

# 제4세대 방사광가속기의 경제적 타당성 분석

## Economic Feasibility Studies on the 4th Generation Light Source

백 철 우\* · 황 지 호\*\* · 박 수 동\*\*\*

### 〈 목 차 〉

- |             |                  |
|-------------|------------------|
| I. 서론       | III. 실증분석 결과     |
| II. 분석의 구도  | 1. 비용·편익분석       |
| 1. 분석의 기본방향 | 2. 최적 입지 및 시기 선정 |
| 2. 분석의 기본가정 | IV. 결론           |

### Abstract

On the contrary to the expansion of feasibility studies on public construction and development projects, there is few feasibility studies on S&T, especially large-scale basic research facilities. Based on this critical mind, we tried the first feasibility study on large-scale basic research facilities, that is, the 4th Generation Light Source. First, it is validated whether the construction of 4th Generation Light Source is economically feasible and second, if economically feasible, the optimal place and time for construction are analyzed by using Analytical Hierarchy Process. This research shows that the construction is economically feasible regardless of scenarios on future bio-medicine industry growth and to construct at Pohang in 2006 is optimal strategy. On the basis of this analysis, the feasibility studies on large-scale basic research facilities are expected to be more expanded and developed.

**Key words:** 타당성조사, 방사광가속기, 대형기초연구시설, 계층적 의사결정법, 비용-편익분석

\* 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 연구원, yorke@kistep.re.kr

\*\* 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 연구위원, jihoh@kistep.re.kr

\*\*\* 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 부연구위원, triznik@kistep.re.kr

## I. 서론

정부의 막대한 재정이 투입되는 공공사업의 경우, 최근 재정운영의 효율성 제고에 대한 요구가 높아지고 그 파급효과가 전국민에게까지 미칠 수 있다는 점에서 타당성에 대한 철저한 사전분석이 필요하다. 기획예산처는 이러한 인식을 토대로 1999년부터 총사업비가 500억 원 이상인 예산 또는 기금 사업으로서 건설공사가 포함된 대규모 공공사업을 대상으로 경제적, 정책적 차원에서 예비타당성조사를 실시하고 있다(기획예산처, 2005).

최근 국가연구개발사업 규모가 확대되고, 연구개발 투자의 효율성 문제가 중시되면서 예비타당성조사제도를 국가연구개발사업으로 확대하자는 의견이 제시되고 있다. 실제로, 국회 예산정책처(2004)는 예비타당성조사 대상사업의 범위를 R&D사업, 대량구매사업, 정보화사업 등으로 확대할 것을 제안하기도 하였다. 이에 따라 과학기술부는 2006년부터 총사업비 500억원 이상의 신규 국가연구개발사업에 대하여 기술적, 경제적, 정책적 측면에서 예비타당성에 대한 분석을 본격적으로 실시할 계획이다.

기획예산처가 실시 중인 건설, 교통부문의 예비타당성조사는 일반지침과 사업별 표준지침까지 개발되어있는 등 이미 안정화 단계에 이르렀다. 반면 2006년부터 시행될 국가연구개발사업에 대한 예비타당성 분석은 건설, 교통부문과 달리 사업의 성격과 내용이 서로 상이하고, 그 편익(benefit)도 다양한 형태로 표출되며, 계량가능한 편익보다 무형의 비계량적인 편익이 많다는 점 등으로 인해 특히 경제적 타당성분석 수행에 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다. 따라서 기존의 건설, 교통부문의 경제적 타당성분석과는 차별화된 접근법을 이용하여야 하며, 사업의 비용과 편익의 범위를 명확히 설정한 후 추정해야 한다.

현재 과학기술계에서 요구하는 대형기초연구시설 중 본 연구에서 다루고자 하는 제4세대 방사광가속기는 BT, NT 분야, 그 중 특히 신약개발 부문의 파급효과가 크며, 미실현된 기술로서 선진국간의 경쟁이 치열하게 진행 중인 한편 1000억원 가량의 건설비와 연간 100억원 이상의 운영비용이 소요되는 대형시설이고, 건설여부에 대한 정부의 정책적 판단이 결정되지 않았다는 점에서 의미 있는 분석대상이라 할 수 있다.

