완에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대됨

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 추진배경 및 목적	1
제 2 절 연구 방법	3
제 2 장 비용효과분석 개요	4
제 1 절 비용효과분석의 정의	4
제 2 절 비용효과분석과 비용편익분석의 비교	11
제 3 장 비용효과분석 적용 사례	13
제 1 절 핵심 쟁점 도출	13
제 2 절 국내 비용효과분석 적용 사례	14
제 3 절 해외 비용효과분석 적용 사례	43
제 4 장 R&D 예비타당성조사에의 비용효과분석 방법론 적용	50
제 1 절 R&D 예비타당성조사의 비용효과분석 적용 지침 검토	50
제 2 절 R&D 예비타당성조사 비용효과분석 적용 관련 제언	54
제 5 장 결론 및 제언	58
참고 문헌	59

표 목 차

<표 1> R&D 유형 구분 및 경제성 분석방법 지침	2
<표 2> 비용효과분석의 적용 절차	5
<표 3> 비용효과분석의 대안비교 방식	6
<표 4> 국내 비용효과분석 적용 사례	10
<표 5> 비용편익분석과 비용효과분석의 비교	11
<표 6> 도출된 핵심 쟁점사항	13
<표 7> 국내 비용효과분석 적용사업 요약	14
<표 8> 국내 비용효과분석 적용사례 재분류 결과	16
<표 9> 기존 적용사례 비교대안 유형화	18
<표 10> 해외 비용효과분석 적용사례 및 관련 문헌	43
<표 11> 해외 대표사례 비용효과분석 상세 (단일 및 복수효과)	48
<표 12> 해외 대표사례 주요 내용 요약	49

그 립 목 차

<그림 1> 연구 수행 체계도	3
<그림 2> 발전 및 산업부문 미세먼지 저감대책 톤당 감축비용 비교 (PM2.5)	7
<그림 3> 지하철 혼잡도 개선 비용효과분석 결과 (단위: 혼잡도%/억원)	8
<그림 4> 비용효과분석의 적용이 가능한 연구개발사업의 유형	12
<그림 5> 연구개발부문 예비타당성조사의 편익 항목	17
<그림 6> 뇌연구고도화사업 비교 대안(타 R&D사업)의 SCI논문성과 및 연구비	20
<그림 7> 뇌연구고도화사업 분야별/사업별 SCI논문 성과 효율성 비교	21
<그림 8> 뇌연구고도화사업 분야별/사업별 SCI논문 IF합 성과 효율성 비교	21
<그림 9> 뇌연구고도화사업 분야별/사업별 SCI논문 mrnIF합 성과 효율성 비교	22
<그림 10> 사용후핵연료관리표준화시스템 개발사업 비용효과분석 결과	23
<그림 11> 제2쇄빙연구선건조사업 기획부처가 제시한 편익항목	24
<그림 12> 제2쇄빙연구선건조사업 비용효과분석 결과	25
<그림 13> 생물다양성위협외래생물관리기술개발사업 기획부처 제시 편익 항목	26
<그림 14> 생물다양성위협외래생물관리기술개발사업 비용효과분석 결과	27
<그림 15> Multi-Terminal직류송배전시스템개발사업 기획부처 제시 편익	28
<그림 16> Multi-Terminal직류송배전시스템개발사업 비용효과분석 개요	28
<그림 17> Multi-Terminal직류송배전시스템개발사업 대안설정	29
<그림 18> Multi-Terminal직류송배전시스템개발사업 비용효과분석 결과	29
<그림 19> 국가초고성능컴퓨팅인프라선진화사업 기획부처 제시 편익항목	30
<그림 20> 국가초고성능컴퓨팅인프라선진화사업 비용효과분석 대안 설정	31
<그림 21> 국가초고성능컴퓨팅인프라선진화사업 대안별 비용항목	32
<그림 22> 국가초고성능컴퓨팅인프라선진화사업 비용효과분석 결과	32
<그림 23> 창 의 소 재 디 스 커 버 리 사 업 특 허 비용효과분석 결과	34
<그림 24> 창 의 소 재 디 스 커 버 리 사 업 SCI논문 비용효과분석 결과	35
<그림 25> 국립축산과학원가축유전자원시험장이전사업 비교대안 비용추정 결과	36
<그림 26> 국립축산과학원가축유전자원시험장이전사업 시행대안 비용추정 결과	36

<그림 27> 국립축산과학원가축유전자원시험장이전사업 비용효과분석 결과	37
<그림 28> 정지궤도기상위성지상국개발사업 대안 구성	38
<그림 29> 정지궤도기상위성지상국개발사업 비용효과분석 결과	38
<그림 30> 온라인전기자동차기반수송시스템혁신사업 기본시나리오 비용효과분석 결과	39
<그림 31> 온라인전기자동차기반수송시스템혁신사업 시나리오별 비용효과분석 결과	40
<그림 32> 패러다임전환형미래소재기술개발사업 기획부처제시 비용편익분석 결과	41
<그림 33> 패러다임전환형미래소재기술개발사업 특허 비용효과분석 결과	42
<그림 34> 패러다임전환형미래소재기술개발사업 논문 비용효과분석 결과	42
<그림 35> 비용효과분석 시각화 사례	45
<그림 36> 비용효과분석 우선순위 도출 사례	47
<그림 37> 연구개발부문 예비타당성조사의 경제적 타당성 분석 과정 개략도	50
<그림 38> 비용효과분석 우선 고려시 의사결정 개략도	55

제 1 장 서론

제 1 절 추진배경 및 목적

국가 R&D 사업 예비타당성조사의 경제성평가 항목은 사업이 경제적으로 타당한지를 판단하는 항목으로, 기술적 타당성, 정책적 타당성과 함께 3개의 타당성 항목 중 하나이다. 지금까지 R&D 사업의 경제성을 평가하는 데에는 주로 비용 대비 금전화된 편익 수준을 비교하는 비용 편익분석(CBA, cost benefit analysis)이 활용되었다. 그런데 최근 국가연구개발사업 예비타당성조사의 경제성분석 부분을 위한 방법론으로 비용효과분석(CEA, cost effectiveness analysis)이 대두되고 있다. 특히, 새롭게 분류된 세 가지의 R&D 유형 중 하나인 도전혁신형 연구개발사업의 예비타당성조사 방법론으로 비용효과분석을 우선적으로 고려하도록 신규 지침이 정해진 상황이다.

구체적으로, 2019년 11월 발표된 『현장 중심의 국가연구개발사업 예비타당성제도 개선(안)』에서는 R&D 사업의 목적에 따라 그 유형을 구분하고, 이 중 도전혁신형 연구개발사업에 대해서는 경제성평가 비중은 5% 이하로 낮추며, 비용효과분석을 기본 적용하도록 하였다. 사업 목적에 따라 새롭게 분류된 R&D 유형은 도전혁신형, 기반조성형, 그리고 성장형 R&D사업이다(표 1). 우선 도전혁신형 사업의 경우 그 정의가 과학기술의 선도를 목표로 하며, 영향력과 파급효과가 크지만 실패확률 및 불확실성이 높은 R&D 사업을 의미한다. 해당 유형의 사업에 대해서는 비용효과분석을 기본적으로 채택하도록 되어 있으며, 예외적으로 비용편익분석을 수행하도록 지침이 수립되어 있다. 또한, 경제성 평가보다는 과학기술성 및 정책성 평가를 위주로 진행하며 경제성 평가의 비중은 5% 이하로 제시되어 있다.

다음으로 기반조성형 사업의 경우 연구인력양성, 연구시설장비구축, 공익증진을 목적으로 하는 공공기술 R&D 사업을 의미한다. 해당 유형의 사업에 대해서는 비용효과분석 혹은 비용편익분석 중 적절한 것을 선택하여 수행하도록 지침이 수립되어 있으며, 경제성 평가의 비중은 10~20%로 제시하고 있다. 마지막으로 성장형 사업의 경우 산업지원의 목적을 가지며, 공정 제품서비스 개선, 기업 역량강화 목적의 R&D 사업을 의미한다. 해당 사업의 경우 비용편익분석을 기본으로 하되 예외적으로 비용효과분석을 수행하도록 지침이 수립되어 있으며 경제성 평가의 비중은 10~40%로 제시하고 있다. 즉, 최근 발표된 예비타당성조사 개선안에서는 사업의 목적에 따라 나누어진 사업 유형을 기준으로 하여 경제성분석방법(비용효과분석 혹은 비용편익분석)과 경제성 평가 가중치의 설정 기준을 제시하고 있다. 특히, 도전혁신형 사업에 대하여 비용효과분석을 기본적으로 적용하도록 한 것이 가장 큰 변화라고 할 수 있다.

〈표 1〉 R&D 유형 구분 및 경제성 분석방법 지침

구분	정의 및 사업의 특징	경제성평가 분석방법	경제성평가 가중치
도전·혁신형	과학기술 선도를 목표로 하며 영향력과 파급효과가 크지만 실패확률 및 불확실성이 높은 R&D	비용효과분석 기본 (예외적 비용편익분석)	5% 이하
기반조성형	연구인력양성, 연구시설장비구축, 공익증진을 목적으로 하는 공공기술 R&D	비용효과분석 혹은 비용편익분석	10~20%
성장형	산업지원 목적의 공정제품서비스 개선, 기업 역량강화 목적의 R&D	비용편익분석 기본 (예외적 비용효과분석)	20~40%

기존에 대부분의 국가연구개발사업에서는 경제성분석방법론으로 비용편익분석이 활용되어 왔으며, 비용효과분석의 활용은 상당히 제한적이었다. 그러나 신규 지침의 수립으로 국가연구개발사업의 예비타당성조사에 비용효과분석의 활용이 확대될 것으로 예상되고 있다. 따라서, 올바른 방법론 적용을 위한 이론적 기반 및 실무적 가이드라인의 마련이 시급하다고 할 수 있다. 특히, 비용편익분석의 경우 국가 연구개발사업의 예비타당성조사에 비교적 많은 적용사례가 축적되었으며 방법론적으로도 많은 개선이 이루어졌으나, 비용효과분석의 경우 아직까지 누적 적용사례가 많지 않아 표준화된 방법론이나 적용 가이드라인이 마련되어 있지 않은 상황이다. 이러한 배경에서, 본 연구과제는 다음과 같은 목표를 달성하고자 한다.

첫째, R&D 예비타당성조사의 경제성분석에 있어 실무 연구진의 고민 및 예상 쟁점들을 조사하고, 이를 반영한 핵심 쟁점을 도출한다.

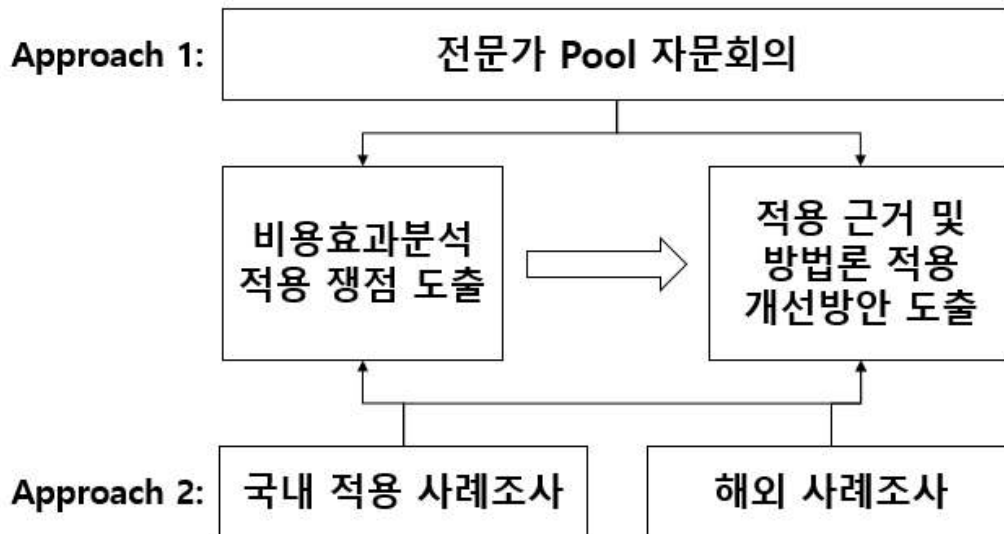
둘째, 특정 유형 R&D 사업의 예비타당성조사에 비용효과분석을 도입하는 방안의 논리적 근거를 도출한다.

셋째, 실무 연구진이 R&D 예비타당성조사 실무에 활용할 수 있는 방법론 개선방안 및 실무 가이드라인을 제시한다.

제 2 절 연구 방법

본 연구는 비용효과분석 관련 기존 문헌 및 적용 사례 분석과 함께 관련 전문가와 실무 연구진을 대동한 자문회의를 통하여 연구를 수행하였다. 개별 R&D 사업의 특수성에 크게 영향을 받는 비용효과분석의 성격을 고려할 때, 기존 사례분석을 통한 메타분석을 이용하여 실무에 도움이 될 수 있는 표준화된 가이드라인을 제시하는 것은 현실적으로 한계가 있다. 특히, 사례분석의 대상이 될 수 있는 사례의 수가 적을 뿐 아니라 사례의 선정 자체가 선택의 편향성을 일으켜 잘못된 결론이 도출될 우려가 있다. 이러한 배경에서 본 연구는 R&D 예비타당성조사에 대해 연구경험을 가지고 있는 경제 및 정책 전공 전문가 4~6명으로 구성된 전문가 플랫폼을 구성하고, 이들 전문가를 포함한 전문가 회의를 개최하여 주요 쟁점에 대하여 논의하고 그 내용을 정리하는 방식을 포함하여 연구를 수행하였다(<그림 1>).

<그림 1> 연구 수행 체계도



본 연구보고서의 나머지 부분의 구성은 다음과 같다. 우선 다음 장인 2장에서는 본 과제의 주요 관심 경제성분석방법론인 비용효과분석의 정의, 중요성, 적용방법에 대해 설명하고, 비용편익분석과의 방법론적 차이점을 비교한다. 3장에서는 비용효과분석의 국내외 적용사례를 검토한다. 4장에서는 비용효과분석 국내외 적용사례 검토 및 전문가 자문회의 결과를 바탕으로 비용효과분석을 R&D 예비타당성조사에 적용하는 것 관련하여 현황을 분석하고 관련 제언을 제공한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구과제의 결론을 요약하여 제시한다.

제 2 장 비용효과분석 개요

제 1 절 비용효과분석의 정의

비용효과분석은 R&D 사업을 포함한 정부의 다양한 사업, 정책 및 프로그램 평가에 활용할 수 있는 경제성분석 방법론이다. 비용효과분석은 본래 1900년대 중반 미국 국방부에 의하여 개발되었으며, 막대한 비용이 소요되는 국방 서비스 관련 비용 지출의 우선순위를 검토하기 위하여 개발되었다 (Hitch & McKean, 1960). 이후 비용효과분석은 보건, 교육 등의 분야에도 적용되기 시작하였으며 현재는 여러 분야의 공공사업 의사결정 지원을 위해 다양하게 활용되고 있다.

비용효과분석을 포함한 경제성 평가 방법들은 기본적으로 사업에 투입되는 비용과 사업 시행으로 인한 결과를 연결시키고, 가장 적은 비용으로 가장 큰 효과를 얻어낼 수 있는 대안을 선택하는 방식으로 이루어지고 있다. 이러한 의사결정의 효율화를 통하여 정부는 사업 시행으로 인한 효과를 극대화하고 지출을 줄여 다른 사업에 추가적으로 투자할 여력을 마련할 수 있다.

비용효과분석의 정의는 대안간의 비교에 중점을 두느냐 편익의 화폐가치화 여부에 중점을 두느냐에 따라 두 가지 방향으로 구분될 수 있다 (김정권 외, 2017). 대안간 비교에 중점을 두는 흐름의 경우 체계적인 방식으로 각 대안의 비용 및 효과의 비교를 수행하는 기법을 비용효과분석으로 정의하였다. 구체적으로, Goldman(1967)에서는 의사결정자가 여러 가지 가능한 대안 중 가장 효과적인 대안을 선택할 수 있도록 도와줄 수 있도록 설계된 기법을 비용효과분석으로 볼 수 있다고 하였으며, Levin (1995)에서는 대안 선택에 따른 비용과 결과를 체계적인 방법을 통해 함께 고려하는 기법을 비용효과분석으로 정의하였다. 반면 편익의 화폐가치화에 중점을 두는 흐름의 경우 편익 항목을 금전화하지 않는다는 부분에 집중하여 비용효과분석을 정의하고 있다. 대표적으로, Williams (1973)의 경우 사업의 결과물에 대한 금전적 가치화가 이루어지지 않는 비용편익분석으로 정의하기도 하였다. 또한 노화준(2005)은 어떠한 사업의 시행에 투입되는 모든 비용은 금전적 가치로 환산하되, 시행으로부터 얻어지는 편익은 금전적 가치로 환산하지 않고 결과물 본연의 효과 단위로 비교하는 기법을 비용효과분석으로 정의하였다.

그렇다면 비용효과분석에서 편익을 화폐가치화하지 않는 것은 어떠한 의미가 있을까? White et al. (2012)에서는 비교대상 대안들이 제공하는 혜택을 화폐가치화하는 것이 비현실적이거나 굳이 화폐가치화하지 않아도 되는 경우 비용효과분석의 사용이 적합하다고 제시하고 있다. 예를 들어, 보건 분야에서 사업 시행으로 인하여 사람의 수명이 몇 년 연장되는지, 교육 분야에서 사업 시행으로 인하여 학생의 성적이 몇 점 증가하는지 등의 형태로 사업의 효과가

측정될 수 있다.

비용효과분석의 적용 절차는 다음과 같은 다섯 단계 절차를 통하여 설명되어질 수 있다 (김정권 외, 2017). 우선 가장 먼저 첫 번째 단계에서는 사업의 작동논리를 이해하고 비용과 편익을 정의하는 과정이 필요하다. 이 단계는 비용효과분석의 전체적인 틀을 결정하는 단계이기 때문에 매우 신중한 접근이 필요하다. 구체적으로, 사업의 시행으로 인해 어떠한 비용이 발생하고 시행을 통하여 어떠한 편익이 발생하는지를 정의하는 단계이다. 다음으로 두 번째 단계에서는 비교대상 대안을 도출해야 한다. 이는 대상 사업에 대하여 비용과 효과를 비교할 수 있는 적절한 비교대상 대안을 도출하는 단계이다. 여기에서 중요한 부분은 비교대상 대안 중 하나는 R&D 예비타당성조사의 대상이 되는 대안(시행 대안)이어야 한다는 것이며, 나머지 대안들은 시행 대안과 동일한 효과를 도출할 수 있는 대안이어야 한다는 것이다.

<표 2> 비용효과분석의 적용 절차

순서	절차	설명
1	사업 작동논리이해 및 편익/효과 정의	사업의 목표와 작동논리를 이해하고, 사업 추진을 위해 발생하는 비용과 효과(편익)를 정의
2	경제성분석방법론 선택	사업 효과(편익)의 계량화 및 화폐가치 전환 가능 여부, 비교 대안 설정 가능 여부 등을 검토하여 타당한 경제성분석기법을 선택 (비용편익분석 vs 비용효과분석)
3	비교대상 대안 도출	조사 대상사업에 대하여 비용과 효과를 비교할 수 있는 적절한 비교 대상 대안 도출
4	효과 및 비용 범위 설정	도출된 대안들을 대상으로, 비용과 효과의 측정범위 및 대안 간 비교 방식을 결정
5	대안별효과 및 비용 추정	앞서 설정된 비용과 효과의 측정 범위에 따라 각 대안의 비용과 효과 수준을 실질적으로 추정
6	대안간비용효과분석 결과 비교 및 결론 도출	대안 간 비교를 통하여 사업 시행 대안이 타 대안에 비해 더 나은 대안인지 검증하고 최종 결론 도출

(출처: 김정권 외, 2017)

다음으로 세 번째 단계에서는 효과 및 비용의 범위를 도출하여 비용과 효과의 측정범위 및 대안간 비교방식을 결정한다. 사업의 성격을 바탕으로 비용 및 효과의 측정 범위가 결정되어야 하는데, 이는 특정 정책목표, 사회문제해결, 과학기술적 성과 등 다양한 유형이 될 수 있다. 대안비교 방식의 경우 크게 세 방향으로 구분될 수 있는데, 비용효과비율접근법, 고정효과접근법, 고정비용접근법이 바로 그것이다(<표 2>). 비용효과비율접근법은 단위비용 대비 효과 수준을 도출하여 대안 사이의 비교를 수행하는 방법이며, 고정효과접근법과 고정비용접근법은 각각 효과와 비용 수준을 고정시킨 상태에서 더 적은 비용을 소요하거나 더 높은 효과를 발생시키는 대안을 선택하는 방법이다.