과학기술 관련 분야는 분석의 어려움으로 인해 관련 선행연구가 활발하게 진행되지 않았으나 대표적 연구로서 다음의 연구들을 고려할 수 있다. 기술과 가치(2002)는 한국기초과학지원연구원에서 수행중인 첨단연구장비 공동활용사업의 경제적 성과를 서비스의 직접지원

효과, 수혜자성과, 사회경제적 파급효과로 구분하여 접근하였다. 직접지원성과는 시장접근법을 이용한 분석지원서비스의 경제적 가치로서 측정하였고, 수혜자성과는 '논문/특허 발표에의 기여가치'와 '문제해결 성과에의 기여가치', 그리고 '기기교육 서비스를 통한 분석비용 절감가치'를 이용하여 추정하였다.

김상춘(2003)은 휴대인터넷 사업의 국민경제적 파급효과를 투자자체의 파급효과(1차 파급효과)와 이로 인한 신산업 창출효과(2차 파급효과)를 합하여 분석하였다. 투자자체의 파급효과는 정보통신생산함수와 산업연관분석을 이용하여 추정하였고, 신산업 창출에 의한 2차 파급효과는 휴대인터넷 사업의 수요예측에 따른 서비스시장, 시스템시장, 단말기시장의 창출효과에 상기의 각종 유발계수를 적용하여 도출하였다.

마지막으로 한국전자통신연구원(2004)은 MPEG-21 표준과 방송콘텐츠의 경제적 효과 분석을 직접적 효과와 간접적 효과의 2가지 범주로 구분하여 접근하였다. 직접적 효과는 방송콘텐츠 시장의 활성화 효과와 기술료 수입효과로 분석하였고, 간접적 효과는 방송콘텐츠산업의 활성화가 타 산업을 활성화시키는 생산유발효과를 이용하여 분석하였다. 특히, 방송콘텐츠 시장의 활성화 효과를 측정하기 위해 MPEG-21의 방송콘텐츠산업에 대한 기여도를 전문가 조사를 통해 도출하여 분석하였고 이는 본 연구의 기본 구도에 중요한 기여를 하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서 연구의 기본방향 및 기본가정을 제시한 뒤 3장에서 비용편익분석(cost-benefit analysis)을 통해 경제적 타당성 여부를 판단하며, AHP를 통해 최적 입지와 착공시기를 선정하고자 한다. 마지막으로 제4장에서는 결론 및 향후 연구 개선 방향에 대한 논의를 통해 본 연구를 마무리 하고자 한다.