<표 3> 비용효과분석의 대안비교 방식

접근법 구분	비교 방식	예시
비용효과비율접근법	단위비용대비 효과 수준을 도출하여 대안 비교	대안 1) 사업비 10억원 당 SCI급논문 3.5편 대안 2) 사업비 10억원 당 SCI급논문 4.2편
고정효과접근법	같은 효과 수준 도출을 위해 들어간 비용 비교	대안 1) 국내 송전망이슈 해결비용 100억원 대안 2) 국내 송전망이슈 해결비용 90억원
고정비용접근법	같은 비용으로 도출된 효과 수준 비교	대안 1) 100억원 사용하여 특허 50건 등록 대안 2) 100억원 사용하여 특허 70건 등록

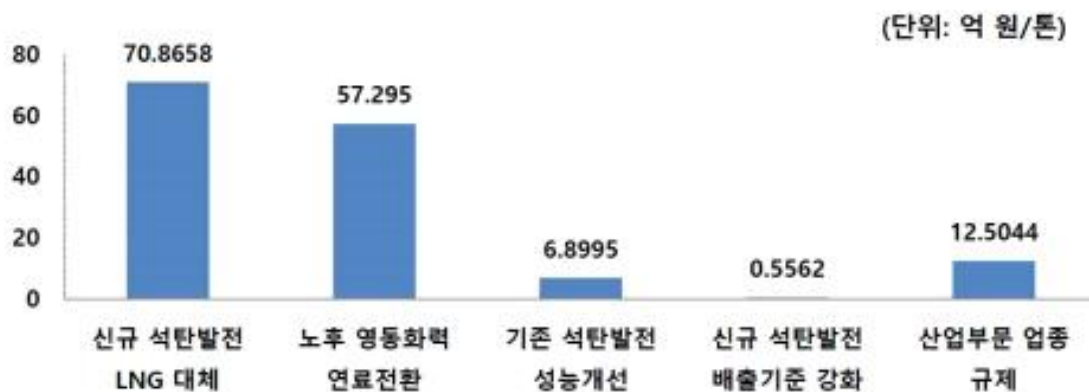
다음으로 네 번째 단계에서는 앞서 설정된 비용과 효과의 측정범위에 따라 각 대안의 비용과 효과 수준이 실질적으로 추정되며, 마지막으로 다섯 번째 단계에서는 대안간 결과 비교를 통하여 예비타당성조사 대안이 타 대안에 비해 더 나은 대안인지를 검증하고 최종 결론이 도출된다.

앞서 언급하였듯이, 비용효과분석은 국내 다양한 의사결정분야에 이미 활용되고 있다. 특히, 공공의 성격을 가진 의사결정을 할 때 많이 활용된 바 있다. 본 절에서는 국가 R&D사업의 비용효과분석에 활용된 사례를 제외하고 (해당 사례는 다음 장에서 세부적인 내용을 제시한다), 그 외 분야에 비용효과분석이 적용된 사례를 제시하여 비용효과분석의 적용에 대한 이해를 돕고자 한다.

구윤모 외(2019)에서는 우리나라 발전 및 산업부문의 미세먼지 저감대책에 대하여 비용효과분석을 수행하였다. 해당 연구에서는 우리나라 미세먼지(PM10 및 PM2.5) 배출 중 절반 이상을 배출하는 발전 및 산업부문에 대하여 정부가 발표한 미세먼지 관리 특별대책을 기준으로 각 대책의 비용 대비 효과를 분석하였다. 고려된 대책은 1) 노후 석탄발전 폐지 및 대체, 2) 기존 석탄발전 성능개선, 3) 신규 석탄발전 배출기준 강화, 4) 신규 석탄발전 LNG 대체, 그리고 5) 산업부문 미세먼지 다배출 업종 규제가 고려되었다. 각 대안을 비교하는 데 활용되는 효과

단위로는 미세먼지(PM2.5) 저감량이 고려되었으며, 비용으로는 각 대책 시행에 들어가는 비용이 고려되었다. 대안간 비교에는 PM2.5 톤당 감축비용을 계산하여 비용효과비율접근법이 적용되었다. 분석 결과, 신규 석탄발전소의 배출기준을 강화하는 대책의 단위 저감당 비용이 가장 낮은 수준인 것으로 분석되었다. 특히 신규 석탄발전소의 배출기준을 강화하는 대책은 절대적인 감축량 또한 큰 것으로 나타나 그 실효성이 상당한 것으로 분석되었다. 또한, 기존 석탄발전소에 대한 성능개선 대책 역시 비용효과성이 우수한 대책인 것으로 분석되었다. 반면 신규 석탄발전 LNG 대체나 기존 석탄발전 성능개선 대책의 경우 비용효과성이 상당히 떨어지는 것으로 나타났다.

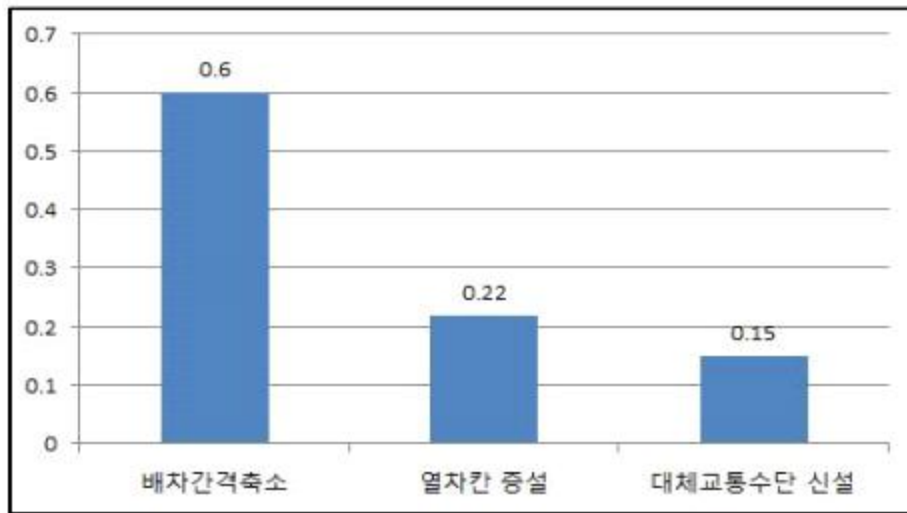
<그림 2> 발전 및 산업부문 미세먼지 저감대책 톤당 감축비용 비교 (PM2.5)



(출처: 구윤모 외, 2019)

안재홍 & 강인성(2017)에서는 서울시 지하철 9호선의 혼잡도 개선방안 도출을 위하여 다양한 대안들의 비용효과성을 비교 분석하였다. 도입 초기 지하철 9호선은 잘못된 수요예측으로 혼잡도가 230%에 달하는 등 혼잡도 문제가 심각하게 나타났다. 해당 연구에서 효과 단위로는 서울시 지하철 9호선의 혼잡도가 설정되었으며, 대안으로는 1) 배차간격 축소, 2) 열차 칸 증설, 그리고 3) 대체 교통수단 신설의 세 대안이 고려되었다. 우선 비용을 고려하지 않고 각 대안의 혼잡도 개선 효과를 절대적으로 분석한 결과, 열차 칸 증설의 개선 효과가 가장 큰 것으로 나타났고, 그 뒤를 배차간격 축소와 대체 교통수단 신설이 이었다. 그러나 단위비용당 효과를 고려한 비용효과분석 결과 배차간격 축소의 비용효과성이 가장 높고, 그 뒤를 열차칸 증설 및 대체교통수단 신설이 잇는 것으로 나타났다.

<그림 3> 지하철 혼잡도 개선 비용효과분석 결과 (단위: 혼잡도%/억원)



(출처: 안재홍 & 강인성, 2017)

신상영 외 (2015)에서는 건축물 침수방지대책에 대하여 비용효과분석을 수행하였다. 구체적으로, 재현기간 내 침수 확률을 효과단위로 삼고 건축물 용도 및 지역에 따라 1) 지하층 거실용도 규제와 2) 필로티 설치를 대안으로 삼아 비용효과분석을 수행하였다. 분석 결과, 침수피해가 빈번하게 발생하는 침수위험지역에서는 필로티 설치 대안에 비해 지하층 거실용도 규제 대안의 비용효과성이 높은 것으로 나타났다.

김주영 (2015)에서는 정부의 주거복지프로그램에 대하여 비용효과분석을 수행하였다. 구체적으로, 정부의 대표적 주거복지프로그램인 매입임대주택과 전세자금대출 정책을 두 대안으로 삼고, 각각의 비용과 효과를 추정하여 비용효과분석을 수행하였다. 구체적으로, 두 대안은 기본적으로 주거지의 제공이라는 같은 효과를 제공하기 때문에 같은 효과에 대하여 각 대안의 비용을 비교하는 고정효과접근법이 활용되었다. 또한, 주거복지프로그램의 효과 및 비용이 대상지역(서울시 양천구 신월동, 경기도 수원시 장안구 정자동, 부산시 해운대구 재송동, 경상남도 진주시 상대동)과 할인율 가정에 따라 상당히 달라지는 것을 고려하여 서로 다른 지역에 대하여 서로 다른 할인율을 적용하여 분석을 수행하였다. 해당 연구에서는 일반적으로 전세자금대출 프로그램이 매입임대주택에 비해 비용효과적인 것으로 나타났다 (사례대상지 4곳 중 부산시 해운대구 재송동을 제외한 3곳). 특히, 전세가율이 낮은 지역일수록 전세자금지원 프로그램이 매입임대주택 프로그램보다 비용효과적인 경향이 관찰되었다.

최성린 & 박동기(2014)의 경우 수상 전투함의 대공방어성능에 대한 비용효과분석을 수행하여 유도탄 공격에 대한 함정 생존성 확보방안을 제시하였다. 비용효과분석이 미국 군사분야에서 시작된 것에서 알 수 있듯이, 군사분야는 막대한 비용이 들어가고 그 효과는 금전화가 곤란하기 때문에 비용효과분석의 활용이 적절한 분야 중 하나이다. 해당 연구에서는 수상 전투함에 탑재할 수 있는 7개 기능의 포함 여부에 따라 분석의 대상이 되는 16개 대안을 설정하고, 유도탄 공격에 대한 함정의 생존 확률을 효과 단위로하여 각 대안을 분석하였다. 비용효과척도

로는 함정의 생존확률을 투입비용(십억원)으로 나누어 계산하였고, 이를 바탕으로 16개 대안의 비용효과순위를 도출하고 관련 제언을 수행하였다.

김병주 외 (2009)에서는 교육 분야에 대하여 비용효과분석을 적용하였다. 구체적으로, 온라인과 오프라인 과외교육을 대안으로 설정하였고, 수업만족도, 학습동기달성도, 학교수업기여도와 관련된 15개 문항에 대한 응답을 기반으로 구성된 학습효과 지표를 효과 단위로 설정하였다. 비용효과분석 결과, 일반적으로 온라인 과외교육의 비용효과성이 오프라인에 비해 더 높은 것으로 나타났다. 하지만 교육의 궁극적 효과는 오프라인 교육이 더 높은 것으로 나타났다. 또한, 해당 연구에서는 대상자 아버지의 학력이나 가계 소득에 따라 개별적인 비용효과분석을 수행하여 아버지 학력과 가계 소득이 온라인 및 오프라인 교육의 비용효과성에 미치는 영향을 분석하였다.

조영연 외 (2008)에서는 보건 분야에 대하여 제2형 당뇨병환자에 대한 임상영양치료의 비용효과성을 분석하였다. 구체적으로, 환자에 대한 영양교육 차이에 따른 비용효과성을 분석하였다. 대안으로는 심층영양교육과 일반영양교육이 설정되었으며, 각 교육을 받은 환자의 각종 영양 및 건강 상태가 효과 단위로 설정되었다. 분석 결과, 대상 수치 및 분석 기간에 따라 각 대안의 비용효과성이 상이하게 나타났다.

이외에도 박찬우 외(2004)에서는 개인생명가치추정을 기반으로하여 철도안전개선 대안에 대한 비용효과분석을 수행하였으며, 김대진(2014)에서는 성범죄자 전자발찌 제도 도입의 다양한 측면의 비용효과성을 분석하였다. 지금까지 살펴본 바와 같이, 국내 연구에서 비용효과분석은 공공성을 가졌으며 효과의 금전가치화가 어려운 군사, 교육, 환경, 보건, 안전 분야에 주로 활용된 것을 관찰할 수 있었다.

<표 4> 국내 비용효과분석 적용 사례

문헌	주요 내용
구윤모 외 (2019)	• 미세먼지 저감 대책에 대한 비용효과분석
안재홍 & 강인성 (2017)	• 지하철 혼잡도 개선 방안에 대한 비용효과분석
신상영 외 (2015)	• 건축물 침수 방지대책에 대한 비용효과분석
김주영 (2015)	• 정부 주거복지프로그램에 대한 비용효과분석
최성린 & 박동기 (2014)	• 수상전투함의 설계 방향에 따른 대공방어능력 비용효과분석
김대진 (2014)	• 성범죄자 전자발찌 제도 도입의 비용효과성 분석
김병주 외 (2009)	• 온라인 및 오프라인 과외교육에 대한 비용효과분석
조영연 외 (2008)	• 환자 영양치료 방식에 대한 비용효과분석
박찬우 외 (2004)	• 철도안전개선 대안에 대한 비용효과분석

제 2 절 비용효과분석과 비용편익분석의 비교

비용효과분석과 비용편익분석은 많은 부분에서 유사한 성격을 가지지만 몇 가지 주요한 차이점이 존재한다. 본 절에서는 R&D 사업의 예비타당성조사의 도구로써 비용편익분석과 비용효과분석의 차이점에 집중하여 서술한다.

비용편익분석과 비용효과분석의 차이는 아래 <표 3>에 정리되어 있다. 우선 비용편익분석은 현재 R&D 사업의 예비타당성조사에서 가장 널리 활용되는 경제성분석 방법론이다. 해당 방법론에서는 비용과 결과물 모두를 화폐가치로 환산하여 나타낸다. 따라서 서로 다른 결과물을 가져오는 다양한 대안 사이의 비교가 가능하다. 특히, 사업 시행으로 인한 편익이 사업 시행에 들어가는 비용보다 큰지 여부를 판단하여 각 대안의 경제적 타당성을 용이하게 판단할 수 있다. 그러나 비용편익분석은 결과물의 화폐가치화가 어려운 분야에는 적용이 어려운 문제가 있다. 특히, 과학기술적 성과나 다양한 유발효과는 현 예비타당성조사 지침 상 비용편익분석에서 편익항목으로 설정하지 못하게 되어 있으므로 해당 성과가 사업의 주요 결과물이라면 비용효과분석의 적용을 고려할 필요가 있다.

반면 비용효과분석은 결과물 본연의 효과를 비교한다는 부분에서 주요한 차이점이 존재한다. 즉, 비용효과분석에서는 결과물의 금전가치화를 하지 않는다. 따라서 결과물의 금전가치화가 어려운 분야에도 적용이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 비용효과분석의 경우 서로 다른 결과물을 가져오는 대안 간의 비교가 불가능하며, 단일한 효과를 가진 대안 사이에서만 비교가 가능하다. 또한, 사업 시행의 편익이 비용을 넘어서는지에 대한 판정이 불가능하며, 오로지 대안간의 상대적 비교만이 가능하다. 즉, 비교가능한 대안의 폭이 좁으며, 각 대안의 개별적 경제적 타당성을 판단할 수 없다는 문제가 있다.

<표 5> 비용편익분석과 비용효과분석의 비교

	비용편익분석 (cost-benefit analysis, CBA)	비용효과분석 (cost-effectiveness analysis, CEA)
특징	- 비용과 결과물 모두를 화폐가치로 환산하여 나타냄 - 다른 결과물을 가져오는 대안간의 다양한 비교가 가능 - 사업 시행의 편익이 비용을 넘어서는지 분석하여 타당성 판정 가능 (편익>비용)	- 결과물 본연의 효과를 비교함 (화폐가치화하지 않음) - 결과물의 화폐가치화가 어려운 분야에도 적용 가능
한계	결과물의 화폐가치화가 어려운 분야에는 적용이 어려움	- 서로 다른 결과물을 가져오는 대안 간의 비교가 불가능함 - 대안간 비교를 위해서는 각 대안이 동일한 단일효과를 가져와야 함 - 사업 시행의 편익이 비용을 넘어서는지 판정 불가 (비교대안 사이의 상대적 비교만 가능)

많은 연구에서는 비용편익분석과 비용효과분석을 대체가능한 방법론으로 보고 있으나, 비용편익분석의 적용이 가능하다고 하여 비용효과분석의 적용이 가능한 것은 아니며 반대로 성립하지 않는다. 각 방법론은 각자의 장단점과 적용가능 조건이 존재하며 연구자는 이를 고려하여 분석대상 사업에 가장 적절한 경제성분석 방법론을 선택할 필요가 있다. 비용편익분석의 경우 주요한 제약은 편익항목의 금전가치화가 가능한지 여부이다. 반면 비용효과분석의 경우 편익 항목이 어떠한 항목으로 구성되어 있으며 성과물이 어떠한 유형인지에 따라 적용 가능성이 결정될 수 있다. 김정권 외(2017)에 의하면 R&D 사업의 예비타당성조사에 비용효과분석이 적용 가능한 경우는 <그림 2>와 같이 요약되어질 수 있다. 구체적으로, 해당 연구에서는 주요 성과물이 특허, 논문 등 과학기술지식인 기초원천연구이거나, 그 외 응용개발 혹은 인프라 구축 연구이더라도 공공재적 성격을 가진 경우 비용효과분석이 효과적으로 적용될 수 있다고 밝히고 있다.

<그림 4> 비용효과분석의 적용이 가능한 연구개발사업의 유형

연구개발 편익		연구개발사업 유형		
구분	편익 항목	기초·원천연구	응용·개발연구	인프라구축 (시스템, 시설 등)
가치 창출	소비자 중심 편익	○ (특허, 논문 등 과학기술지식)	-	-
	생산자 중심 편익		-	-
비용 저감	생산비용저감 편익		△ (공공재)	△ (공공재)
	피해비용저감 편익		○	○

(출처: 김정권 외, 2017)

제 3 장 비용효과분석 적용 사례

제 1 절 핵심 쟁점 도출

본 연구에서는 사례 분석 및 전문가 회의를 통하여 R&D사업의 예비타당성조사에 비용효과분석을 적용하는 것 관련하여 <표 4>와 같은 핵심 쟁점들을 도출하였다. 크게 세 쟁점이 도출되었는데, 첫 번째는 비용효과분석의 적용기준이다. 아직까지 국가 R&D사업의 예비타당성조사에서 비용효과분석이 어떠한 R&D사업에 적용되어야 하는지에 대한 명확한 기준이 없으므로, 이에 대한 고민이 필요하다. 구체적으로는, 비용효과분석의 적용이 가능한 국가 R&D사업의 기준을 구체화해야한다는 의견이 제시되었다. 두 번째는 효과 단위의 선택이다. 현 지침상으로는 기획부처가 사업 수행에 따른 단일효과를 지정하여 제출하도록 하고 있는데, R&D 사업은 그 특성상 다목적 사업인 경우가 많이 관찰된다. 따라서, 사업의 목표를 나타낼 수 있는 단일효과를 무엇으로 할 수 있는지와 복수효과사업에 비용효과분석을 적용하는 방안에 대한 검토가 필요하다는 의견이 제시되었다. 세 번째는 대안 설정의 범위이다. 비용효과분석에는 시행대안과 비교될 수 있는 비교대안이 설정되어야 하는데, 시행대안과 비교할 대안을 어느 정도 범위 및 수준까지 포함하여야 할지에 대한 기준이 필요하다. 구체적으로는, Do nothing 대안이나 여타 비교대안의 포함 범위에 대한 검토가 필요하다는 의견이 제시되었다. 도출된 핵심 쟁점에 따라, 본 장의 나머지 부분에서는 국내외 기존 사례를 앞에서 제시된 세 가지 쟁점에 집중하여 분석하고자 한다.