## II. 분석의 구도

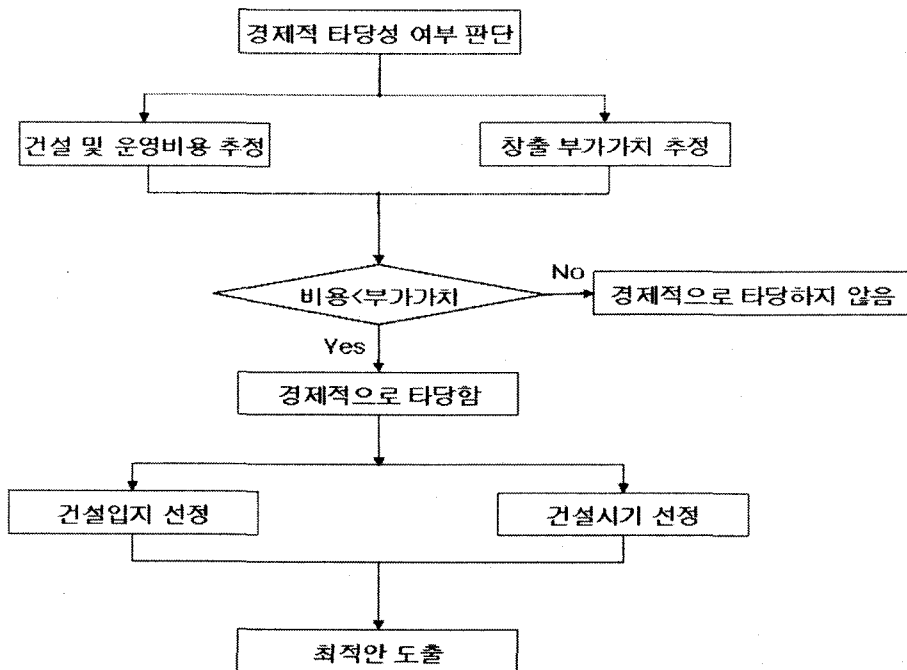
### 1. 분석의 기본방향

경제적 타당성분석은 해당사업이 국가경제적 차원에서 추진해야 할 필요가 있는지, 있다면 어떠한 전략으로 추진해야지 최소한의 비용으로 최대한의 편익을 얻을 수 있는지를 고찰하는데 목적이 있다. 특히 제4세대 방사광가속기는 대규모 건설 및 운용비용이 소요되며, 20년 이상 장기간 유지되어야 하는 시설이기 때문에 경제적 타당성이 결여된 건설은 오랜

기간 정부의 재정적 부담요인으로 작용할 것으로 예상된다. 따라서 소요예산의 규모 및 기간 등을 고려할 때, 본 사업의 경제적 타당성 여부가 건설여부에 대한 정책적 판단의 중요한 근거가 되어야 할 것으로 생각된다.

제4세대 방사광가속기의 경제적 타당성분석에 있어서 판단기준이 상이한 문제를 동시에 평가하는 것은 방식은 분석의 명확성을 저해할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 <그림 1>에 제시된 바와 같이 방사광가속기 건설의 경제적 타당성 여부 문제(with or without)와 입지 및 착공시기 선정 문제를 분리하여 분석한다.

<그림 1> 경제적 타당성 분석틀



본 연구의 분석대상인 제4세대 방사광가속기는 기존의 예비타당성 분석의 대상과는 달리 국민경제적 차원의 편익이 손쉽게 추정될 수 없는 대형기초연구시설이며, 전 세계적으로 미 실현된 기술을 대상으로 한다는 점에서 불확실성이 높다는 특징을 가지고 있기 때문에 기존의 경제적 타당성 분석과는 차별화된 접근법이 요구된다.

방사광가속기는 최종소비재가 아니므로, 소비자 지불의사(willingness to pay)에 기반하는 조건부가치 측정법(CVM : Contingent Valuation Method) 또는 컨조인트(Conjoint) 분석법을 적용할 수 없다. 대신 방사광가속기는 연구개발 수행에 필요한 일종의 중간재로서 생산 투입요소의 성격을 가지기 때문에 부가가치의 관점에서 접근할 필요가 있다.

한편 기존의 예비타당성 조사들이 각 편익요소 항목들을 설정하고 측정하여 이들의 합을 편익으로 간주하는 상향식 접근법(bottom-up approach)을 취한 반면, 제4세대 방사광가속기는 대형기초연구시설의 특성상 각 편익요소의 항목을 나열하고, 이를 측정하는데 있어서 수많은 가정과 복잡한 절차를 동반하기 때문에 현실적으로 상향식 접근법의 적용이 곤란하다. 대안으로서 방사광가속기 관련 산업의 미래 부가가치 예측과 전문가 조사를 통해 제4세대 방사광가속기 도입이 미래의 부가가치 증대에 기여하는 부분을 계산하는 하향식 접근법(top-down approach)을 고려할 수 있다. 이 접근법은 논문, 특허 등의 가치 등을 산정할 필요가 없고, 제4세대 방사광가속기의 산업에의 기여 메커니즘을 고려할 필요가 없다는 장점을 가진다. 이렇게 측정된 편익을 통해 비용편익 분석을 실시하고 경제적 타당성 여부를 판단하고자 한다.

경제적 타당성이 입증된 경우, 입지와 시기의 선정문제는 AHP(Analytical Hierarchy Process)를 이용하고자 한다. AHP는 정확한 편익과 비용 수치가 없더라도, 상대적인 중요도만을 통해 대안간 우선순위결정이 가능하기 때문에 입지와 시기의 선정문제 해결에 적절한 것으로 생각된다.

건설입지 선정에 대한 대안으로 현재 제3세대 방사광가속기가 설치되어 있는 포항과 이공계 연구시설이 밀집되어 있는 대덕연구단지, 두 곳을 고려할 수 있으며, 그 외의 지역(ex. 수도권, 호남 등)은 실현가능성이 낮기 때문에 대안에서 제외하였다. 착공시기 선정에 대한 대안으로는 2006년에 착공함으로써 이미 건설에 들어간 미국, 독일 등을 추격하는 방안과 3~4년 뒤에 건설함으로써 기술상의 불확실성 및 건설비용을 낮추는 방안을 고려할 수 있다.

## 2. 분석의 기본가정

제4세대 방사광가속기 구축사업의 비용-편익분석을 수행하기 위해서 계획기간, 사회적 할인율, 물가상승률, 잔존가치 등의 몇 가지 기본가정을 다음과 같이 정하였다.

첫째, 비용·편익분석을 수행하기 위해서 분석대상기간, 즉 계획기간(planning horizon)의 범위를 2006~2030년으로 정하였다. 전문가 자문 및 선진국 유사시설 등의 활용기간 등을 감안하였으며, 좀 더 구체적으로 2006년에 제4세대 방사광가속기 구축사업을 착공하여 2009년까지 완공한 후, 2010년부터 2030년까지 21년간 가속기를 활용한다고 가정하였다. 따라서 비용의 경우 2006년부터 2009년까지는 건설비용을, 2010년부터 2030년까지는 운영비용(유지 보수비용 포함)을 고려해야 한다.

둘째, 미래의 현금흐름을 현재가치화 하기 위하여 사회적 할인율 6.5%를 적용하였다. KDI의 『예비타당성 수행을 위한 일반지침(2001)』에서 사회적 할인율을 7.5%로 추정하였으나, 최근 『예비타당성 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(2005)』를 통해서 사회적 할인율을 6.5%로 수정하였는데, 타 국책사업과의 비교성 등을 고려하여 본 분석에서는 KDI의 사회적 할인율 추정치 6.5%를 준용하였다.

셋째, 제4세대 방사광가속기의 계획기간 말(2030년)의 잔존가치(salvage value)는 0으로 가정하였다. 잔존가치란, 자산의 내용연수 경과 후의 시장가격 추정치를 의미하는데, 일반적으로 시간이 경과하면서 줄어드는 경향이 있다. 그러나 방사광가속기 시설은 그 특성상 다른 용도로 매각·처분되기 힘들며, 분석장치·시설로서의 기능종료 가정 시점인 2030년에서의 대체시장의 상황을 예측하기에는 불확실성이 크다. 대안으로서, 회계법에 의한 감가상각을 고려할 수 있으나, 연구시설에 대해서는 내용연수를 최대 3~5년으로 정하고 있어서, 본 분석에서는 적용하기에 많은 문제점을 내포하고 있으며, 따라서 상기의 문제점들을 고려할 때, 제4세대 방사광가속기의 잔존가치는 0으로 가정해도 무방하다고 판단하였다.

마지막으로, 제4세대 방사광가속기의 편익을 주로 활용이 전망되는 생물의학 산업에 국한하여 분석하였다. 제4세대 방사광가속기의 주된 용도가 단백질 구조분석이므로, 관련 편익도 주로 BT 관련 산업 중 생물의학 산업에서 나타날 것으로 예상된다. 물론 NT 관련 산업도 파급효과가 있을 것으로 예상되나, 향후 BT와 NT의 융합 가능성이 높으며, 순수 NT 분야의 경우도 NT소재 분야에 그 영향이 국한될 것으로 전망되므로, 본 연구에서는 관련 산업을 생물의학 산업으로 한정하였다. 이러한 보수적 관점의 가치추정은 비교적 명확하고 직접적인 편익만을 분석에 고려함으로써 타당성 분석을 엄격한 틀 내에서 수행한다는 의의를 가진다.

### III. 실증분석 결과

#### 1. 비용·편익분석<sup>1)</sup>

##### 1) 비용의 추정

제4세대 방사광가속기의 건설 및 운영비용은 포항가속기연구소(2005)에서 발간한 『제4세대 방사광가속기 구축사업 신규기획 보고서』을 토대로 기술 자문을 위해 구성된 기술적 타당성분석 위원회의 검증을 통해 추정하였다. 제4세대 방사광가속기 건설에 4년(2006~2009년)이 소요되며, 총 건설비용은 <표 1>에 제시된 바와 같이 2006년 현재가치 기준으로 907억원에 달할 것으로 추산된다.