<표 6> 도출된 핵심 쟁점사항

내용	문제점	논의 필요 사항
1. 비용 효과 분석의 적용기준	비용효과분석이 어떠한 R&D사업에 적용되어야 하는지에 대해 보다 명확한 기준 설정이 필요	비용효과분석의 적용이 가능한 국가 R&D 사업의 기준 구체화(적용이 가능한 상황 구체화)
2. 효과 단위의 선택	현 지침 상으로는 기획부처가사업 수행에 따른 단일효과를지정하여 제출하도록 하고 있는데, R&D 사업은 다 목적 사업인 경우가 많음	사업의 목표를 나타낼 수 있는 단일 효과 복수효과사업에의 적용 방안 검토
3. 대안 설정의 범위	시행대안과비교할 대안을 어느 정도 범위 및 수준까지 포함하여야 할지에 대한 기준이 필요 Do nothing 대안포함의 타당성 검토 필요	Do nothing 대안의 정의 및 비용효과분석에 대안으로 포함하는 것의 타당성검토 비교 대안의 포함 범위

제 2 절 국내 비용효과분석 적용 사례

서론에서도 언급하였듯 국내 R&D 예비타당성조사의 경제성분석 파트에 대하여 주로 활용된 방법론은 비용편익분석이며, 비용효과분석의 적용은 비용편익분석에 비해 제한적으로 나타나고 있다. 그러나 적용사례가 아예 존재하지 않는 것은 아니며, 기존 사례에 대한 분석을 통하여 기존 사례가 어떠한 논리에서 비용효과분석을 경제성분석 방법론으로 채택하였고 이에 따른 분석이 어떠한 방식으로 이루어졌는지를 검토할 필요가 있다. 본 절에서는 특히 최근 KISTEP에서 비용효과분석이 적용된 국가 R&D 사업 11건에 대하여 사례 분석을 수행한 결과를 제시한다. 구체적으로는, 11건의 전반적인 내용을 정리하여 우선 제시하고 주요 사업에 대해서 심층적인 내용을 제시하고자 한다.

1. 국내 비용효과분석 적용사례 개요

최근 KISTEP이 수행한 R&D 예비타당성조사 경제성분석 중 비용효과분석을 적용한 11개 사업에 대한 요약은 아래 <표 5>와 같다.

<표 7> 국내 비용효과분석 적용사업 요약

연도	사업명	효과지표	대안 비교 방식	판정
2018	뇌연구 고도화사업	국제적 우수연구자 저변확대를 통한 연구역량 강화 (지표: 논문)	(비용효과비율접근법) 국가 R&D 전체, 기초연구분야 및 타 뇌과학분야 사업과 단위 비용당 논문 건수, IF, mrnIF 비교	X
2018	사용후핵연료 관리 표준화시스템 개발사업	사용후핵연료의 심층처분	(고정효과접근법) 목표 효과 달성을 위해 사용후핵연료 관리 시스템을 새롭게 표준화하는 대안과 기존 방식을 활용하는 대안의 비용 비교	X
2015	제2쇄빙선 연구선 건조사업	정부의 극지 진출 역량 강화기반 확보를 위한 쇄빙선 건조	(고정효과접근법) 목표 효과 달성을 위한 신규 쇄빙선 건조, 타국쇄빙선 임차, 규모축소 다목적쇄빙선 대안 비용 비교	X
2014	생물다양성 위협 외래생물 관리 기술개발사업	미유입 외래생물 위해성 예측, 생태계교란생물 제거 등	(고정효과접근법) 목표 효과 달성을 위해 R&D 사업을 시행하는 경우와 비R&D사업만 시행하는 경우의 비용 비교	△ (검)

2014	Multi-Terminal 직류 송배전 시 스템 개발사업	국내 송전망 운영 이슈 해결	(고정효과접근법) 목표 효과 달성을 위한 다양한 R&D 대안 간의 비용 비교 기술적 대안 3개와 현행유지 (주민 보상) 대안 1개	△ (검)
2014	국가 초고성능컴 퓨팅 인프라 선 진화사업	슈퍼컴퓨터 수요의 안 정적 제공	(고정효과접근법) 목표 효과 달성을 위한 다양한 대안 간의 비용 비교 해외 서비스 100% 이용, 기존 서비 스 + 해외 서비스 동시 활용, 100% 자체 개발 대안 비교	△ (검)
2013	창의소재 디스커 버리사업	소재산업 기술경쟁력 확보 (지표: 논문 및 특허)	(비용효과비율접근법) 유사한 성격 의 R&D 사업의 단위 비용 당 논문 (IF 고려) 및 특허 수 비교	△ (검)
2012	국립축산과학원 가축유전자원시 험장 이전사업	가축전염병 방역 기능 확보	(고정효과접근법) 타 지역 이전 대 안과 현 시험장을 개선하는 3개 대 안 비용 비교	○
2012	정지궤도기상위 성지상국 개발사 업	지상국 시스템 구성 (지표: 유용 Data)	(비용효과비율접근법) 2개의 기술적 대안의 단위 비용 당 효과 비교 Do nothing 대안은 정책 기조와 맞 지 않아 제외	△ (검)
2010	온라인 전기자동 차기반 수송시스 템 혁신사업	전기자동차기반 수송시 스템 구축	(고정효과접근법) 온라인 전기버스 도입 대안과 충전식 전기버스 도입 대안을 비교	X
2010	패러다임 전환형 미래소재 기술개 발사업	산업 패러다임 전환을 위한 미래소재 원천기 술 개발 및 확보 (지표: 논문 및 특허)	(비용효과비율접근법) 유사 R&D 사 업 대비 단위 비용 당 논문 및 특허 건수 비교	X

분석 결과, 대체로 효과를 고정시켜놓은 상태에서 대안간 비용을 비교하는 고정효과접근법이 많이 활용된 가운데, 일부 사례에 대하여 비용효과비율접근법이 활용된 경우가 관찰되었다. 구체적으로, 고정효과접근법이 활용된 경우 설정된 효과지표가 가축전염병 방역 기능 확보, 전기자동차기반 수송시스템 구축, 슈퍼컴퓨터 수요의 안정적 제공, 국내 송전망 운영 이슈 해결 등 특정 과학기술적 혹은 정책적 목표로 나타났다. 반면, 비용효과비율접근법을 활용한 경우는 대체로 원천기술 확보 및 연구역량 확보가 효과지표로 선정되었으며, 구체적인 지표로는 논문이나 특허 등의 연구성과가 활용된 것으로 나타났다.

다음으로, 본 연구과제의 주요 관심사 중 하나는 R&D분류에 따른 경제성분석방법론 선택이므로 기존 사업을 새로운 R&D 분류에 따라 분류해보았다. 분류는 본 연구과제 연구진이 <표 1>에 나타난 사업유형별 특성을 고려하여 자체적으로 분류한 결과이다. 분류 결과는 아래 <표 X>와 같다. 분류 결과, 해당 사업들은 사업 목적에 따른 새로운 R&D 분류에 따르면 모두 도전혁신형 혹은 기반조성형 사업의 유형에 해당하는 것으로 나타났다. 구체적으로는 도전혁신형에 해당하는 사업이 4건, 기반조성형에 해당하는 사업이 7건으로 나타났다. 이에 비추어 볼 때, 신규 지침에서 해당 유형의 사업들에 대하여 비용효과분석을 고려하도록 하는 지침은 기존 사례에 비추어 보았을 때 논리적 근거가 있는 것으로 판단된다.

<표 8> 국내 비용효과분석 적용사례 재분류 결과

사업명	R&D분류*	성과유형*	대안 비교방식
뇌연구고도화사업	도전·혁신형	원천기술 개발	비용효과비율접근법
창의소재 디스커버리사업	도전·혁신형	원천기술 개발	비용효과비율접근법
패러다임 전환형 미래소재 기술개발사업	도전·혁신형	원천기술 개발	비용효과비율접근법
온라인 전기자동차기반 수 송시스템 혁신사업	도전·혁신형	원천기술 개발	고정효과접근법
정지궤도기상위성지상국 개발사업	기반조성형	공공시스템 개발	비용효과비율접근법
사용후핵연료관리 표준화 시스템 개발사업	기반조성형	공공시스템 개발	고정효과접근법
Multi-Terminal 직류 송배전 시스템 개발사업	기반조성형	공공시스템 개발	고정효과접근법
국가 초고성능컴퓨팅 인프라 선진화사업	기반조성형	공공시스템 개발	고정효과접근법
생물다양성위협외래생물 관리기술개발사업	기반조성형	공공응용개발기술	고정효과접근법
제2쇄빙연구선 건조사업	기반조성형	시설구축	고정효과접근법
국립축산과학원 가축유전 자원시험장 이전사업	기반조성형	시설구축	고정효과접근법

*자체분류

기존 사례에서 비용효과분석이 활용된 이유는 해당 사업의 주요 효과 단위가 지침 상 비용편익분석에서 편익 항목으로 설정이 불가능한 과학기술적 성과 혹은 각종 유발 효과인 경우가 많기 때문인 것으로 판단된다. 구체적으로, R&D부문 예비타당성조사에서 비용편익분석을 활용할 시 편익항목으로 반영이 가능한 항목과 반영이 가능하지 않은 항목을 정리하여 나타내면 <그림 X>와 같다. 구체적으로, 신기술 개발 및 적용으로 인한 가치창출과 기술이전에 의한 로열티 수입(정의 가치 증가)이나 각종 비용 감소 (부의 가치 감소)로 인한 요인들은 편익 항목으로 반영이 된다. 그러나 과학기술 지식, 과학기술자의 교육훈련, 각종 유발효과들은 편익 항목으로 반영하지 않도록 되어있다. 이러한 구분은 시장재화와 비시장재화의 특성을 일부 유사하게 나타내는 것으로 판단된다. KISTEP (2014)에서는 논문이나 특허와 같은 과학기술 지식의 경우 비용효과분석으로 반영할 수 있음을 시사하고 있다.

<그림 5> 연구개발부문 예비타당성조사의 편익 항목

구분	예비타당성조사 비용편익 분석 시 편익 반영 ³⁶⁾	예비타당성조사 비용편익 분석 시 편익 미반영
정(+)의 가치 증가	- 가치창출·증대 - 신기술 적용을 통한 생산량 증가 - 신기술 개발로 인한 가치창출 - 기술거래 - 기술이전에 의한 로열티 수입	- 과학기술 지식 (논문, 특허 등)[†] - 과학기술자의 교육훈련 - 지역개발효과 - 지역산업구조 개편 - 생산 유발효과 - 부가가치 유발효과 - 고용 유발효과 - 수입 유발효과 - 수출 유발효과 - 소득 분배효과 - 취업 유발효과
부(-)의 가치 감소	- 생산비용저감 - 생산투입 자원 및 시간의 저감 - 연구기간, 출장횟수 등의 연구수행 비용저감 - 물류비용저감 - 피해비용저감 - 재난·재해·사고로 인한 피해 감소 - 질병비용저감[‡] - 환경비용저감[‡]	

[†] 논문이나 특허는 비용효과 분석으로 반영할 수 있음.

[‡] 질병비용저감과 환경비용저감은 사업이 기여한 부분만의 산출과 이중계산 배제에 제약이 있을 경우 비용편익 분석이 아닌 비용효과 분석으로 수행 가능.

(출처: KISTEP, 2014)

또한 국내사례의 종합적 검토 결과, 기존 적용 사례에서 관찰된 비교 대안들은 크게 타R&D 대안, 비R&D 대안, 그리고 기존R&D 대안으로 분류될 수 있었다. 구체적으로, 타 R&D 대안은 제안된 R&D 외 다른 유형의 R&D를 말한다. 예를 들어 『정지궤도기상위성지상국개발사업』에서는 Ka-band 통신 주파수를 활용하는 대안과 X-band 통신 주파수를 활용하는 대안을 비교하였고, 『온라인 전기자동차기반 수송시스템혁신사업』에서는 온라인전기자동차를 도

입하는 대안과 일반 배터리형 전기자동차를 도입하는 대안을 비교하였다.

반면 비 R&D 대안은 R&D가 아닌 다른 방식으로 효과를 달성하는 대안들을 말한다. 예를 들어, 『사용후핵연료 관리 표준화 시스템 개발』 같은 경우 R&D를 통하여 표준화 시스템을 개발하여 처리하는 대안과 비표준화 시스템으로 처리하는 대안을 비교하였고, 『생물다양성 위협 외래생물관리 기술개발사업』에서는 외래생물을 R&D 사업을 통하여 관리하는 대안과 비R&D 수단을 통하여 관리하는 대안을 비교하였다.

마지막으로 기존 R&D 대안은 기존 유사 R&D 사업들을 의미한다. 예를 들어, 『뇌연구고도화 사업』, 『창의소재디스커버리사업』, 『패러다임 전환형미래소재기술개발 사업』 등에서는 제안된 사업의 과학기술적 성과 수준을 비교하기 위하여 기존 유사 R&D의 논문 및 특허 성과를 비교하였다. 이와 같이 기존 적용사례 분석을 통하여 비교대안을 유형화한 것은 추후 관련 지침 수립 및 예비타당성 연구진의 실무 수행에 있어 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

<표 9> 기존 적용사례 비교대안 유형화

구분	내용	예시
타 R&D 대안	제안된 R&D 외 다른 유형의 R&D (타 기술 대안)	『정지궤도기상위성지상국개발사업』, 『온라인 전기자동차기반 수송시스템혁신사업』 등
비 R&D 대안	R&D가 아닌 다른 방식으로 효과를 달성하는 대안 (주로 기존 방식)	『사용후핵연료 관리 표준화 시스템 개발』, 『생물다양성 위협 외래생물관리 기술개발사업』 등
기존 R&D 대안	기존 유사 R&D 사업	『뇌연구고도화 사업』, 『창의소재디스커버리사업』, 『패러다임 전환형미래소재기술개발 사업』 등

2. 국내 비용효과분석 적용사례 상세

본 절에서는 국가 R&D사업에 비용효과분석을 적용한 기존사례의 세부 내용을 핵심 쟁점인 적용 기준, 효과 단위 및 대안 설정 부분에 집중하여 정리하여 제시하고자 한다.

2-1. 뇌연구 고도화사업

- 동 사업의 목적은 뇌연구 부문 국제적 우수연구 저변확대를 통한 뇌연구분야 기초역량 강화로 제시되었음
 - 즉 과학기술적 성과가 사업의 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 도전혁신형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨
- 동 사업의 경제성평가 부분에서 기획부처는 SCI 논문의 경제적 가치 및 고용유발효과 등을 편익으로 산정하여 비용편익분석 결과를 제시하였음
 - 구체적으로, 기획부처의 분석에서는 SCI 논문 1건의 가치를 SCI 논문 한 편당 연구개발비에 평균 IF 대비 해당논문의 IF 수준을 곱하여 계산하였음
 - 또한 유발효과의 경우 산업연관분석을 통해 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업 및 고용유발효과 등을 분석하여 계산하였음
- 그러나 KISTEP 지침 상 (국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 한국과학기술기획평가원, 2019) 과학기술지식(논문, 특허 등)이나 부가가치 유발효과 등은 비용편익분석 시 편익에 반영하지 않도록 되어 있기 때문에 예타연구진이 별도로 비용효과분석을 적용하였음
 - 논문이나 특허와 같은 과학기술적 성과는 금전적 가치로 산정하는 것은 지양하도록 하고 있음
 - 파급효과의 경우 사업목표와 직접적으로 연결이 가능하고 객관적 산출이 가능할 경우에만 편익으로 포함하도록 하고 있음
- 과학기술적 성과는 특정 시장을 특정할 수 없어 현시선호접근법을 사용하기 위한 대리시장의 가정이 어려움이 있으며, 진술선호접근법을 사용하기에는 설문 대상인 일반 국민과 괴리가 있을 수 있고 적절한 설문지의 구성이 어려움
- 비용효과분석의 효과 단위로는 SCI논문 건수, IF합, 그리고 mrnIF합이 활용되었으며, 10억원당 성과를 비교하는 비용효과비율접근법이 활용되었음
 - 단순 건수는 질적 요소를 반영하지 못하기 때문에 논문의 영향력을 나타내는 영향력지수(IF, impact factor)합계와 더불어 분야별 순위를 고려한 표준화된순위보정영향력지수(mrnIF, modified rank normalized IF)를 효과단위로 고려하였음

□ 비용효과분석의 비교 대안으로는 기존 타 R&D 사업들의 실적치가 활용되었음

○ 총 7개 비교대안 (기존 R&D사업)

- 국가 R&D 사업
- 국가 R&D 內 기초연구
- 과기정통부 R&D
- 과기정통부 R&D 內 기초연구
- 뇌과학원천기술개발
- 이공학개인기초연구(교육부) 內 뇌과학분야
- 개인기초연구(과기정통부) 內 뇌과학분야

□ 비교대안과의 비교를 위하여 위 7개 비교대안 사업의 SCI논문 성과 및 연구비를 조사한 결과는 다음과 같음

○ 아래 자료를 기반으로 각 R&D사업 유형에 대하여 단위비용당 논문 건수를 비교함

<그림 6> 뇌연구고도화사업 비교 대안(타 R&D사업)의 SCI논문성과 및 연구비

(단위 : 억 원)

구분		2013년		2014년		2015년		2016년		2017년		총계	
		SCI 논문 (건)	정부 연구비	SCI 논문 (건)	정부 연구비	SCI 논문 (건)	정부 연구비	SCI 논문 (건)	정부 연구비	SCI 논문 (건)	정부 연구비	SCI 논문 (건)	정부 연구비
국가R&D		27,052	169,139	35,330	176,395	35,849	188,747	37,385	190,044	39,032	193,927	174,648	918,252
국가R&D, 기초연구		17,576	36,689	22,016	38,535	23,798	43,118	25,443	43,713	25,951	45,898	114,784	207,953
과기정통부R&D		14,523	55,457	16,640	60,467	17,356	64,696	18,441	65,246	19,669	67,342	86,629	313,208
과기정통부R&D, 기초연구		10,230	21,031	12,030	22,046	13,376	25,681	14,981	26,316	16,344	29,605	66,961	124,679
뇌과학 분야 사업	뇌과학원천 기술개발	8	91	59	141	77	241	100	326	189	418	433	1,217
	이공학개인 기초연구 (교육부), 뇌과학 분야	32	29	45	28	44	34	30	36	33	43	183	169
	개인기초연 구(과기정통 부), 뇌과학 분야	44	71	62	71	78	88	96	112	117	140	396	482

(출처: 동사업 예타보고서)

- 동 사업(시행 대안)과 비교 대안의 SCI논문 성과 비용효과비율을 정리하여 나타낸 결과는 다음과 같음

<그림 7> 뇌연구고도화사업 분야별/사업별 SCI논문 성과 효율성 비교

구분		연구비 10억 원당 SCI논문(건)
동 사업		1.44
국가R&D 전체		1.90
국가R&D, 기초연구		5.52
과기정통부R&D 전체		2.77
과기정통부R&D, 기초연구		5.37
뇌과학 분야 사업	뇌과학원천기술개발	3.55
	이공학개인기초연구(교육부), 뇌과학 분야	10.81
	개인기초연구(과기정통부), 뇌과학 분야	8.22

(출처: 동사업 예타보고서)

- 분석 결과, 비용효과비율 지표에서 동 사업은 뇌과학 분야 유사 사업뿐 아니라 국가 R&D사업 전체에 비해서도 효율성이 떨어지는 것으로 나타남
- 동 사업(시행 대안)과 비교 대안의 SCI논문 IF합과 mrnIF합 성과 비용효과비율을 정리하여 나타낸 결과는 다음과 같음
- IF는 분야별로 절대적 수치의 범위가 상당히 다르게 나타나기 때문에 IF와 mrnIF 비교의 경우 뇌과학분야 비교 대안인 3개 대안과 비교 수행

<그림 8> 뇌연구고도화사업 분야별/사업별 SCI논문 IF합 성과 효율성 비교

구분	연평균('13~'17)		효율성 (10억 원당 IF합계)
	IF합계	정부연구비(억 원)	
동 사업 462건(IF=6.308), 863건(IF=2.5)	338.1	612.1	5.5
뇌과학원천기술개발	331.9	243.4	13.6
이공학개인기초연구, 뇌과학 분야(교육부)	111.4	33.8	32.9
개인기초연구, 뇌과학 분야(과기정통부)	289.0	96.6	29.9

(출처: 동사업 예타보고서)

<그림 9> 뇌연구고도화사업 분야별/사업별 SCI논문 mrnIF합 성과 효율성 비교

구분	연평균('16~'17)		효율성 (10억 원당 mrnIF합계)
	mrnIF 합계	정부연구비 (억 원)	
동 사업 462건(mrnIF=91.15385), 863건(mrnIF=42.46717)	5,250.8	612.1	85.8
뇌과학원천기술개발	9,627.7	372.0	258.8
이공학개인기초연구, 뇌과학 분야(교육부)	1,761.1	39.4	446.5
개인기초연구, 뇌과학 분야(과기정통부)	6,619.7	126.0	525.5