<표 1> 건설비용 추정

(단위 : 억원)

구분	'06	'07	'08	'09	계
전자총 및 선형가속장치	25	169	50	15	259
X-선 레이저 발생장치	10	50	30	70	160
빔진단 및 제어	12	32	38	18	100
실험(빔라인) 시설		60	90	40	190
실험시설 건물 및 부대공사	75	72	85	15	247
인건비	8	8	12	12	40
계	130	391	305	170	996
'06년 기준 현재가치 계	130	367.1	268.9	140.7	906.7

자료 : 포항가속기연구소(2005), 제4세대 방사광가속기 구축사업 신규기획 보고서

제4세대 방사광가속기의 운영비용과 관련하여 현재 제3세대 방사광가속기의 운영비용 자료와 제4세대 시설의 특성을 반영하여 2010년의 운영비용(인건비, 직접경비, 간접비 포함)을

1) 비용·편익 분석을 이용한 대표적 연구로서 Brent(1995), Hanley and Spash(1993)을 고려할 수 있다. 그 외에도 R&D 사업( Georghiou, 1992; Gesler, 1995; Lee, 1996; Georghiou and Roessner 2000), 기술 프로그램(Cohendet, 1999), 정책( Georghiou, 2000)의 평가 등 다양한 분야에서 적용되고 있다.

추산하였다. 제3세대 방사광가속기의 운영비용은 <표 2>와 같이 1995년 127억원에서 시작하여 2004년 경우 247억원으로, 연평균 6.7%로 증가하였다. 동 비용은 물가상승률이 반영된 금액이므로, 물가상승률을 3%라고 가정하면 제3세대 방사광가속기 운영비용의 연평균 증가율은 불변가격 기준으로 3.7%라고 할 수 있다.

<표 2> 제3세대 방사광가속기의 연도별 운영비

(단위 : 억원)

연도	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	소계	연평균 증가율
운영비	127	142	177	169	176	178	192	205	224	247	1,827	6.7%

제4세대 방사광가속기가 제3세대 시설의 일부분인 선형가속기를 그대로 이용하기 때문에 제4세대 방사광가속기만의 운영비용은 제3세대의 운영비용보다 적은 84억원으로 추산되며 상세내역은 <첨부 1>에 제시하였다. 제4세대 방사광가속기의 경우 빔라인 수가 3개이므로 End-station 업그레이드시 추가비용이 발생될 것으로 예상되어, 기존 제3세대 방사광가속기 연도별 운영비의 실질 연평균 증가율 3.7%보다 운영비용이 50%정도 더 증가할 것으로 예상된다. 따라서 제4세대 방사광가속기 운영비용의 연평균 증가율을 8.55%( = 3%+3.7%×1.5)라고 가정하면 2010년부터 2030년까지의 총 운영비용은 4,520억원으로 이를 2006년 기준으로 현재가치화한 운영비용 총액은 1,670억원이며 상세 결과는 <첨부 2>에 제시하였다.

상기의 논의를 종합하면, 제4세대 방사광가속기의 건설비용과 운영비용은 2006년 현재가치 기준으로 각각 907억원과 1,670억원으로서 총비용은 2,577억원으로 추산되었다.

## 2) 편익의 추정

제4세대 방사광가속기의 편익은 식(1)과 (2)를 이용하여 추정하였다.

제4세대 방사광가속기의 편익

$$= (\text{생물의약산업의 부가가치}) \times (\text{제4세대 방사광가속기의 기여도}) \quad (1)$$

$$\text{생물의약산업의 부가가치} = (\text{매출액 전망치}) \times (\text{부가가치율}) \quad (2)$$



BT 중 생물의학 산업의 부가가치 규모 추정 후, 방사광가속기의 순기여도를 곱하여 방사광가속기의 창출 부가가치를 추정하였다.<sup>2)</sup> 이를 위해 한국생물산업협회의 생물의학 시장에 대한 현황자료를 토대로 미래 시장규모(매출액)를 중립적 관점(선형함수 회귀)과 비관적 관점(로그함수 회귀)에서 추정하였고, 매출액을 부가가치로 전환하기 위해서 한국은행의 자료를 근거로 환산한 생물의학 산업의 평균 부가가치율을 이용하였다. 제4세대 방사광가속기의 BT 분야의 잠재적 수요자들을 대상으로 설문조사를 실시하여, 생물의학 산업에서 방사광가속기의 순기여도를 추정하였으며, 생물의학산업 시장의 미래 창출 부가가치에 제4세대 방사광가속기의 순기여도를 곱하여 경제적 편익을 추정하였다.

상기의 편익 추정 절차를 단계별로 자세히 서술하면 다음과 같다. 먼저, 생물의학 산업의 시장규모(매출액) 추정을 위해 한국생물산업협회에서 발간하는 『국내 생물산업 현황』 자료 중 1997~2003년까지의 생물의학산업의 시장규모(내수+수출)의 데이터 이용하였다. 여기서 생물의학 산업은 BT을 이용한 각종 치료제, 진단제, 예방제 등의 관련 산업을 범위로 하였다. 본 분석에서는 생물의학 산업의 미래시장에 대해서 1997~2003년까지의 추세를 바탕으로 향후 직선형, 로그함수형으로 성장하는 2가지 시나리오에 근거하여 미래 시장규모를 추정하였다.<sup>3)</sup> 직선형 성장 시나리오는 미래 시장이 1997~2003년까지의 평균성장속도로 성장할 것으로 가정함으로써 생물의학 시장에 대해 미래 시장에 대한 중립적인 관점을 취한다. 반면, 로그함수형 성장 시나리오는 시장의 성장속도가 초반에는 빠르나 점차 정체될 것으로 가정함으로써 미래 시장에 대한 비관적 관점을 취한다. 회귀결과는 <표 3>에 제시하였으며 추정결과는 유의수준 1% 이내에서 모두 통계적으로 유의하다.

2) 방사광가속기의 이용료 수입은 편익에서 제외하였다. 이는 이용료 수입 자체가 부가가치를 창출하는 것이 아니라 부가가치가 한 곳에서 다른 곳으로 이전되는 것에 불과하므로 민간기업의 사업이 아닌 공공부문의 사업에 이용료 수입을 고려하는 것은 합리적이지 않기 때문이다.

3) 미래시장에 대한 낙관적 관점에서 지수함수형 성장 시나리오를 가정할 수 있으나, 이는 분석기간이 길수록 시장규모가 기하급수적으로 팽창함으로 인해 방사광가속기의 편익을 과대추정할 가능성이 높기 때문에 본 분석에서는 제외하였다. 또한 콤펜트 곡선에 기반한 S자형 성장 시나리오는 시장 포화점(saturation point)에 대한 전망치를 구할 수 없는 관계로 적용할 수 없었다.

〈표 3〉 생물의학 시장의 시나리오별 회귀 결과

추정결과	직선형 회귀		로그함수형 회귀	
	계수 (표준오차)	t 통계량	계수 (표준오차)	t 통계량
상수항	-243569239 (34267685)	-7.11	-1855760929 (260632108)	-7.12
연도	122128 (17134)	7.13	244240453 (34289629)	7.12
R2	0.91		0.91	
Adjusted R2	0.89		0.89	

제4세대 방사광가속기의 경제적 타당성 분석은 앞에서 언급한 바와 같이 부가가치 접근법을 사용하기 때문에 미래 생물의학 산업의 매출액 전망치를 부가가치액으로 전환하여야 한다. 이를 위해 생물의학 산업의 매출액에다 동산업의 평균 부가가치율을 곱하였고, 생물의학 산업의 부가가치율은 한국은행의 『기업경영분석』 자료를 이용하였다. 한국은행의 정의에 따르면 부가가치는 경상이익, 인건비, 순금융비용, 임차료, 조세공과, 감가상각비 합으로 구성되며, 이를 적용한 생물의학 산업의 부가가치율은 33.6%이다.