(출처: 동사업 예타보고서)

- 분석 결과, 동 사업은 IF합 및 mrnIF합 효과단위를 기준으로 하여도 뇌과학분야 유사 사업에 비해 훨씬 효율성이 떨어지는 것으로 나타났음
- 해당 사례는 기존 유사 R&D 사업(타R&D 대안)을 비교대안으로 설정하고 과학기술적 성과에 대하여 SCI논문 건수, IF합, mrnIF합과 같은 다양한 효과 단위를 설정하였으나, 각 효과 단위를 사용한 비용효과분석의 결과에서 모두 동 사업의 효율성이 떨어지는 것으로 나타났기 때문에 결론 도출에는 문제가 없었음
- 다만, 각 효과 단위에 대하여 동 사업의 비교 대안 대비 비용효과성이 다르게 나타났다면 최종 의사결정을 내리기 곤란할 수 있을 것으로 판단됨
- 예를 들어, IF합은 동 사업이 가장 비용효과성이 뛰어났으나 mrnIF는 그렇지 못했다면 결론 도출에 어려움이 있을 수 있음

2-2. 사용후핵연료 관리 표준화시스템 개발사업

- 동 사업의 목표는 사용후핵연료 관리 표준화 시스템 및 규제체계 확보로 제시되었음
- 즉, 공공시스템 구축을 통한 공익증진이 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 기반조성형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨
- 기획부처에서는 비용효과 분석을 통하여 경제적 타당성을 판단하였다고 제시하였으나, 실제로는 비용편익분석에서의 비용절감편익 추정치 틀을 활용하였음
- 예비타당성 연구진은 동일 효과를 가지는 대안을 설정하고, 동 사업 비용과 비교 대안의 비용규모를 비교하는 비용효과 분석방법을 적용하였음 (고정효과접근법)
- 설정된 고정효과는 사용후핵연료의 심층처분이었음
- 비교 대안으로는 현재 사용후핵연료 심층처분 방식이 설정되었으며 (비R&D 대안), 동 사업과 비교 대안에 소요되는 비용 차이를 토대로 비용효과분석을 시행하였음

- 기획부처가 제시한 전제조건 및 비용 산정 방식을 검토하여 수정한 비용효과분석 결과는 다음과 같음
 - 시행대안과 비교대안의 비용을 산정함에 있어 기준년도 및 분석 기간을 특정하고 사회적 할인율(4.5%)을 가정하였음
 - 분석 결과, 동 사업(시행대안)이 비표준화 대안(비교대안)에 비해 더 많은 비용이 소요되는 것으로 나타나 경제적 타당성을 확보하지 못함
 - 명목가치는 동 사업의 비용이 더 작게 나타났으나 할인율 등을 적용한 결과는 다르게 나타남

〈그림 10〉 사용후핵연료관리표준화시스템 개발사업 비용효과분석 결과

(단위 : 억 원)

구분	비표준화 (A)	표준화 (B)
비용 (명목가치)	145,696	108,217
비용 (현재가치)	25,746	27,329
비용절감액 (현재가치) (A-B)	-1,583	

(출처: 동사업 예타보고서)

- 본 사례는 시행대안과 비교될 비교대안으로 R&D 수행시와 동일한 효과를 거두는 비R&D 대안을 설정하였으며, 고정효과접근법을 이용하여 문제를 해결함
 - 대안 간 소요 비용을 비교하는 고정효과접근법을 취함에 있어 기준년도 설정 및 할인율 가정이 상당히 중요함을 잘 보여줌

2-3. 제2쇄빙연구선 건조사업

- 동 사업의 목표는 제 2쇄빙연구선 건조 및 핵심기술 개발을 통해 정부의 북극정책 지원과 극지 진출 역량 강화기반을 확보하는 것으로 제시되었음
 - 즉, 연구의 기반이 되는 시설구축이 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 기반조성형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨
- 기획부처는 제2쇄빙연구선 건조에 따른 편익을 조선기자재 개발 편익, 과학기술적 편익, 국민자긍심 고취 편익, 극지인프라 강화 편익의 4개 항목으로 분류하여 각각의 편익을 시장수요접근법, 컨조인트분석, 조건부가치측정법, 그리고 조건부가치측정법으로 추정하였음

<그림 11> 제2쇄빙연구선건조사업 기획부처가 제시한 편익항목

편익항목		편익내용(직간접적 영향)	평가기법
정 (+) 의 가 치 증 가	조선기자재 개발 편익	대형 선박기자재의 방한기술(winterization) 성능시험 테스트베드 및 기술·제품검증 효과	시장수요접근법
	과학기술적 편익	극지·쇄빙선 전문가, 해양학자 대상으로 비시장/현존하지 않는 재화의 가치 설문조사 ※ 선박규모수요, 연구수요, 논문·특허성과 등	컨조인트분석
	국민자긍심 고취 편익	일반 국민이 비시장재에 부여하고 있는 가치를 평가하여 추가소득세 지불의사를 1:1로 전화설문	조건부가치추정법 (CVM)
	극지인프라 강화 편익		

(출처: 동사업 예타보고서)

- 그러나 예타연구진은 제시된 편익항목이 모두 인정하기 어려운 것으로 판단하였음
 - 동 사업의 직접적 목표와 수혜자를 고려할 때, 편익항목 산정이 부적절함
 - 조선기자재 개발 편익은 산식 정의가 부적절할 뿐 아니라 계획상에 조선기자재 관련 기업체 활용 계획이 전혀 제시되지 않고 있어 동 사업의 수혜로 판단하기 어려움
 - 설문을 활용한 평가기법(컨조인트분석 및 조건부가치평가법)은 설문대상자에 대한 적절한 표적화가 이루어지지 않아 편익 추정 결과를 인정하기 어려움
 - 조건부가치추정법의 경우 설문에 왜곡된 설명이 많이 등장하여 결과를 신뢰하기 어려움
 - 실제 사업내용과 부합되지 않는 설명문이 등장하며, 그 외에도 기획부처에 유리한 결론을 유도하는 문구가 다수 나타남
 - 결론적으로, 기획부처가 제시한 비용편익분석은 동 사업에 적합하지 않는 것으로 판단
- 예타연구진은 동 사업이 기초연구 지원을 위해 공공연구선을 건조하는 인프라/기반구축 목적 사업이므로, 시장수요의 추정이 어렵고, 대리시장이 존재하지 않으며, 진술선택접근법의 적용이 어려운 조건에 있다는 점을 근거로 비용효과분석을 적용함
- 효과 단위로는 기획부처에서 제시한 여러 효과 중 사업 목표와 직접적으로 관련이 있다고 판단되는 3개 효과가 고려되었음
 - 연구향해일수 확대, 운항예비일 확보, 북극 공동연구협력/북극외교 강화
- 시행대안과 비교될 비교대안으로는 원안규모 타국쇄빙선의 임차와 원안대비 절반 규모 배수량의 다목적쇄빙선을 건조하는 대안이 설정되었음
 - 원안규모 타국쇄빙선 임차: 제시된 12,000t급 쇄빙연구선을 타국으로부터 구매하는 대안으로, 일종의 비R&D 대안으로 볼 수 있음

- 원안대비 절반 규모 배수량의 다목적 쇄빙선 건조: 현재 제1쇄빙연구선(아라온호)이 운용이 불가하거나 한 상태가 아니지만 일부 한계가 있는 점을 고려, 제1쇄빙연구선의 연구조사활동을 보조하는 6000t급 다목적쇄빙선을 건조하는 대안으로, 일종의 타R&D 대안으로 볼 수 있음

□ 시행대안과 2개의 비교대안에 대하여 비용효과분석을 적용한 결과는 다음과 같음

- 사업과 관련성이 있는 3개 주요 효과를 유사한 수준으로 달성할 수 있는 대안에 대하여 고정효과접근법을 활용하여 대안간 비교를 수행하였음
- 분석 결과, 시행대안은 세 대안 중 가장 비용이 많이 소요되는 것으로 나타났으며, 가장 비용효과적인 대안은 6000t급 다목적쇄빙선을 건조하여 제1쇄빙선을 보조하는 대안인 것으로 나타났음

<그림 12> 제2쇄빙연구선건조사업 비용효과분석 결과

관련 이슈/효과		방안	사업원안 (12,000t급 쇄빙연구선)	(원안규모 타국쇄빙선 임차)	비교대안 (다목적쇄빙선, 6,000t 급)
관련성 있음	연구항해일수 확대		○	○	○
	운항예비일 확보(기지보급, 안전성)		○	○	○
	북극 공동연구협력/북극외교 강화		△	△	△
관련성 낮음	북극해 지질/자원탐사		△	△	△
	북극 물류항로 개척		△	△	△
	기존 선박사양 한계극복		○	△	△
	북극해 기후조사 (고위도)		○	△	△
쇄빙 능력			PC3~4	PC3~5	PC5~6
북극 운용 기간 (단위: 월)			8~12	3~6	3~6
총사업비 (단위: 억 원)			2,392	(-)	1,510
총비용 (현가) (단위: 억 원)			3,921	3,373	2,326

(출처: 동사업 예타보고서)

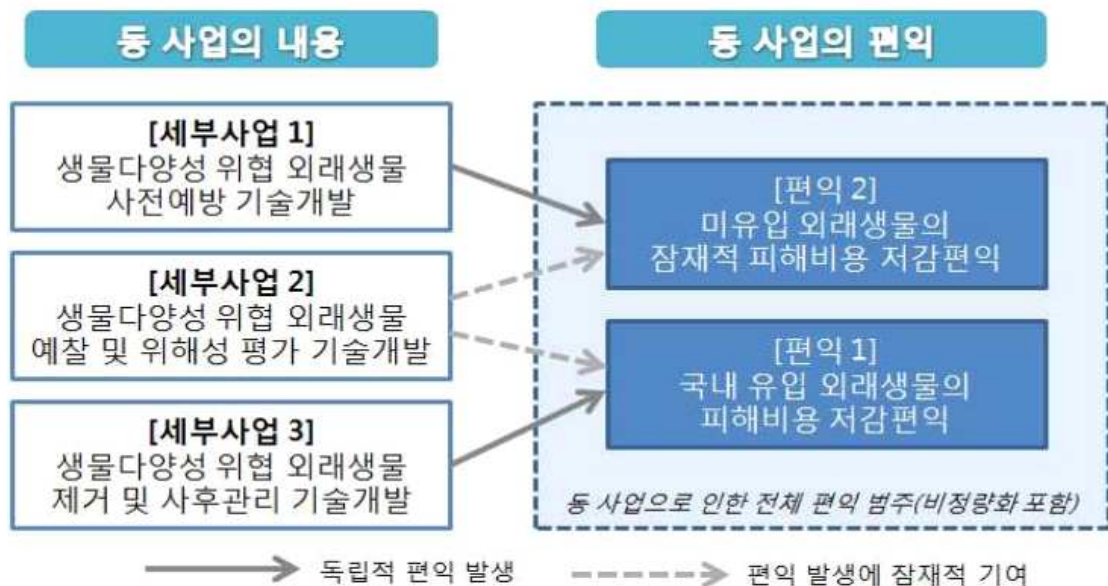
□ 본 사례는 사업이 목표한 주요 효과를 유사한 수준으로 달성하는 비교 대안을 예타연구진이 설정하고, 고정효과접근법을 활용하여 각 대안을 비교하였다는 데 특이점이 있음

- 연구항해일수 확대, 운항예비일 확보, 북극 공동연구협력/북극외교 강화라는 세 가지 서로 다른 세부효과항목을 일정 수준 이상 달성하는 것을 일종의 단일효과로 보고 분석을 진행하였음

2-4. 생물다양성 위협 외래생물 관리 기술개발사업

- 동 사업의 목표는 1) 생물다양성 위협 외래생물 관리 효율성 증대 및 생물다양성 손실 저감, 2) 생물다양성 위협 외래생물 관리 전(全)단계 핵심기술 확보로 제시되었음
- 즉, 공공기술 개발을 통한 공익증진이 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 기반조성형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨
- 동 사업은 3개의 세부사업으로 구성되어 있으며, 이로부터 2개의 편익을 제시하였음
- 미유입 외래생물의 잠재적 피해비용 저감편익
- 국내 유입 외래생물의 피해비용 저감편익

<그림 13> 생물다양성위협외래생물관리기술개발사업 기획부처 제시 편익 항목



(출처: 동사업 예타보고서)

- 사업에서 제시한 두 가지 편익 모두 정량화에 한계가 존재함
- 미유입 외래생물의 전수과악이 불가하며, 유입 시기 및 종 예측에 한계가 있음
- 유입 외래생물의 피해비용에 대한 정확한 통계자료가 존재하지 않음
- 기획부처는 조건부가치평가법을 활용하여 편익 수준을 제시하였음
- 조건부가치평가법을 통하여 추정된 국민들의 연평균 지불의사액 수준에 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업 R&D성공률인 89.3%를 적용하여 동 사업 총 편익을 추정하였음
- 보정된 연간 총편익을 575.9억원으로, 5년간 총편익의 현재가치를 2,379.7억원으로 제시하였음

- 그러나 예타연구진은 사업의 주요 효과인 생태계 교란 예측, 피해규모 등을 일반 국민에게 객관적으로 설명하기 어려우므로 조건부가치추정법을 이용한 진술선호접근법이 타당하지 않은 것으로 판단하였음
- 조건부가치추정법 설문에서는 일반 국민이 이해하기 쉬운 시나리오를 제시하여야 하지만, 동 사업은 이러한 부분에서 한계가 있음
- 또한, 기획부처가 활용한 설문지의 문항에서 객관적이지 못한 내용이 다수 포함된 것으로 판단하였음
- 적절한 통계자료 혹은 문헌의 부재로 인하여, 예타연구진은 동 사업의 경제성분석에 비용효과분석을 적용하기로 하였음
- 효과 단위로는 동 사업 시행시 기대되는 효과인 미유입 외래생물 위해성 예측, 생태계교란생물 제거 등이 고려되었음
- 비교 대안으로는 동 사업 없이 외래생물을 관리하는 대안이 고려되었음
 - 해당 대안은 예찰범위 확대, 생태계교란생물 제거 등의 비 R&D 사업만으로 외래생물을 관리하는 대안으로, 시행대안과 같은 효과를 내기 위해서는 항목별로 기존 투입 대비 6배에서 15배의 예산이 투입되어야 하는 것으로 추산하여 총 투입 비용을 계산하였음
- 시행대안과 비교대안에 대한 비용효과분석 결과, 동 사업을 통하여 외래생물을 관리하는 방안의 비용이 더 높게 나타나는 것으로 관찰되었음

<그림 14> 생물다양성위협외래생물관리기술개발사업 비용효과분석 결과

	동 사업 없이 외래생물을 관리하는 방안	동 사업 통해 외래생물을 관리하는 방안
비용 (현가)	1,703억 원 (894억 원)	2,209억 원 (1,548억 원)

(출처: 동사업 예타보고서)

- 본 사례는 현재 방식보다 더 높은 수준의 효과를 가지는 시행대안의 효과를 비 R&D방식으로 달성하는 데 드는 비용을 계산하여 이를 시행대안과 비교하는 방식으로 비용효과분석을 적용하였다는 것이 특징

2-5. Multi-Terminal 직류 송배전 시스템 개발사업

- 동 사업의 목표는 2020년 전압형 HVDC 시스템을 국산화하는 것으로 제시되었음
- 즉, 공공시스템 구축을 통한 공익증진이 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 기반조성형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨

- 기획부처는 HVDC 구축에 따른 정전회피, 발전비용 차액, 수입대체, 부가가치 창출 등의 여러 편익을 제시하였지만, 예타연구진은 동 사업의 직접적 목표와 수혜자를 고려할 때 모두 수용하기 어렵다고 판단하였음

<그림 15> Multi-Terminal직류송배전시스템개발사업 기획부처 제시 편익

편익항목		직간접적 영향	평가기법
부(-)의 가치 감소	수도권 환산망 안정성 확보 ⁴⁹⁾	수도권 환산망 보완대책으로 서 순환정전 피해비용 회피	순환정전회피
	기존 발전단지 인출선로 확보	대규모 단지 인출선로 확보로 안정성 확보	순환정전회피
	신규 발전단지 인출선로 확보 ⁵⁰⁾	송전망 건설지면에 따른 소비자 지불비용 절감	발전비용차이 (한계-기저)
	수입대체	국내기술 적용으로 해외기술 도입 회피 편익 (투자비/운용비(30년))	시장수요x수입단가
정(+)의 가치 증가	부가가치창출	국내 송전망확충에 참여로 부가가치 창출	시장수요접근법

(출처: 동사업 예타보고서)

- 구체적으로, 전압형 HVDC 외에도 국내 송전망 이슈를 해결할 수 있는 기술적 대안이 여럿 존재하므로 이를 인정하기 어려움 (전류형 HVDC, FACTS 등)
- 정전회피비용 및 발전비용 차액은 불확실성이 높거나 직접적 편익으로 보기 어려움
- 따라서, 예타연구진은 사업의 목표와 결과물의 수혜자를 고려하여, 시장수요 중심의 편익 추정 접근법이 아닌, 국가적 차원에서 국내 송전망 이슈를 해결한다는 효과 달성을 기준으로 비용효과분석을 수행하였음
- 효과 단위로는 국내 송전망 이슈의 해결이 설정되었으며, 구체적 비용효과분석 방법으로는 고정효과분석이 적용되었음

<그림 16> Multi-Terminal직류송배전시스템개발사업 비용효과분석 개요

구분	개념
분석방법	▪ 고정효과접근법 (동일한 효과를 가정한 기술적 대안간 비용 투입의 효율성을 비교하여 최적 대안을 도출함)
고정효과	▪ 수도권 환상망 신뢰성 제고 및 기존/신규 발전단지 전력 인입선로 확보등의 국내 송전망 이슈 해결 (단, 국가 핵심인프라의 운영을 고려하여 국내 자체 기술로 제한)
분석기간	▪ 일반적인 HVDC 시스템의 수명인 30년 적용

(출처: 동사업 예타보고서)

- 대안은 시행대안(전압형 HVDC)과 함께 타R&D 대안 2가지와 비R&D 대안 1가지가 고려되었음

<그림 17> Multi-Terminal직류송배전시스템개발사업 대안설정

이슈	해결책	기술적 대안			
		<1안> 전압형 HVDC	<2안> 전류형 HVDC	<3안> FACTS ⁵²⁾	<4안> AC 유지 (주민보상)
기존/신규 발전단지 전력 인입선로 확보	PTP ⁵³⁾ System 구축	가능	가능	불가능	가능
수도권 환상망 신뢰성 제고	BTB ⁵⁴⁾ System 구축	가능	가능	일부 가능	불가능
종합적 대안 가능성		적합	적합	부적합	부적합

(출처: 동사업 예타보고서)

- 고려된 대안들이 사업목표를 적절히 달성할 수 있는지, 즉 국내 송전망이슈 해결이라는 목표를 달성할 수 있는지를 분석한 결과, 1개 타R&D 대안과 비R&D 대안은 그 효과를 적절히 달성할 수 없는 것으로 판단되어 제외되었음
 - 즉, 시행 대안(전압형 HVDC)과 타R&D 대안 1개(전류형 HVDC)가 비용효과분석에 최종 고려되었음
 - 물론 전압형 HVDC와 전류형 HVDC는 그 세부적인 기술특성이 다르나 동 사업의 해결 이슈와 직접적 관련성이 낮은 세부 효과는 고려하지 않았음
- 전압형 HVDC와 전류형 HVDC의 세부 비용을 기존 문헌 등을 참고하여 추산한 결과는 다음과 같음

<그림 18> Multi-Terminal직류송배전시스템개발사업 비용효과분석 결과

(단위 : 억 원)

구분	컨버터 스테이션	무효전력 보상 및 AC 필터	용지비용	운영 및 유지보수	R&D	소계
전류형 HVDC (A)	8,230	2,839	20	229	-	11,318
전압형 HVDC (B)	9,464	-	-	306	1,345	11,115
전류형 - 전압형 (A - B)	△1,234	2,839	20	△76	△1,345	203

(출처: 동사업 예타보고서)

- 분석 결과, 시행대안인 전압형 HVDC의 비용이 더 큰 것으로 나타났음
- 본 사례는 예타연구진이 시행대안과 같은 효과를 도출할 수 있는 타 R&D대안을 도출하고, 고정효과접근법을 이용하여 두 대안을 비교하였다는 것이 특징

2-6. 국가 초고성능 컴퓨팅 인프라 선진화 사업

- 동 사업의 목표는 미래 수요에 대응하는 초고성능컴퓨팅 인프라 구축과 기술자립화를 통해 미래 창조산업 성장기반을 확충하는 것으로 제시되어 있음
- 즉, 공공시스템 구축을 통한 공익증진이 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 기반조성형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨
- 사업의 세부목표로는 1) 국가 리더십 슈퍼컴퓨터 구축과 2) 프로토타입 시스템 개발의 두 가지가 제시되었음
- 기획부처는 동 사업과 관련하여 총 6개의 편익 항목을 선정하여 비용편익분석을 수행한 내용을 제출하였음

〈그림 19〉 국가초고성능컴퓨팅인프라선진화사업 기획부처 제시 편익항목

구분		편익 개념	세부 내용
공통	편익 1	해외서비스 이용비용 절감편익	미구축 시, 해외 서비스를 이용해야 하므로, 기회비용 측면에서 해외 서비스 이용 비용만큼 절감되는 효과
리더십 도입	편익 2	유료 서비스 제공 국내 부가가치 창출 편익	유료(20%)로 이용시 서비스 공급자가 얻게 되는 부가가치 창출 효과
	편익 3	대체투자 비용절감 편익	미구축 시, 슈퍼컴사용이 필요한 기관에서 개별 구입할 때 소요되는 HW, SW, 운영 비용 측면에서 공동 활용 인프라 구축비용 대비 절감되는 효과
	편익 4	논문성과 증가 효용 편익	슈퍼컴 활용을 통해 논문 수와 IF가 증가되므로, 해당 증가분만큼 얻기 위해 투입해야할 연구비용이 절감되는 편익
	편익 5	산업 활용성과 증가 효용 편익	슈퍼컴 활용(유료)을 통해 연구개발이 사업화에 성공할 경우 발생하는 부가가치 창출 편익
프로토타입 개발	편익 6	구축비용 절감 편익	프로토타입 개발과 관련된 일부 기술 대상으로 6호기 자체개발 시 성공가능성이 높아짐으로 인해 발생하는 개발 비용의 절감효과

(출처: 동사업 예타보고서)

- 기획부처가 제시한 각 편익항목에 대한 검토 결과, 예타연구진은 제시된 편익항목들이 사업의 목표와 직접적 연관이 없거나, 비용편익분석에서 편익항목으로 설정할 수 없는 과학기술적성과이거나 각종 유발효과인 점에 근거하여 편익으로 보기 어려운 경우가 많다는 의견을 제시함

- 예타연구진은 해당 사업은 국가 리더십 슈퍼컴퓨터 구축과 프로토타입 시스템 개발의 2개 단위사업으로 구분되는 특성을 가지고 있어 각각에 최적화된 방법론을 적용하였음
 - 국가 리더십 슈퍼컴퓨터 구축의 경우 안정적인 서비스 이용이라는 측면에서 고정효과 중심의 비용효과분석을 수행
 - 프로토타입 시스템 개발의 경우 시스템 운영자 측면에서 프로토타입 개발을 통하여 저감되는 비용에 대한 비용편익분석을 수행
- 경제성 분석에 비용효과분석이 적용된 국가 리더십 슈퍼컴퓨터 구축의 경우 효과 단위로 기획부처가 예상한 슈퍼컴퓨터 계산 수요량인 18PFlops의 안정적 제공이 설정되었음
 - 해당 효과 달성을 위해 각 대안을 위해 투입되는 비용을 비교하는 고정효과접근법을 취하였음
- 대안 설정의 경우 동 사업을 포함하여 4개 대안이 고려되었으며, 이 중 효과 달성이 가능한 3개 대안에 대한 비용효과분석이 이루어졌음

<그림 20> 국가초고성능컴퓨팅인프라선진화사업 비용효과분석 대안 설정

구분	대안 개념	비고
대안 1	▪ 4호기 폐기 및 100% 해외 슈퍼컴 서비스 이용	▪ 가정한 18 PFlops 수요가 모두 해외 서비스를 이용하는 것으로 가정
대안 2	▪ 4호기 서비스 유지 및 그 외 부족한 계산 수요는 해외 서비스 이용	▪ 4호기 이론성능 0.36 PFlops, 실제성능 0.274 PFlops
대안 3 (동 사업)	▪ 노후된 4호기를 5호기로 구매 교체하여 슈퍼컴 서비스 제공	▪ 5호기 실측성능 18 PFlops 기준
대안 4 (불가능)	▪ 노후된 4호기를 자체개발한 5호기로 교체하여 슈퍼컴 서비스 제공	▪ 국내기술 수준, 개발경험 및 구축일정 등을 고려할 때 단기간 내 자체 개발 및 구축 준비가 불가능 ▪ 구축한다고 해도 서비스 안정성을 확보하기 어려움

(출처: 동사업 예타보고서)

- 대안 1과 2는 결국 슈퍼컴퓨터 계산 수요를 전량 혹은 일부 해외 서비스 활용을 통해 달성하는 대안으로, 비R&D 대안의 일종이라고 볼 수 있음

□ 각 대안의 비용 수준을 비교하기 위해서, 다음과 같은 비용 항목들이 고려되었음

<그림 21> 국가초고성능컴퓨팅인프라선진화사업 대안별 비용항목

구분	관련 비용
서비스 이용	해외 슈퍼컴 서비스 이용료
서비스 제공	슈퍼컴 HW/SW 구축
	슈퍼컴 기반시설(건물) 구축
	슈퍼컴 유지보수

(출처: 동사업 예타보고서)

○ 각 대안에 대하여 각 항목에 대한 비용이 기존 문헌 등을 통하여 추산되었음

□ 비용효과분석 결과, 시행대안인 대안3이 고정효과 달성에 가장 적은 비용이 드는 것으로 분석되었음

<그림 22> 국가초고성능컴퓨팅인프라선진화사업 비용효과분석 결과

(단위 : 억 원)

구분	개념	서비스 이용	서비스 제공			합 계	
			HW/SW 구축비용	건물 및 기반시설 구축비용	운영 및 유지보수 비용	명목 가치	현재 가치
대안1	4호기 폐기 및 100% 해외 슈퍼컴 서비스 이용	2,719	-	-	-	2,719	2,089
대안2	4호기 서비스 유지 및 해외 슈퍼컴 서비스 이용	2,677	45	-	690	3,412	2,590
대안3	5호기를 구매하여 슈퍼컴 서비스 제공	-	663	138	955	1,755	1,361

(출처: 동사업 예타보고서)

□ 해당 사례는 사업의 세부 목표에 따라 항목을 구분하여 비용효과분석과 비용편익분석을 상호보완적으로 활용한 사례라는 점에서 시사하는 바가 있음

2-7. 창의소재디스커버리사업

- 동 사업의 비전은 창의소재 확보를 통한 초일류 소재 강국 실현으로 제시되었으며, 목표로는 신시장 창출형 40대 창의소재기술 개발, 강소형 창조기업 250개 및 우수 일자리 4,100개 창출, 박사급 핵심브레인 500명 양성이 제시되었음
- 즉 과학기술적 성과가 사업의 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 도전혁신형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨
- 해당 사업에서 기획부처는 원천특허 획득에 따른 부가가치 창출 편익, R&D 투자에 따른 파급효과, 논문·특허·기술료 등에서의 효과 창출 효율성 등을 금전화된 가치로 제시하였으나, 과학기술지식(논문, 특허 등)이나 부가가치 유발효과 등은 비용편익분석 시 편익에 미반영하도록 되어 있어 예타연구진이 비용효과분석을 적용하였음
- 효과 단위로는 특허 및 논문 성과를 활용하였는데, 원천특허 포트폴리오 및 원천기술경쟁력 확보라는 사업 목표에 맞춰 특허의 경우 국내 및 해외 특허 등록의 두 그룹으로, 논문의 경우 SCI논문을 고려하였음
- 이러한 성과를 기존 국가연구개발사업 및 유사연구개발사업의 성과를 사업비 10억원 당 건수로 비교하였음 (비용효과비율접근법)
- 비교 대안으로는 기존 유사 R&D사업 9개가 설정되었음
 - 선도연구센터 육성사업
 - 이공분야 대학 중점연구소지원
 - 리더연구자지원
 - 나노소재기술 개발사업
 - 글로벌 프론티어사업
 - 21세기 프론티어사업
 - 미래유망 융합기술 파이오니어 사업
 - 부품소재산업 경쟁력향상
 - 산업소재원천기술개발
- 또한 예타연구진에서는 기획부처가 제시한 성과들을 전문가 자문 등을 통하여 현실화하는 작업을 수행하였음
- 구체적으로, 특허의 경우 국내 특허는 10억원당 1.9건 등록, 해외 특허는 10억원당 0.5건 등록을, SCI 논문의 경우 10억원당 12건의 논문을 목표로하는 것으로 변경

□ 분석 결과, 동 사업은 기존 사업 대비 특허 성과의 비용효과성은 우수하지만 논문 성과의 비용효과성은 떨어지는 것으로 나타났음

○ 구체적으로, 국내 및 해외 특허 건수의 경우 동 사업의 목표는 10억원당 국내특허 1.9건, 해외특허 0.5건인데, 비교 대안 타 R&D사업의 성과는 다음과 같았음

<그림 23> 창의소재디스커버리사업 특허 비용효과분석 결과

사업명	구분	2008	2009	2010	2011	2012	총계
선도연구센터 육성사업 (SRC/ERC)	국내(건)	2.56	2.08	1.77	2.91	0.53	2.03
	해외(건)	0.23	0.38	0.33	0.36	0.05	0.26
이공분야 대학 중점연구소지원	국내(건)	4.91	1.19	2.54	6.28	5.33	4.07
	해외(건)	9.66	0.31	0.15	0.68	0.75	2.24
리더연구자 지원 (국가과학자/ 창의연구)	국내(건)	1.15	1.16	1.02	1.55	1.44	1.28
	해외(건)	0.27	0.48	0.50	0.43	0.26	0.38
나노소재기술 개발사업	국내(건)	1.72	1.07	1.82	1.92	1.27	1.56
	해외(건)	0.00	0.27	0.11	0.23	0.15	0.17
글로벌프론티어 사업	국내(건)			0.00	0.10	0.37	0.23
	해외(건)			0.00	0.00	0.11	0.06
21세기 프론티어 사업	국내(건)	2.64	1.20	1.90	3.07	3.21	2.13
	해외(건)	0.38	0.00	0.00	0.74	0.80	0.25
미래유망 융합기 술 파ioni어 사업	국내(건)	0.32	7.50	1.25	2.24	3.16	2.29
	해외(건)	0.00	0.83	0.31	0.33	0.22	0.26
부품소재산업 경쟁력향상 (2013년:소재부품기 술개발사업)	국내(건)	0.93	0.57	0.31	0.40	0.82	0.59
	해외(건)	0.08	0.05	0.03	0.02	0.05	0.04
산업소재원천 기술개발 (2013년:산업융합 원천기술개발사업)	국내(건)		0.19	0.34	0.61	1.13	0.53
	해외(건)		0.01	0.05	0.00	0.02	0.02

(출처: 동사업 예타보고서)

○ 동 사업의 비용효과성이 비교 대안 대비 우수한 경우도 있고 그렇지 못한 경우도 있음

- 반면 SCI 논문 건수의 경우 동 사업의 목표는 10억원당 12건인데, 비교 대안 타 R&D사업의 성과는 다음과 같았음

<그림 24> 창의소재디스커버리사업 SCI논문 비용효과분석 결과

사업명	구분	2008	2009	2010	2011	2012	총계
선도연구센터 육성사업 (SRC/ERC)	SCI 논문	27.52	39.89	31.98	31.57	26.70	30.98
이공분야 대학중점연구소지원	SCI 논문	30.72	33.05	32.96	50.26	43.57	38.18
리더연구자 지원(국가 과학자/창의연구)	SCI 논문	10.43	11.72	9.10	10.15	9.30	10.01
나노소재기술개발사업	SCI 논문	23.94	21.80	17.16	13.31	12.01	16.11
글로벌프론티어사업	SCI 논문			0.20	2.21	7.48	4.72
21세기 프론티어 사업	SCI 논문	9.98	7.87	8.69	11.30	20.05	9.68
미래유망 융합기술 파이오니어 사업	SCI 논문	2.70	72.50	13.75	14.43	10.40	12.68
부품소재산업경쟁력향상 (2013년소재부품기술개발 사업)	SCI 논문	0.49	0.90	0.90	0.74	0.84	0.78
산업소재원천기술개발 (2013년:산업융합원천기술개발사업)	SCI 논문		0.57	0.73	0.88	0.87	0.75

(출처: 동사업 예타보고서)

- 동 사업의 비용효과성이 비교 대안 대비 우수한 경우도 있고 그렇지 못한 경우도 있음
- 본 사례는 비용효과분석을 적용함에 있어 국내특허, 해외특허, SCI논문 등 다양한 효과 단위를 설정하였고, 상당히 많은 비교 대안을 설정하였는데, 효과 단위 및 비교 대안에 따라 다른 결론이 도출되었음

2-8. 국립축산과학원 가축유전자원시험장 이전사업

- 동 사업의 목표는 구제역, AI 등 해외 악성 질병에 대비하여 국가 주요 자산인 가축유전자원의 안전한 보존을 위하여 가축유전자원시험장을 이전하는 것으로 제시되어 있음
- 즉, 공공시설 구축을 통한 공익증진이 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 기반조성형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨
- 설정된 효과 단위는 가축전염병 방역 기능 확보이며, 해당 효과를 고정효과로 하여 고정효과접근법이 활용되었음

□ 대안으로는 기획부처에서 제시한 현재 남원에 있는 시험장을 함양으로 이전하는 대안(시행대안)과 현재의 남원 시험장에 방역 라인을 확보하는 대안(비교대안)이 비교되었음

○ 구체적으로, 남원 시험장 방역라인 구축 대안은 재조정 수준에 따라 3개의 안이 고려되었으며, 각 대안의 비용은 토지 수용비, 도로 이전비 등을 고려하여 다음과 같이 추정되었음

<그림 25> 국립축산과학원가축유전자원시험장이전사업 비교대안 비용추정 결과

	기존 건물 유지 (1안)	일부 재조정 (2안)	전면 재조정 (3안)
토지 수용비	149	130	332
도로 이전비	536	240	360
주요 시설물 이전비	229	229	229
농가 이전비	100	100	100
시설 증축 신축 비용	115	227	227
합계	1,129	926	1,247

(출처: 동사업 예타보고서)

○ 함양 이전 대안의 경우 완전히 새로운 시설을 구축하는 대안이므로, 건축공사 비용, 기관 이사 비용 등이 고려되었으며, 남원 시험장 토지매각비용 및 방역비용 절감액 역시 고려되었음

<그림 26> 국립축산과학원가축유전자원시험장이전사업 시행대안 비용추정 결과

구분	비용(억 원)	구분	비용(억 원)
건축공사 비용	984	도로, 수도, 전기 비용 (함양군 제공)	50
기관 이사비용	3	건물 철거비용	4
남원 시험장 토지매각비용	-197	방역비용 절감액	-33
합계		810억 원	

(출처: 동사업 예타보고서)

□ 비용효과 분석 결과, 시행대안의 비용효과성이 가장 우수한 것으로 나타났음

- 각 대안이 가져오는 효과는 엄밀하게 말하면 다른데, 함양 이전(시행대안)이 효과도 가장 클 뿐 아니라 비용도 가장 적게 나타났음

<그림 27> 국립축산과학원가축유전자원시험장이전사업 비용효과분석 결과

비교 항목 \ 방안	현 시험장 확대			함양 이전
	건물 유지	일부 재구성	전면 재구성	
외부와의 방역라인 확보	O	O	O	O
사육시설간 방역라인 확보	X	X	O	O
등고차에 의한 자연 방역	X	X	X	O
비용 (현가)	1,129억 원 (959억 원)	926억 원 (775억 원)	1,247억 원 (1,035억 원)	810억 원 (667억 원)

(출처: 동사업 예타보고서)

□ 본 사례는 공공 연구개발시설의 이전이라는 특수한 사례에 대하여 비용효과분석을 도입하여 문제를 해결하였다는 점에서 의의가 있음

2-9. 정지궤도기상위성지상국 개발사업

□ 동 사업의 목표는 천리안 후속위성의 다채널, 고해상도, 고용량 관측자료를 연속적으로 수신, 처리, 분석, 저장하고 이를 서비스할 수 있는 지상국 시스템 개발을 통해 기상예보의 정확도 향상 및 독자적인 기상위성 운영의 기틀을 마련하는 것으로 제시되어 있음

- 즉, 공공시설 구축을 통한 공익증진이 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 기반조성형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨

□ 예타연구진은 동 사업이 객관적으로 화폐가치화 가능한 편익추정이 불가능하기 때문에 화폐가치로 환산하기 이전의 효과를 추정하였다고 제시함

- 천리안 후속위성의 성격을 생각할 때, 거래되는 시장이나 대리시장이 존재하지 않고, 진술선택접근법을 사용할 경우 객관성이 결여된 결과의 도출 우려가 높음

□ 효과 단위는 30일간 유용 Data 수준이 설정되었음

- 대안간 비교 방식으로는 단위비용당 30일간 유용 Data 수준을 비교하는 비용효과비율 접근법이 활용되었음

□ 비교 대안은 기획부처 원안과 예타연구진 검토안이 설정되었음

○ 예타연구진 검토안은 타 통신기술을 활용한 위성으로, 일종의 타R&D 대안으로 볼 수 있음

<그림 28> 정지궤도기상위성지상국개발사업 대안 구성

통신		원안	검토안
		Ka-band	X-band
지상국 구성	동 사업 범위	사이트 이원화(진천/기타) 시스템 삼중화(진천/기타)	사이트 일원화(진천) 시스템 이중화(진천)
	동 사업 이외	KARI 강우시 백업 우려	KARI 강우시 백업가능
추정 availability		99.998281%	99.9490768%
30일간 유용 Data(GB)		22369.4	22358.4

(출처: 동사업 예타보고서)

□ 동 사업의 경제성분석 결과는 다음과 같음

○ 원안과 검토안의 단위비용당 30일간 유용 Data 수준이 비교되었음

<그림 29> 정지궤도기상위성지상국개발사업 비용효과분석 결과

	원안	검토안
30일간 유용 Data(GB)	22369.4	22358.4
추정 총비용(억 원)	2,710	1,907
E/C (GB/월 · 억 원)	8.3	11.7

(출처: 동사업 예타보고서)

○ 분석 결과, 원안 대비 검토안의 비용효과성이 더 높은 것으로 나타났음

□ 본 사례는 공공인프라적 성격을 가진 사업에도 유용 가능 Data라는 계량가능한 단일 효과를 적절히 선정하여 비용효과분석을 수행하였다는 부분에서 의의가 있음

2-10. 온라인 전기자동차기반 수송시스템 혁신 사업

□ 동 사업의 목표는 주행 중 급전 및 충전이 가능한 온라인전기자동차 모델 중 전기버스의 상용화를 통해 친환경 대중교통혁신을 구현하는 것으로 제시되어 있음

○ 즉 과학기술적 성과가 사업의 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 도전혁신형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨

□ 구체적으로, 국내 운행되는 버스 중 일부를 전기차로 교체하는 효과 달성을 위하여 일반 충전식 전기차(PEV, plug-in electric vehicle)가 아닌 온라인 전기차(OLEV, on-line electric vehicle)를 도입하는 대안에 대한 예비타당성조사

- 해당 사업은 2010년 당시 기준 상용제품에 필요한 핵심기술의 구조 및 성능이 낮아 연구 개발을 통한 기술과 비용의 불확실성이 높은 사업이었음
 - 새롭게 분류된 도전혁신형 사업의 성격을 고려할 때, 해당 사업은 현재 R&D 분류에 따르면 도전혁신형 사업으로 분류될 가능성이 높음
- 효과 단위는 전기자동차기반 수송시스템 혁신으로 설정되었음
 - 구체적으로는 기존 버스를 대체할 전기버스 도입이라는 효과가 고려됨
 - 대안간 비교에는 고정된 효과를 달성하는 데 들어가는 비용을 비교하는 고정효과접근법이 활용됨
- 설정된 대안은 수송시스템 혁신을 위한 OLEV 버스 도입 대안과(시행대안) PEV 버스 도입 대안(비교대안)이었음
- 기본 시나리오에 대하여, 비용효과분석 결과는 다음과 같이 나타났음

<그림 30> 온라인전기자동차기반수송시스템혁신사업 기본시나리오 비용효과분석 결과

구분		비용 ('38년까지 '08년 기준 현가, 할인율: 5.5%, 단위: 억원)			
		OLEV		PEV	
버스 제작	버스 제작 (기본차량 제외)	1,801	▪ 23,942 대 기준 ▪ 배터리 25 kWh ▪ 집전장치 0.1억원/대	3,540	▪ 23,942 대 기준 ▪ 배터리 100 kWh
	배터리 교체	1,130	▪ 버스 수명 9년 ▪ 배터리 수명 3년 ▪ 배터리 25 kWh	4,522	▪ 버스 수명 9년 ▪ 배터리 수명 3년 ▪ 배터리 100 kWh
인프라 구축		4,262	▪ 2,110 line.km (25 km/h 기준) ▪ 2.86 억원/km	369	▪ 359 개 노선 ▪ 충전기: 8 개/노선 ▪ 0.187 억원/개
유지보수		3,564	▪ 도로: 0.148 억원/km ▪ 인버터: 연간 8% ▪ 운영시스템: 연간 13%	380	▪ 하드웨어 연간 8% 유지보수율
합계		10,757		8,811	▪ 1,946 억원 절감

(출처: 동사업 예타보고서)

- 해당 사업에 대한 예비타당성조사에서는 기본 시나리오 외에도 다양한 기술적 시나리오에 대한 분석을 통하여 민감도 분석을 수행하였음
 - OLEV 배터리 수명이 증가하는 경우
 - PEV 배터리 용량이 증가하는 경우
 - 전기버스(OLEV 및 PEV) 점유율이 감소하는 경우
 - OLEV 급전도로 비중이 증가하는 경우

- OLEV 급전도로 구축 단가가 증가하는 경우
- 위 시나리오를 조합한 OLEV 및 PEV 최선 시나리오
- 분석 결과, OLEV에게 유리한 시나리오 일부에 대해서만 시행대안(OLEV 버스 도입)의 경제성이 더 높게 나타났음

〈그림 31〉 온라인전기자동차기반수송시스템혁신사업 시나리오별 비용효과분석 결과

시나리오	시나리오 설명	비용 (단위: 억원)			
		OLEV	PEV	효율적 대안	절감액
기준	기본 가정 및 기술 특성 고려	10,757	8,811	PEV	1,946
1	OLEV 배터리 수명 증가 (3년 → 5년)	10,155	8,811	PEV	1,344
2	PEV 배터리 용량 증가 (100 kWh → 125 kWh)	10,757	10,826	OLEV	69
3	OLEV 버스 BEST Case [시나리오 1 & 2]	10,115	10,826	OLEV	671
4	OLEV 및 PEV 버스 점유율 감소 (100% → 50%)	9,291	4,780	PEV	4,511
5	OLEV 급전도로 비중 증가 (2,110 line·km → 2,604 line·km)	12,428	8,811	PEV	3,617
6	OLEV 급전도로 구축 단가 증가 (2.86억원 → 3.06억원)	11,056	8,811	PEV	2,245
7	PEV 버스 BEST Case [시나리오 4 & 5 & 6]	11,330	4,780	PEV	6,550
8	PEV와 OLEV에 고려된 모든 가정 적용 [시나리오 3 & 7]	11,029	5,787	PEV	5,242

(출처: 동사업 예타보고서)

- 또한, 사업 수행시의 다양한 기술파급효과는 정량분석에 포함하지는 않았지만 정성적 관점에서 상세히 언급하였음
- 타 분야(휴대기기, 가전기기, 철도, 로봇 분야 등)로의 기술 파급을 통한 간접적 효용을 명시
- 해당 사례는 영향력과 파급효과는 크지만 실패확률 및 불확실성이 높은 R&D에 대하여 논문이나 특허 등의 효과지표를 기반으로 한 비용효과비용접근법을 사용하지 않고 특정

정책목표 달성을 기반으로 한 고정효과접근법을 통하여 비용효과분석을 수행하였다는 점이 특징적

2-11. 패러다임 전환형 미래소재 기술개발사업

- 동 사업의 목표는 기존사업에서 미래 이머징 산업으로 패러다임을 전환시킬 수 있는 미래소재의 원천기술 개발 및 확보로 제시됨
- 즉 과학기술적 성과가 사업의 핵심 목표로, 최근 개정된 R&D 사업분류 방식에 따르면 도전혁신형 과제에 속할 가능성이 높다고 판단됨
- 기획부처에서는 사업 시행으로 인해 발생할 것으로 기대되는 정량적 편익 항목을 설정하고 비용편익분석을 수행함

<그림 32> 패러다임전환형미래소재기술개발사업 기획부처제시 비용편익분석 결과

(단위: 억원)

구분	비용(현재가치)	편익(현재가치)	B/C Ratio
B/C 분석결과	2,560	11,207	4.38

(출처: 동사업 예타보고서)

- 그러나 예타연구진은 기획부처가 제시한 편익 추정방식에 불확실성이 크고, 많은 수치가정이 낙관적인 것으로 판단하였음
- 예타연구진은 와해성 원천기술개발을 목표로 하는 동 사업의 특징을 고려하여 비용효과분석을 적용하는 것이 적절하다고 판단하였음
- 효과단위로는 과학기술적 성과를 대표할 수 있는 특허 및 논문 자료가 활용되었음
 - 또한, 과학기술적 효과를 정량적으로 분석하는 과정에서 고려되지 못하는 다양한 효과에 대해서는 정성적인 분석 결과를 제시하였음
- 대안으로는 2008년 기준 교육과학기술부 주요 R&D사업들이 고려되었음
 - 국가 전체
 - 주요 R&D사업
 - 기초원천사업
 - 재료부문사업 및 기타우수사업

□ 국내외 특허 및 SCI 논문 성과에 대하여 비용효과분석을 적용한 결과는 다음과 같음

○ 국내외 특허에 대하여 비용효과분석을 수행한 결과는 다음과 같음

<그림 33> 패러다임전환형미래소재기술개발사업 특허 비용효과분석 결과

(단위: 억원, 건)

구 분		연구비 10억원 당 특허등록		
		국내	해외	합계
국가전체		1.77		
교과부	주요 R&D사업			1.21
				(0.70)
	기초·원천사업		0.11	2.02
			(0.07)	(1.25)
	재료 부문			3.49
				(2.14)
	21세기 프론티어사업		0.18	1.52
	나노소재 기술개발사업단		0.14	1.11
	국가지정연구실사업 (NRL)		0.31	4.49
	창의적연구진흥사업		0.53	2.38
동 사업	우수연구센터(ERC)		0.36	4.42
	국가핵심연구센터 (NCRC)		0.15	3.11
	동 사업		0.57	1.21

(출처: 동사업 예타보고서)

○ SCI논문에 대하여 비용효과분석을 수행한 결과는 다음과 같음

<그림 34> 패러다임전환형미래소재기술개발사업 논문 비용효과분석 결과

(단위: 건)

구 분	연구비 10억원 당 논문 실적				
	NSC	주요저널	IF 5이상	SCI	비SCI
국가지정연구실(NRL)	0.02	1.23	3.59	26.34	5.92
창의적연구진흥	0.03	2.70	5.10	17.30	1.53
우수연구센터(ERC)	0.00	3.19	7.64	43.66	7.46
국가핵심연구센터(NCRC)	0.07	3.41	6.30	34.89	5.85
동 사업			0.48	2.92	0.99

(출처: 동사업 예타보고서)

○ 동 사업은 특허이던 SCI논문이건 전반적으로 성과가 유사 사업 대비 떨어지는 것으로 나타났음

제 3 절 해외 비용효과분석 적용 사례

본 과제에서는 해외에서 국가 R&D사업의 경제성분석에 비용효과분석을 적용한 사례 관련 상세 문헌을 탐구하고자 노력하였으나, 구체적으로 예비타당성조사라는 특정 목적에 활용된 사례를 찾지는 못하였다. 다만, 해외 사례들은 주로 특정 효과 달성을 위한 다양한 대안을 설정하고 각 대안의 비용 및 효과 추정을 통하여 대안 간 우선순위를 정하는 데 초점이 맞춰져 있었다. 즉, 시행대안과 비교대안의 구분이 나타나지 않았다. 분야적으로는 국방, 환경, 교육, 안전, 보건 분야와 같이 사업 시행으로 인한 주요 효과의 금전화가 어려운 분야에서 비용효과분석 적용 사례를 탐색할 수 있었다.

<표 10> 해외 비용효과분석 적용사례 및 관련 문헌

분야	정보	문헌 제목
경영	Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd. (1988)	An Empirical View of a Managerial Evaluations of Overall R&D Cost-Effectiveness
군사	Naval Postgraduate School (1993)	A User's Manual for the Cost Effectiveness Analysis Spreadsheet Model for Aircraft Engines
환경	U.S. Environmental Protection Agency (1993)	A Guide for Cost-Effectiveness and Cost-Benefit Analysis of State and Local Ground Water Protection Programs
환경	U.S. Army Corps of Engineers (1994)	Cost Effectiveness for Environmental Planning: Nine Easy steps
보건	Maternal and Child Health Interorganizational Nutrition Group (1996)	The Practitioner's Guide to Cost-Effectiveness Analysis of Nutrition Interventions
보건	Murray et al. (2000)	Development of WHO Guidelines on Generalized Cost-Effectiveness Analysis
보건	Walker (2001)	Cost and Cost-Effectiveness Guidelines: Which Ones to Use?
보건	Hutubessy et al. (2003)	Generalized Cost-Effectiveness Analysis for National-Level Priority-Setting in the Health Sector
보건	World Health Organization (2003)	WHO Guide to Cost-Effectiveness Analysis

보건	Torgerson(2009)	Cost-Effectiveness Analysis and Health Policy
군사	Greer (2010)	An application of cost-effectiveness analysis in a major defense acquisition program: The decision by the US Department of Defense to retain the C-17 transport aircraft.
교육/보건	Inter-American Development Bank (2011)	Cost-Effectiveness Analysis of Education and Health Interventions in Developing Countries
교육	Abdul Latif JameelPoverty Action Lab (2012)	Comparative Cost-Effectiveness Analysis to Inform Policy in Developing Countries
경영	Malley et al. (2013)	Cost-Effectiveness Analyses of Training: a manager's guide
보건	Campbell et al. (2013)	The "E" in Cost-Effectiveness Analyses
보건	Xu et al. (2013)	A cost-effectiveness analysis of the first federally funded antismoking campaign
환경	Silva-Send et al. (2013)	Cost effectiveness comparison of certain transportation measures to mitigate greenhouse gas emissions in San Diego County, California
환경	Bishop et al. (2014)	Cost-effectiveness of alternative powertrains for reduced energy use and CO2 emissions in passenger vehicles
에너지	Cerda and del Rio (2015)	Different interpretations of the cost-effectiveness of renewable electricity support: Some analytical results
교통	Ecola et al. (2015)	Using Cost-Effectiveness Analysis to Prioritize Spending on Traffic Safety
에너지	Yurtsev and Jenkins (2016)	Cost-effectiveness analysis of alternative water heater systems operating with unreliable water supplies

본 절에서는 해외 사례 중 정책적 성격이 짙은 몇 가지 주요 사례들에 대한 심층 검토를 통하여 관련 함의를 도출해내고자 한다. 우선 군사 분야의 경우, 미국 Institute for Defense Analyses에서는 증가하는 군사용 수송 물량 대응을 위한 추가 수송기 확보 방식을 결정함에 있

어 비용효과분석을 수행한 사례가 관찰되었다 (Greer, 2010). 해당 보고서에서는 30일 기준 수송 가능한 물량을 효과 단위로 지정하였고, 25년 누적 비용을 비용으로 지정하였으며, 이를 기준으로 기존 수송기 추가 제조, 신규 수송기 R&D, 상업용 수송기 구매 및 개량과 같은 대안들은 비교하였다. 대안간 비교에는 기본적으로는 비용효과비율접근법이 활용되었다.

〈그림 35〉 비용효과분석 시각화 사례

(출처: Greer, 2010)

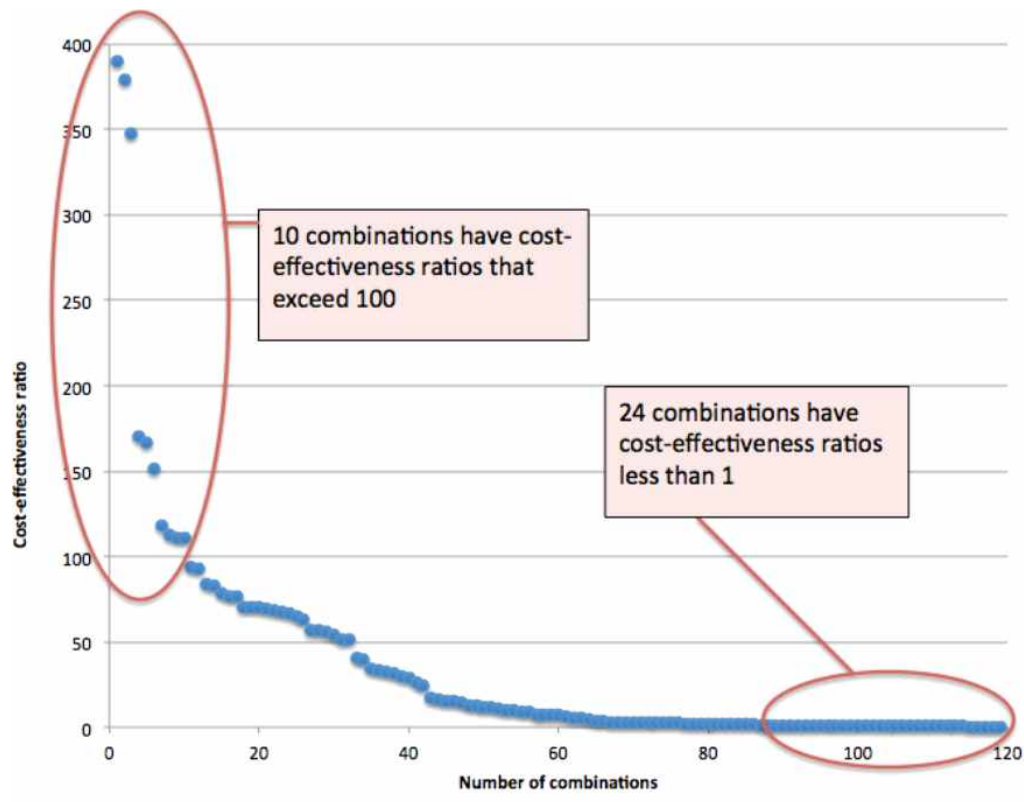
다음으로, 정책 분야의 경우, Ecola et al. (2015)의 보고서에서 교통 부문 사망 및 부상 사고 방지 정책의 우선순위를 정하기 위하여 비용효과분석을 적용한 사례가 있었다. 구체적으로, 14개의 다양한 정책 수단 각각에 대하여 비용효과분석을 수행하여, 예산 분배의 우선순위를 결정하고자 하였다. 해당 사례에서는 비용효과비율 접근법이 활용되었다. 구체적으로, 비용은 각 정책 대안 수행을 위하여 들어가는 비용으로, 효과는 생명을 구하거나 부상을 방지하는 효과가 고려되었다. 그런데, 해당 연구에서는 결국 사망 방지와 부상 방지라는 비슷하지만 서로 다른 두 효과의 합산을 위하여 최종적으로는 각 효과의 가치를 금전화하여 최종적인 비용효과비율을 계산하였다.

해당 연구는 단일 효과가 아닌 다중 효과가 고려되어야 하는 경우 비용효과분석의 한계점을 잘 보여준다고 할 수 있다. 비용효과분석에서 다양한 효과가 존재할 경우 다양한 효과를 단일 지표로 나타내기 위하여 효과항목별로 어떠한 가중치를 설정하여야 하며, 이러한 가중치를 설정하는 방법으로는 여러 방식이 있을 수 있겠지만 결국에는 각 효과를 금전화하는 방식이 가장 합리적이라고 할 수 있다.

Ecola et al. (2015)의 보고서에서 수행한 분석은 정책결정 지원을 위한 분석이었다. 즉, 어떠한 정책 대안이 어떠한 정책 대안보다 더 좋거나 나쁘다는 것을 단일 지표를 활용하여 표현할 필요가 있다. 예를 들어, A 대안이 생명을 가장 많이 구하지만 B 대안이 부상은 가장 많이 방지한다는 식의 결론은 정책 의사결정에 시사하는 바가 제한적이다. 이 경우, 사망 방지와 부상 방지에 금전화된 가치를 부여하여 단일 지표화하여 어떠한 특정 대안들이 가장 우수하다는 결론을 지어주는 것이 필요하다.

해당연구에서는 여러 개의 대안(정책 조합)들이 어떠한 비용효과비율을 가지는지에 대한 성능 비교를 통하여 상위 대안들을 식별하였고, 정책을 효과적으로 조합하는 것이 얼마나 높은 효과 개선을 가져오는지를 명시적으로 보여주었다.

<그림 36> 비용효과분석 우선순위 도출 사례



(출처: Ecola et al., 2015)

기술 분야의 경우, Endo and Tamura (2003)에서 태양광 셀의 R&D 관련하여 비용효과 분석을 수행한 바 있다. 구체적으로, 태양광 셀 R&D 관련 두 가지 대안 (mc-Si & a-Si)에 대하여 비용효과분석을 수행하였고, 현 R&D계획과 비용효과분석의 결과가 일관되는지 관찰하였다. 즉, 해당 분석은 R&D 계획이 비용효과분석 결과 타당한지를 평가하기 위해 이루어졌다고 할 수 있다.

해당 연구에서 고려한 효과 단위는 발전효율 증가와 순비용 감소 %의 두 가지 항목이었고, 비용은 R&D 투입 금액이었다. 대안간 비교 방식은 단위 R&D 비용 투입 당 성능 효과 개선을 비교하는 비용효과비율 접근법을 활용하였다. 특히 해당 연구에서는 기술 발전 속도 등을 고려하여 기간을 나누어 분석하였는데, a-Si 기술의 경우 1996년 전이나 후나 비용효과가 유사한 수준으로 나타나므로 R&D 정책의 투입이나 목표가 평이한 수준으로 결정되어야 한다고 하였으며, mc-Si 기술의 경우 1996년 이후 비용효과가 폭발적으로 증가하므로 R&D 계획 수립에 이에 대한 고려가 필요함을 주장하였다. 해당 연구는 비용효과분석 관련하여 시간적 요인을 고려하였다는 점에서 의미가 있다.

연구과제에서 살펴본 해외 사례 중, 단일효과를 고려한 대표적 연구와 복수효과를 고려한 대표적 연구인 Greer (2010)과 Ecola et al. (2015)의 비용효과분석 적용 개요를 표로 나타내어 정리하면 다음과 같다.

<표 11> 해외 대표사례 비용효과분석 상세 (단일 및 복수효과)

구분	Greer (2010)	Ecola et al. (2015)
분야	군사	교통 안전
목적	증가하는 군사용 수송 물량 대응을 위한 추가 수송기 확보 방식 결정	교통부문 사망 및 부상 사고 방지 정책 우선순위 설정
효과 단위	30일 기준 수송가능물량	1) 방지된 사망자 수 2) 방지된 부상자 수
대안	기존 수송기 추가 제조 , 신규 수송기 R&D, 상업용 수송기 구매 & 개량 등	운전자 알코올 감지 시 시동 방지, 노령 운전자 운전면허 갱신 기준 강화, 안전벨트 규제 강화, 자동 과속카메라추가 설치, 자동 빨간불시스템 도입, 자전거 헬멧 규제 등
대안 비교 방식	투입 비용 대비 수송 가능 물량의 비율 비교	사망자방지와 부상자 방지의 가치를 금전화하여단일지표화하여 비교

마지막으로, 나머지 주요 최신 해외적용사례에 해 대안 설정과 비교 방식과 관련하여 구체적인 내용을 표로 정리하여 나타내면 다음과 같다. 앞에서 언급하였듯이, 일부 사례를 제외하고는 시행대안과 비교대안이 따로 구분되지는 않았으며, 대체로 어떠한 효과를 달성하기 위한 여러 대안을 놓고 비용효과분석을 수행하여 우선순위를 정하는 내용의 연구가 행해졌다.

<표 12> 해외 대표사례 주요 내용 요약

문헌	국가	시행 대안	비교 대안	비교 방식
Endo and Tamura (2003)	일본	두 가지 태양광 기술 대안 (mc-Si, a-Si)		비용효과비율 (비용대비 효율개선 비용대비 순비용감소)
Xu et al. (2013)	미국	대중매체 기반 금연 정책	타 금연 정책	비용효과비율 (cost/QALY)
Silva-Send et al. (2013)	미국	도로교통부문 7개 온실가스 저감 정책		비용효과비율 (cost/MTCO ₂ e)
Yurtsev and Jenkins (2016)	미국	태양광 기반 온수기	LPG 온수기	비용효과비율 (TL/kWh)
Cerda and del Rio (2015)	유럽	다양한 재생에너지 기술에 대한 보조 정책		비용효과비율 (cost/MWh)
Bishop et al. (2014)	영국	다양한 구동방식의 차량 대안		비용효과비율 (cost/tCO ₂ e)
Dhaliwal et al. (2013)	개도국	다양한 교육 정책		비용효과비율 (cost/학업성취)

제 4 장 R&D 예비타당성조사에의 비용효과분석 방법론 적용

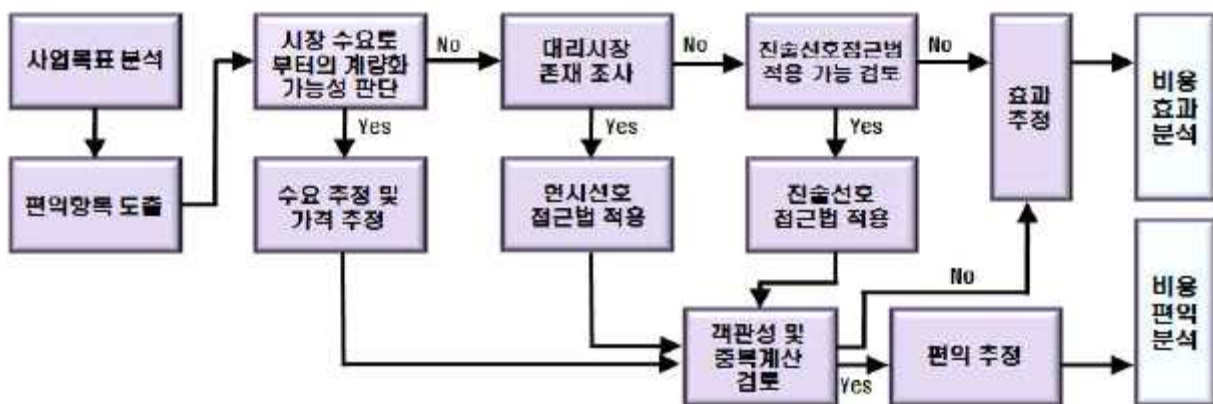
제 1 절 R&D 예비타당성조사의 비용효과분석 적용 지침 검토

본 과제의 핵심 목표는 R&D 예비타당성조사에서 비용효과분석을 활용함에 있어 이론적 근거를 마련하고 이와 관련한 실무적 가이드라인을 마련하는 것이다. 비용효과분석 적용과 관련한 제언을 수행하기 위해서는 우선 현재 R&D 사업의 예비타당성조사에서 비용효과분석의 적용 지침이 어떠한 방식으로 수립되어있는지를 확인할 필요가 있다. 구체적으로, 본 절에서는 1) 예비타당성조사의 경제성분석 방법론 선택 지침이 어떻게 설정되어 있는지와 2) 도전혁신형 사업의 예비타당성조사의 경제성분석 적용 관련 세부지침이 어떻게 마련되어 있는지를 살펴보고자 한다.

1. R&D 사업의 경제성분석 방법론 선택

R&D 사업은 주로 명백한 특정 목적을 가진 시설 건설과 관련된 SOC 사업에 비해 사업 목표가 복잡할 뿐 아니라 사업 시행으로 인한 편익 발생 과정에 다양한 불확실성이 존재한다. 따라서, R&D 사업은 SOC 사업에 비해 경제성 분석 방법을 정형화하기 어려운 측면이 있다. 이에 따라 R&D 사업의 경제성분석에 있어서는 개별 사업의 목표를 고려한 적절한 편익항목의 도출뿐 아니라 도출된 항목의 계량화 및 금전화 가능성을 고려한 올바른 경제성분석 방법론 선택이 매우 중요하다고 할 수 있다. 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(KISTEP, 2014)에 나타난 경제성분석 방법론 선택 과정 개략도는 <그림 X>와 같다. 이에 따르면 예비타당성조사 연구진은 사업목표 분석을 통해 도출된 편익항목들의 계량화 가능성, 대리시장의 존재, 진술선호접근법의 적용 가능성과 같은 요인들을 고려하여 비용효과분석과 비용편익분석 중 최선의 방법을 선택하여야 한다.

<그림 37> 연구개발부문 예비타당성조사의 경제적 타당성 분석 과정 개략도



(출처: KISTEP, 2014)

위 그림에 나타난 개략도에 따르면 비용효과분석을 선택하게 되는 경우는 도출된 편익 항목이 1) 시장 수요로부터 계량화가 불가능하고, 2) 대리시장도 존재하지 않으며, 3) 진술선호 접근법도 적용이 불가능한 경우이다. 이를 조금 더 단순하게 표현하면, 어떠한 방법으로도 금전화가 가능하다면 비용편익분석을, 아니라면 비용효과분석을 선택하는 방식으로 개략도가 짜여있다. 이는 비용편익분석과 비용효과분석의 핵심적인 차이가 편익항목의 금전화라는 측면에서 보면 타당한 접근법일 수 있다. 그러나 비용편익분석과 비용효과분석의 차이는 단순히 금전화 가능성 여부에 그치는 것이 아니기 때문에 이러한 방식에는 개선이 필요하다. 개선 방안에서는 본 장의 다음 절에서 다루고자 한다.

2. 도전혁신형 연구개발사업 비용효과분석 적용 관련 지침

다음으로, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(KISTEP, 2020)에서는 새로운 R&D 사업 분류 중 도전혁신형 연구개발사업에 대하여 비용효과분석을 우선적으로 고려하는 것 관련하여 세부지침을 다음과 같이 제시하고 있다.

도전혁신형 연구개발사업 비용효과분석 적용 지침

4. 국가연구개발사업의 효과 추정방안: 도전·혁신형 연구개발사업

과학기술투자의 편익 측정에 어려움을 주는 요소는 OECD(2007) 등 다양한 문헌을 통하여 논의된 바 있다. 이 중 과학기술투자의 가치를 화폐가치로 환산하는 어려움을 완화하고자 도전·혁신형 연구개발사업에 대해서는 비용효과분석을 우선적으로 고려하도록 운용지침 및 수행 세부지침이 개정(‘20.1.)되었다. ‘4. 국가연구개발사업의 효과 추정방안’에는 이러한 제도개선을 지원하기 위해 현재까지 고려할 수 있는 방법을 수록하였으며, 구체적인 방법론은 향후 다양한 정책연구를 통해 구체화하는 것이 필요하다. 그러므로 이하 내용은 도전·혁신형 연구개발사업으로 구분된 경우에 한하여 예외적으로 적용하고, 다른 유형에 대해서는 본 세부지침에서 제공하는 ‘편익 추정방법론’의 일반 원칙을 준수하여야 한다.

가. 효과추정을 위한 주요 쟁점

예비타당성조사에서 효과를 추정하는 과정에서 공통적으로 제기될 수 있는 쟁점사항은 ① Do nothing 대안과의 비교, ② 복수의 사업 효과를 의사결정에 반영하는 방식, ③ 효과추정에 있어서 연구진의 역할이다.

R&D부문 예비타당성조사에서 편익 추정의 기준선 분석은 대상사업이 시행되지 않을 경우(Do nothing)와 시행할 경우(Do something)로 구분하여, 시행 대안의 우열(優劣)을 검토하는 것을 원칙으로 하고 있다. 비용편익분석을 수행할 때에는 기회비용의 관점에서 비용과 편익을 평가하고 비용과 편익이 동일한 단위를 사용하기 때문에 Do nothing 대안을 별도로 특정하지 않더라도 총비용을 기준으로 시행 대안의 우열을 평가

할 수 있다. 하지만 비용효과 분석에서 사업시행을 전제로 하는 대안의 효과만을 추정할 경우, Do nothing 대안과의 우열을 공평하게 비교할 수 없다. 그러므로 경제적 타당성 분석방법론의 선택에 따른 의사결정 왜곡을 막기 위해서, 비용효과 분석을 적용할 때에는 반드시 **Do nothing의 효과와 비교**하여야 한다. 통상 **Do nothing의 효과는 사업을 기획하는 이슈탐지 시기에 분석되어야 하므로, 예비타당성조사를 신청하는 부처에서 제시하여야 한다.**

비용편익분석은 투입(input)과 결과(outcome)가 화폐가치라는 동일한 단위로 측정되기 때문에, 하나의 대안에 대하여 우열(優劣)이 상반되는 의사결정이 이루어질 수 없다. 하지만 비용효과분석에서는 추정되는 효과의 종류에 따라 Do something 대안에 대한 우열(優劣)이 서로 다르게 표현될 수 있다. 이러한 경우, 의사결정에 반영하는 방식이 쟁점사항이 될 수 있다. 예비타당성조사의 과학기술적 타당성 분석에서는 ‘사업목표의 적절성’ 항목에서 ‘사업목표는 달성하고자 하는 효과를 구체적으로 제시하고 있는가?’라는 평가질의를 적용하고 있으며, 그 결과는 이러한 쟁점을 해결할 수 있는 근거로 활용될 수 있다. 즉, 사업목표는 실제 사업 추진을 통해 달성하고자 하는 결과(outcome)라고 정의되므로, 사업목표를 대표하면서 하나의 단위를 갖는 효과를 기준으로 의사결정에 반영하는 것이 합리적인 선택이다. 그러므로 예비타당성조사를 신청하는 부처는 기획이 완료되어 예비타당성조사를 신청하는 시점에 **사업목표를 대표하는 단일한 효과를 특정**하여야 하고, 예비타당성조사 연구진은 신청부처가 제시한 효과에 초점을 맞추어 추정하여야 한다.

이처럼 사업기획부처에서 효과추정을 수행하여 제시할 경우, 예비타당성조사의 연구진의 역할이 조사과정에서 쟁점으로 부각될 수 있다. 연구진은 객관적이고 중립적인 시각에서 예산통제를 지원하는 전문가이므로, 예타 신청부처가 제시한 효과추정의 타당성을 검증 및 재조정하는 역할을 수행한다.

나. 효과추정 방법론

효과를 추정하는 과정은 ① 효과추정의 전제조건 검토, ② 효과추정의 타당성 검증, ③ 효과추정 재조정, ④ 결과정리의 단계로 진행된다. 비용효과 분석을 우선으로 고려하여야하는 경우에 예비타당성 조사 연구진은 각 단계별 주안점에 따라 최선을 다하여 효과를 추정하여야 한다. 이러한 노력에도 불구하고 효과추정이 의사결정을 왜곡시킬 우려가 있는 경우에는 부득이하게 비용편익분석을 실시한다.

‘① 효과추정의 전제조건 검토’에서는 효과추정으로 발생될 수 있는 주요 논란에 대한 쟁점사항이 해결되었는지 여부를 검토한다. 주요 검토사항은 ‘가. 효과추정을 위한 주요 쟁점’에서 제시한 것이다. 검토결과 효과추정을 시도할 수 있을 정도로 예타요구 부처의 사업기획이 완결된 경우에 다음 단계로 진행한다.

‘② 효과추정의 타당성 검증’은 예타요구 부처가 제시한 효과추정에서 보완할 점을 찾는 작업이다. 이 단계에서는 우선 부처에서 적용한 방법론이 ‘연구개발사업 분석을 위한 14대 주요 방법론’ 중 비용효과 분석에 적용될 수 있는지 여부¹⁾를 판단한다. 그 다음으로 부처에서 적용한 효과추정 방법론에서 보완하여야 하는 사항²⁾을 검토한다.

‘③ 효과추정 재조정’은 ‘② 효과추정의 타당성 검증’ 과정에서 식별된 보완사항을 연구진의 노력으로 객관적으로 신뢰할 수 있는 값으로 표현하는 작업을 진행한다. 방법론이 적절하고 재조정을 위한 기초자료가 충분한 경우에는 예타 연구진이 효과를 다시 추정한다. 그러나 예타요구 부처에서 적용한 방법론이 부적절³⁾하거나 재조정을 위한 기초자료가 부족한 경우에는 효과추정을 예타 연구진이 새로운 방식을 검토하여 적용하는 것을 제안할 수 있다. 이러한 노력에도 불구하고, 예타 연구진이 새로운 방식을 제안하

기도 어려운 경우에는 비용효과 분석이 부적절한 사유를 제시한다.

비용효과 분석이 적절할 경우에는 Do nothing대비 사업시행의 우열(優劣)을 표현함으로써 의사결정을 위한 기초자료로 제공한다. 반면에 비용효과 분석이 부적절한 경우, 예타 연구진은 비용효과 분석이 부적절한 사유를 제시한 후 비용편익 분석을 실시하여 그 결과를 제시한다.

해당 지침에서는 비용효과분석의 효과 추정 관련 주요 쟁점들을 고려한 지침을 제시하고 있다. 구체적으로, ① Do nothing 대안과의 비교, ② 복수의 사업 효과를 의사결정에 반영하는 방식, ③ 효과추정에 있어서 연구진의 역할이라는 세 부문에 집중하여 지침을 제시하였다. 이 중 Do nothing 대안과 사업시행의 우열비교는 사업의 시행 여부를 결정하기 위한 조건으로 판단된다. 특히, 현 지침에서는 이러한 Do nothing의 효과를 예비타당성조사를 신청하는 부서에서 제시하도록 하고 있다. 이러한 지침이 마련된 이유는 비용편익분석의 경우 제시된 대안의 비용대비 금전화된 편익을 비교하여 대안의 시행여부에 대한 결론을 도출할 수 있으나 비용효과분석은 그렇지 못하기 때문으로 판단된다. 즉, 비용효과분석에서 Do nothing 대안이 포함되지 않는다면 사업 시행을 전제로 하는 대안의 효과만을 추정하게 되므로, 비용편익분석과 비용효과분석 중 어떠한 경제성분석 방법론을 선택하느냐에 따라 발생하는 의사결정의 왜곡을 막기 위해서 Do nothing 대안을 포함하도록 하고 있다.

1) 연구개발사업의 대안평가에 적용될 수 있는 방법론에는 계량분석, 비용편익분석, 기술상용화추적, 설문조사, 사례연구가 있다. 이 중 기술상용화 추적이 가능한 경우에는 비용편익분석을 실시할 수 있고, 사례연구는 선택편향성(selection bias)에 따른 논란이 있다. 그러므로 비용효과분석에 실제 적용할 수 있는 분석방법론은 계량분석과 설문조사로 한정된다.

2) 제3장 제1절 3. 마. (3) 적부(適否)분석: 연구개발사업 분석을 위한 14대 주요 방법론에 설명된 내용을 참고한다.

3) 설문조사를 활용한 효과추정을 적용하는 경우에는 진술선호법과 비교하여 더 엄밀하다고 인정되는 방법론을 선택하여 적용한다.

제 2 절 R&D 예비타당성조사 비용효과분석 적용 관련 제언

본 절에서는 국내외 사례 및 관련 지침 검토, 예비타당성조사 실무진 및 경제·정책분야 전문가들을 포함한 자문 회의 결과 도출된 R&D 예비타당성 조사에 비용효과분석을 적용하는 것 관련하여 제언을 제공한다. 우선 본 연구에서는 R&D 사업 예비타당성 조사에 비용효과분석을 적용하는 것 관련 주요 쟁점으로 1) 비용효과분석의 적용기준, 2) 비용효과분석의 효과산정방식, 그리고 3) 비용효과분석의 대안 설정 범위(Do nothing 대안의 포함 여부 등)가 선정되었다. 해당 쟁점에 대해서는 복수의 전문가 자문 회의를 통하여 논의가 이루어졌으며, 쟁점에 대한 논의와 동시에 현 지침 및 가이드라인에 대한 개선 방안 역시 논의하였다.

논의 결과, 현재 관련 지침 및 가이드라인에 개선 및 보완이 필요한 부분이 있음을 알 수 있었다. 특히, 개별 사업의 특수성이 강하게 나타나는 R&D 사업의 특성을 고려하면, 경제성분석 방법론의 적용 조건이 몇 개의 사업 유형(도전혁신형, 기반조성형, 성장형)과 밀접하게 연관되어 나타날 것이라고 보기는 어렵다. 예를 들어, 현 지침에서 도전혁신형 사업의 경우 비용효과분석을 우선적으로 고려하도록 되어 있다. 그러나 ‘과학기술 선도를 목표로 하며 영향력과 파급효과가 크지만 실패확률 및 불확실성이 높다’는 도전혁신형 사업의 정의와 비용효과분석의 적용조건이 일관되어 있다고 보기는 힘들다. 사업의 실패확률 및 불확실성이 높다고 해서 편익항목의 금전화가 불가능한 것은 아니며⁴⁾, 과학기술 선도를 목표로 한다고 하여 반드시 금전화가 불가능한 편익항목들만이 편익 항목으로 설정될 수 있는 것도 아니기 때문이다⁵⁾. 또한, R&D 유형 구분 의사결정 단계에서 특정 경제성분석 방법론의 적용 가능성이 고려된다고 볼 수도 없으므로 사업 유형에 따라 경제성 평가 방법론을 적용하는 방식의 논리는 약하다고 할 수 있다. 즉, 사업 유형에 따라 특정 경제성분석 방법론을 활용하는 것은 다소 위험한 접근방식일 수 있다. 그러나 기존 국내 비용효과분석 적용사례를 분석한 결과 기존 비용효과분석 적용사례는 현 분류상으로 도전혁신형 및 기반조성형 사업에 속하는 것으로 나타나 해당 유형의 R&D 사업에 비용효과분석을 적용하는 것 자체에는 근거가 존재하는 것을 파악할 수 있었다. 또한 해당 유형의 사업들의 경우 기존 지침상으로 비용편익분석의 편익 항목으로 산정할 수 없는 항목이 주요 편익 항목인 경우가 있을 가능성이 크므로 (과학기술적 성과 등) 비용효과분석 적용의 논리적 타당성이 인정된다.

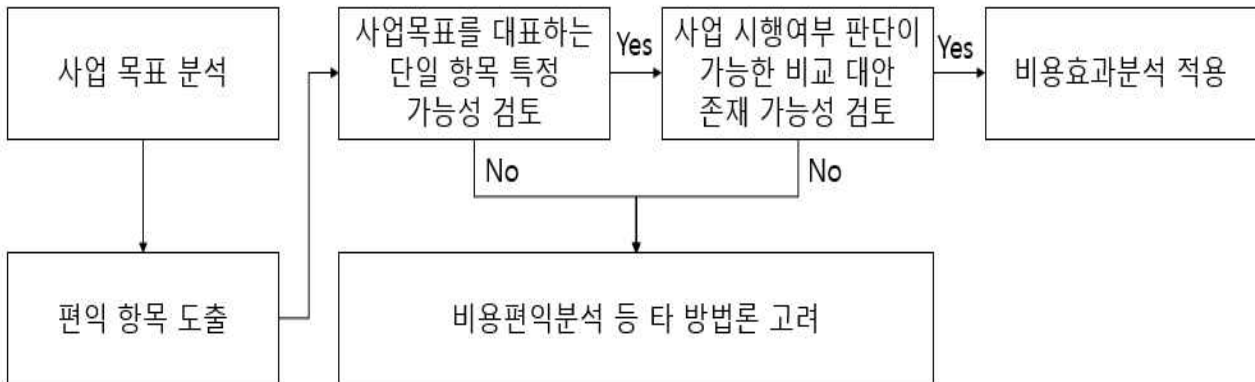
다음으로, 본 절에서는 비용효과분석의 적용 조건에 집중하여 경제성분석방법론 선택 관련 가이드라인을 제시하고자 한다. 현 지침 상으로는 도전혁신형 사업의 경우 비용효과분석을 우선적으로 경제성분석방법으로 고려하도록 되어있다. 본 연구에서는 아래 <그림 X>와 같은 개략도를 통하여 비용효과분석의 적용 가능성을 해당 유형의 사업에 대하여 우선 검토하는 방식을 제안한다. 기존 지침의 비용효과분석 선택 방침이 시장 수요로부터의 계량화가능성, 대리시장 존재여부, 진술선호접근법 적용 가능성과 같은 특정조건 ‘달성 불가’를 기반으로 한 소거법(screening) 방식으로 비용효과분석을 적용하는 개략도였던 반면, 본 개략도는 특정 조건

4) 다양한 시나리오의 고려 및 민감도 분석을 통하여 어느 정도 완화할 수 있다.

5) 예를 들어, 선도적 과학기술 개발을 통한 가치창출 증대 및 비용 저감 효과는 계량화 및 금전화가 가능하다.

의 ‘달성’을 기반으로 한 방식이라는 점에서 주요한 차이가 있다. 이러한 차이는 생각보다 중요한데, 소거법 방식의 개략도에서는 해당 조건이 만족되지 않을 경우 비용효과분석의 적용이 가능하다는 전제를 가지고 있기 때문이다. 그러나 이는 사실이 아니며, 비용편익분석과 마찬가지로 비용효과분석의 올바른 적용에는 개별적인 조건들이 필요하며, 이러한 요인들을 고려하기 위해서는 특정 조건의 달성을 기반으로 한 의사결정방식이 필요하다. 즉, 비용효과분석은 해당 방법론의 달성 기준을 바탕으로 보다 신중하게 적용되어야 한다.

<그림 38> 비용효과분석 우선 고려시 의사결정 개략도



구체적으로, 비용효과분석의 적용을 위해서는 사업목표를 대표하는 단일 효용 항목을 특정할 수 있어야 하며, 사업 시행여부 판단이 가능한 비교 대안이 제시될 수 있어야 한다. 이 전제조건들이 지켜질 수 없다면 R&D 예비타당성조사에 비용효과분석의 적용이 올바르게 이루어질 수 없으며, 비용편익분석 등 타 경제성분석 방법론이 고려되어야 할 것이다. 만약 사업목표를 대표하는 단일 효용 항목의 특징이 불가능하다면 (복수 항목이 존재), 결국 최종 의사결정을 위해서는 다수의 항목을 취합하여 단일지표로 만드는 과정이 필요하다. 그리고 복수 효용 항목의 취합 방식 중 결국 가장 합리적인 방식은 각 항목을 금전화시켜 취합시키는 방식이기 때문에 결과적으로는 비용편익분석과 유사한 분석이 이루어지게 된다. 보건분야 같은 경우 대체로 동일한 효과 목표를 가지고 있기 때문에 QALY 같은 지표가 활용될 수 있으나, 포함 범위가 매우 방대하고 분야별로 다양한 목표를 가진 국가 R&D 사업에 이러한 성격의 개별 지표를 설정하기는 현실적으로 한계가 있다.

다음으로, 사업목표를 대표하는 단일 항목이 존재한다고 하여도 사업 시행여부 판단이 가능한 비교 대안이 적절하게 존재하지 않으면 비용효과분석을 적용할 수 없다. 즉, 어떠한 사업을 시행하였을 때 비용효과가 100만쯤이라는 결론이 도출된다고 하더라도 해당 결과를 ‘타당하다’ 혹은 ‘타당하지 않다’라는 결론으로 연결시킬 수 없다면 경제성분석 수행의 의미가 제한된다. 그런데 현 지침상으로는 비교 대안으로 Do nothing 대안을 반드시 포함하도록 되어 있는데, Do nothing 대안은 비용효과분석에서 비교대안으로 포함되지 않는 것이 이론적으로 타당하다. Do nothing 대안은 말 그대로 ‘아무 행위도 하지 않는’ 대안을 의미하며, 이론적으로 아무 행위도 하지 않았는데 이에 따른 효과가 존재할 수는 없다. 더욱이 기존의 비용효과

분석 적용사례에서도 아무 행위도 하지 않는 Do nothing 대안을 대안으로 포함한 경우는 찾아볼 수 없었다.

Do nothing 대안을 반드시 포함하는 것으로 지침이 정해진 배경에 대하여 KISTEP 연구진에게 문의한 결과, 만약 예비타당성조사를 신청하는 부서에서 Do nothing 대안에 대한 효과를 제시하지 않고 시행과 연관된 대안만 여러 개 제시할 경우 기획부처에서 사업 시행 여부가 전제되어있는 것으로 (시행을 전제로 한 사업검토인 것으로) 곡해할 우려가 있기 때문이라는 답변을 받을 수 있었다. 물론 기획부처가 제시한 여러 대안 중 하나가 선택되는 것이 무조건 사업의 시행을 의미하는 것은 아니지만, 시행을 전제로 한 대안만을 제시하는 방식은 기획부처의 오해를 불러올 우려가 있다는 것이다. 또한, 예비타당성조사 연구진의 입장에서는 대안 설정 관련하여 기획부처에게 어느 정도의 가이드라인을 제시하여야하는 면도 있기 때문에 Do nothing 대안을 반드시 포함하는 것으로 지침이 설정된 것으로 판단된다는 답변을 들을 수 있었다.

지침 내 Do nothing 대안의 포함 관련 문구에 대하여 심층 토론을 수행한 결과, 지침 작성자가 의도한 Do nothing과 이론적 의미의 Do nothing의 개념이 다른 것으로 보인다는 결론이 도출되었다. 실무적으로 지침상의 Do nothing 대안이 의도하였을 바는 아무것도 하지 않는 대안이 아니라 다른 방식으로 동일 효과를 달성할 수 있는 대안으로 판단된다. 이론적 정합성뿐 아니라 실무적으로 기획부처 및 예비타당성조사 연구진의 혼란 방지를 위하여, 지침 내에서 Do nothing 대안 관련한 문구를 수정할 필요가 있는 것으로 판단된다. 자문위원 Pool에서는 해당 지침에 대하여 다음과 같은 수정 의견을 제시하였다.

1. Do nothing 관련 기존 문구는 삭제한다.
2. Do nothing 대안이 아닌 제안 사업과 비교할 수 있는 비교대안을 제시하도록 한다.
3. 사업을 시행하지 않을 경우 어떠한 영향이 있는지를 정성적으로 제시하도록 한다.

또한, 만약 기획부처에게 비교대안 선정 관련하여 어느 정도의 가이드라인을 주고 싶다면, 기존 사례 분석 결과를 바탕으로 몇가지 유형화된 비교대안의 예시를 제안할 수 있을 것이다. 기존 비용효과분석 적용사례를 살펴보면, 제안 사업과 비교되었던 대안은 1) 제안 사업과 다른 방식의 R&D 대안 (타 R&D 대안), 2) R&D 방식이 아닌 비 R&D 대안 (비 R&D 대안), 3) 기존 유사 R&D 대안 (기존 R&D 대안) 등이 제시된 바 있다⁶⁾. 해당 대안 모두 무언가를 수행하는 대안이라는 점에서 Do nothing 대안은 아니다. 만약 이와 같이 유형화하여 비교 대안을 제시하게 된다면, ‘아무것도 하지 않는 대안은 비교대안으로 제시하여서는 안된다’ 라고 분명히 명시해주어야 한다.

또한, 비교 대안의 설정을 통한 비교 방식이 용이한 일부 사업의 경우 금전화 가능성

6) 물론, 개별 사업의 특성이 엄밀하게 반영되어야하는 예비타당성조사의 특성상 유형화된 대안 국한되기도는 실제 조사과정에서 비교대안의 타당성에 대한 판단은 예비타당성조사 연구진의 영역인 것으로 판단된다.

과 상관없이 비용효과분석을 적용하는 것이 더 적절할 수도 있다. 대체로 방법론의 특성상 비용효과분석보다는 비용편익분석이 복잡한 의사결정문제와 관련하여 의사결정자에게 많은 정보를 제공할 수 있다⁷⁾. 다양한 편익항목의 설정이 가능하며, 금전화된 가치를 통해 각 편익항목의 편익 수준을 비교할 수 있고, 사업 시행여부에 대한 합의도 제공할 수 있기 때문이다. 그러나 기존사례 분석 및 예비타당성조사 실무 연구진과의 면담 결과, R&D 사업 예비타당성 조사에 있어 비용효과분석이 적용된 사례가 적기는 하지만 분명히 존재하였으며 특히 몇몇 사례는 굉장히 깔끔하게 비용효과분석의 적용이 가능하였다는 사실을 관찰할 수 있었다. 특히, 일부 사례의 경우 편익 항목의 금전화가 가능성에도 사업의 목표에 따라 비용효과분석의 적용이 더 용이한 경우도 있었다. 예를 들어, 제2쇄빙선 건조사업의 경우 쇄빙선이라는 제품이 거래되고 있는 시장이 엄연히 존재하기 때문에 비용편익분석 방법을 활용하여 편익의 금전화가 가능하기는 하다. 그러나, 해당 사업에서 제시한 극지 진출 역량 강화라는 효과 달성이라는 목표를 생각할 때, 해당 목표 달성을 위한 여러 비교대안을 비교하는 방식이 더욱 용이하였다. 구체적으로, 해당 사업의 경우 신규 쇄빙선을 건조하는 방식(시행대안)과 현재 쇄빙선을 증축하여 활용하는 방식(비교대안 1) 및 신규 쇄빙선을 구매하는 방식(비교대안 2)을 비교하는 비용효과분석이 시행되었다.

마지막으로, 기존 지침 등에서는 비용효과분석과 비용편익분석을 완벽한 대체관계에 있는 방법론으로 보고 있는 경향이 있다. 예를 들어, 비용편익분석이 적용 불가능한 경우에는 비용효과분석의 적용이 가능한 것을 전제로 하는 듯한 문구들이 간혹 관찰된다. 그러나 비용편익분석과 비용효과분석은 그 전제조건과 결과물이 엄연히 다른 방법론이다. 따라서, 궁극적으로는 비용편익분석과 비용효과분석은 함께 상호보완적으로 활용하는 것이 적절한 방향일 것으로 판단된다⁸⁾.

7) 대신 비용편익분석은 편익 항목의 금전화가 가능해야하며 효과 추정에 이어 금전화 작업이 추가적으로 수행되어야 한다는 단점이 있다.

8) 기존 사례 중에서도 초고성능 컴퓨팅 사업에서는 독립적으로 구성된 단위 사업의 목표와 결과물의 수혜자를 고려하여 비용효과분석과 비용편익분석을 모두 활용한 경우가 있었음을 주목할 필요가 있다.

제 5 장 결론 및 제언

본 연구과제에서는 기존 사례 검토와 전문가 Pool 구성을 통한 자문회의 진행을 통하여 R&D 예비타당성조사의 경제성분석에 비용효과분석을 적용하는 것 관련하여 핵심 쟁점 및 적용의 논리적 근거를 도출하였다. 또한, 실무에 적용할 수 있는 비용효과분석 방법론 개선 방안 및 실무 가이드라인을 제시하였다. 특히, 본 연구과제는 사업 목적에 따라 나누어지는 새로운 R&D 사업 분류 및 관련 지침 개정에 대응하는 측면에 집중하여 연구를 수행하였다. 분석 결과, 사업 유형에 따라 경제성분석 방법론을 특정 방법론으로 결정하는 것은 다소 위험한 접근법일 수 있지만 비용효과분석이 도전혁신형 및 기반조성형 유형의 사업의 예비타당성조사에 활용되는 것에는 기존 사례 및 지침에 근거한 논리적 근거가 있음을 확인할 수 있었다.

또한, 본 연구는 R&D 사업의 예비타당성조사에 비용효과분석이 적용 가능한 조건을 전문가 회의 등을 통하여 정리하여 제시하였다. 구체적으로, 사업목표를 대표하는 단일 편익 항목의 특징이 가능한지 여부와, 사업 시행여부 판단이 가능한 비교 대안을 제시할 수 있는지에 따라 비용효과분석을 적용하는 가이드라인을 제시하였다. 이러한 방식은 비용효과분석과 비용편익분석이 서로 다른 적용 기준을 가졌다는 관점에서 금전화 가능성과 같은 특정 조건의 달성 불가가 아닌 특정 조건의 달성을 기반으로 구축된 가이드라인이라는 점에서 의미가 있다. 비용효과분석은 금전화가 어려운 효과를 가진 사업의 경제성 평가에 유용하게 활용될 수 있지만, 효과 단위 설정 및 비교 대안 설정 관련하여 많은 제약이 있는 방법론이므로 그 적용에 신중을 기할 필요가 있다. 기본적으로는 복수 편익 항목의 금전화된 가치를 관찰할 수 있고, 다양한 효과를 가져오는 대안 간의 비교가 가능하고 시행대안만으로도 시행여부 판단이 가능한 비용편익분석이 의사결정자에게 많은 정보를 줄 수 있다.

또한, 본 연구는 분석 결과를 바탕으로 현 지침의 Do nothing 대안 포함 관련 내용에 대한 제언을 수행하였다. 현 지침상으로는 Do nothing 대안을 비용효과분석의 대안으로 반드시 포함하도록 되어 있으나, 기본적으로 Do nothing 대안은 아무것도 하지 않는 대안이기 때문에 이론상 효과라는 것 자체가 존재할 수가 없다. 따라서 이와 관련하여 기존 지침의 수정이 필요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 이와 관련하여 구체적으로 어떠한 방향으로 지침이 수정되어야 할지 제언하였다.

본 연구의 결과가 R&D 예비타당성조사의 경제성분석에 비용효과분석을 적용함에 있어 관련 지침을 보완 및 개선하기 위한 유용한 참고자료로 활용되기를 기대한다. 특히, 지침 개선을 통하여 보다 체계적이고 합리적으로 비용효과분석을 수행할 수 있는 기반이 마련되기를 기대한다. 다만, 본 연구의 결과를 실무에 본격적으로 활용하기 위해서는 추후 관계자들의 의견 수렴 과정 및 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

국내 참고문헌:

- 김병주, 김선연, 김정미. (2009). 온라인과 오프라인 과외교육의 비용-효과 분석. 수산해양교육 연구, 21(2), 199-212.
- 김주영. (2015). 공급자와 수요자 보조 주거복지프로그램의 비용효과 분석. 주거환경, 13(4), 89-100.
- 김정권, 최주석, &이미숙. (2017). R&D 예비타당성조사를 위한 비용효과분석 적용방안 마련 연구. 한국혁신학회지, 12(3), 1-22.
- 구윤모, 신정우, 이미숙. (2018). 발전 및 산업부문 미세먼지 저감대책의 비용효과분석 연구. 산업경제연구, 31(1), 347-367.
- 박찬우, 김상암, 왕종배, 홍선호, 곽상록. (2004). 개인생명가치추정을 통한 안전개선 비용효과 분석에 관한 연구. 한국철도학회 학술발표대회논문집, (), 66-71.
- 신상영, 박창열, 손은정. (2015). 건축물 침수방지대책의 효과 및 비용 비교분석. 국토계획, 50(2), 243-260.
- 안재홍, 강인성. (2017). 비용효과분석을 통한 서울시 지하철 9호선 혼잡도 개선방안에 관한 연구. 한국공공관리학보, 31(2), 105-128.
- 조영연, 이문규, 장학철, 라미용, 김지영, 박영미, 손정민. (2008). 제2형 당뇨병환자에서 임상영양치료의 임상적 효과와 비용효과 연구. 한국영양학회지, 41(2), 147-155.
- 정송미, 김대진. (2015). 전자발찌사업의 확대와 비용효과성 분석. , 25(1), 371-397.
- 최성린, 박동기. (2014). 대공방어성능에 대한 비용효과분석을 중심으로 한 함정생존성 확보방안 연구. 한국산학기술학회 논문지, 15(5), 2579-2586.
- 한국과학기술기획평가원(KISTEP). (2014). 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 [제2판]. 한국과학기술기획평가원(KISTEP)

해외 참고문헌:

- Bishop, J. D., Martin, N. P., & Boies, A. M. (2014). Cost-effectiveness of alternative powertrains for reduced energy use and CO₂ emissions in passenger vehicles. *Applied energy*, 124, 44-61.
- Campbell, J. D., McQueen, R. B., & Briggs, A. (2014). The “e” in cost-effectiveness analyses. A case study of omalizumab efficacy and effectiveness for cost-effectiveness analysis evidence. *Annals of the American Thoracic Society*, 11(Supplement 2), S105-S111.
- Cerdá, E., & del Rio, P. (2015). Different interpretations of the cost-effectiveness of renewable electricity support: Some analytical results. *Energy*, 90, 286-298.
- Dhaliwal, I., Duflo, E., Glennerster, R., & Tulloch, C. (2013). Comparative cost-effectiveness analysis to inform policy in developing countries: a general framework with applications for education. *Education policy in developing countries*, 285-338.
- Ecola, L., Batorsky, B., & Ringel, J. S. (2015). Using Cost-Effectiveness Analysis to Prioritize Spending on Traffic Safety. Rand Corporation.
- Endo, E., & Tamura, Y. (2003). Cost-effectiveness analysis of R&D on solar cells in Japan. *Solar energy materials and solar cells*, 75(3-4), 751-759.
- Goldman, T. A. (1967). *Cost-effectiveness Analysis; New Approaches in Decision-making*. Praeger.
- Greer, W. L. (2010). An application of cost-effectiveness analysis in a major defense acquisition program: The decision by the US Department of Defense to retain the C-17 transport aircraft. Institute For Defense Analyses. Alexandria VA.
- Hutubessy, R., Chisholm, D., & Edejer, T. T. T. (2003). Generalized cost-effectiveness analysis for national-level priority-setting in the health sector. *Cost effectiveness and resource allocation*, 1(1), 8.
- Kuwahara, Y., & Takeda, Y. (1988, October). An empirical view of a managerial evaluation of overall R&D cost-effectiveness. In 1988 Engineering Management Conference, 'Engineering Leadership in the 90's'. (pp. 67-71). IEEE.
- Levin, H. M. (1995). *Cost-Effective Analysis*. International Encyclopedia of Economics of Education. Oxford: Pergamon.
- McEwan, P. J. (2012). Cost-effectiveness analysis of education and health interventions in

- developing countries. *Journal of Development Effectiveness*, 4(2), 189-213.
- Murray, C. J., Evans, D. B., Acharya, A., & Baltussen, R. M. (2000). Development of WHO guidelines on generalized cost-effectiveness analysis. *Health economics*, 9(3), 235-251.
- O' Malley, G., Marseille, E., & Weaver, M. R. (2013). Cost-effectiveness analyses of training: a manager's guide. *Human resources for health*, 11(1), 20.
- Orth, K. D. (1994). Cost Effectiveness Analysis for Environmental Planning: Nine EASY Steps (No. IWR-94-PS-2). ARMY ENGINEER INST FOR WATER RESOURCES FORT BELVOIR VA.
- Reeves, R. R. (1993). A user's manual for the Cost Effectiveness Analysis Spreadsheet Model for aircraft engines (CEAMOD Version 2.0). NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL MONTEREY CA.
- Silva-Send, N., Anders, S., & Narwold, A. (2013). Cost effectiveness comparison of certain transportation measures to mitigate greenhouse gas emissions in San Diego County, California. *Energy policy*, 62, 1428-1433.
- Splett, P. L. (1996). The practitioner's guide to cost-effectiveness analysis of nutrition interventions. US Department of Health & Human Services, Public Health Service, Health Resources & Services Administration, Maternal & Child Health Bureau.
- Torgerson, D. J. (2009). Cost-effectiveness analysis and health policy. In *The Economic, Medical/Scientific and Regulatory Aspects of Clinical Nutrition Practice: What Impacts What?* (Vol. 12, pp. 95-104). Karger Publishers.
- United States Environmental Protection Agency. (1993). A Guide for Cost-Effectiveness and Cost-Benefit Analysis of State and Local Ground Water Protection Programs. United States Environmental Protection Agency.
- Walker, D. (2001). Cost and cost-effectiveness guidelines: which ones to use?. *Health Policy and Planning*, 16(1), 113-121.
- White, J. A., Agee, M. H., & Case, K. E. (2012). *Principles of engineering economic analysis*. Wiley.
- Williams, A. (1973). Cost-Benefit Analysis: bastard science? and/or insidious poison in the body politick? in J.N. Wolfe (ed), *Cost Benefit and Cost Effectiveness: Studies and Analysis*, London: George Allen & Unwin.
- World Health Organization. (2003). *WHO Guide to Cost-Effectiveness Analysis*. World Health Organization.

- Xu, X., Alexander Jr, R. L., Simpson, S. A., Goates, S., Nonnemaker, J. M., Davis, K. C., & McAfee, T. (2015). A cost-effectiveness analysis of the first federally funded antismoking campaign. *American journal of preventive medicine*, 48(3), 318-325.
- Yurtsev, A., & Jenkins, G. P. (2016). Cost-effectiveness analysis of alternative water heater systems operating with unreliable water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 174-183.

주 의

1. 이 보고서는 한국과학기술기획평가원에서 위탁받아 수행한 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국과학기술기획평가원의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.