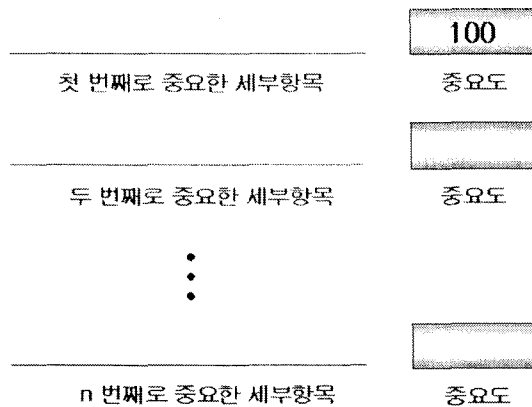
생물의학 산업의 창출 부가가치 중 제4세대 방사광가속기의 기여도를 추정하기 위해서 제4세대 방사광가속기의 잠재적 수요자에게 방사광가속기의 기여도에 대한 설문조사를 실시하였다. 설문대상 Pool은 제3세대 방사광가속기를 사용한 경험이 있으면서 '기술적 타당성 분석 위원회'가 4세대 방사광가속기의 잠재적 사용자로 추천한 121명의 연구자들로 구성하였으며, 소속별, 지역적 분포는 〈표 4〉에 제시하였다. 제4세대 방사광가속기가 대형기초연구시설인 관계로 대학 소속의 비중이 높으나, 지역적으로는 비교적 고르게 분포되었다.

〈표 4〉 설문대상 Pool의 소속별, 지역적 분포

소속별		지역별	
구분	비중 (%)	구분	비중 (%)
산업계	12.4	서울, 경기	33.9
		충청	29.8
대학	60.3	포항	24.0
		영남(포항 제외)	6.6
연구소	27.3	호남	5.8

설문지는 스윙기법을 이용하여 구성하였다. 스윙기법은 <그림 2>와 같이 응답자가 중요하다고 생각하는 요인들을 순서대로 나열하도록 했을 때, 가장 중요하다고 생각하는 요인을 100으로 놓고 나머지 요인에 대해서 순차적으로 상대적인 점수를 매기도록 하는 기법이다. 동 기법은 단순히 제4세대 방사광가속기의 순기여도만을 묻는 것보다, 해당 시장 부가가치 창출에 기여할 수 있는 여타 요인들도 고려하게 함으로써 응답자들이 종합적으로 판단하도록 유도할 수 있다는 장점을 가진다.

<그림 2> 스윙기법에 의한 기여도 평가



※ Scholz and Tietje (2002)에서 인용

<표 5>에 제시된 생물의학 산업의 부가가치 창출의 결정요인 10개에 대한 순위와 상대적 중요도를 질문함으로써, 단순히 방사광가속기의 기여도만을 질문할 때 발생할 수 있는 과대 추정의 편의(bias)를 최소화하도록 하였다.

총 41명(34%)이 응답하였고, 극단치(outlier)를 제거하기 위해 방사광가속기의 기여도 수치 중 상위 5개, 하위 5개의 수치를 배제한 후 평균기여도를 계산하였다. 분석결과 제4세대 방사광가속기의 부가가치 창출에의 기여도는 10.18%로 추정되었다. 생물의학 산업의 부가가치 창출 추정액과 제4세대 방사광가속기의 기여도를 곱하여 제4세대 방사광가속기의 창출 부가가치를 계산한 결과, 직선형 성장 시나리오시 9,124억원, 로그함수형 성장시 4,299억원으로 추정되었으며, 세부결과는 <첨부 2>에 제시하였다. 본 분석에서는 제4세대 방사광가속기

의 편익을 BT산업 중 생물의학 산업으로만 한정하였기 때문에, 편익의 범위를 BT 산업 전체 및 NT·ET산업으로 확대하면 그 편익은 크게 증가할 것으로 예상된다.

〈표 5〉 설문에 사용된 생물의학 산업 부가가치 창출의 결정요인

구분	생물의학 산업 부가가치 창출의 결정요인
기업역량	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술경쟁력 (핵심원천기술, 특허권 등)</li> <li>- 연구인력</li> <li>- CEO 역량(경영기술, 안목, 도덕적 자질 등)</li> <li>- 사전 마케팅 및 홍보</li> </ul>
R&D 금융	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구자금 (기업자체 R&amp;D 투자, 정책 연구자금 등)</li> <li>- 프로젝트 파이낸싱 (임상시험펀드, 엔젤 투자 등)</li> <li>- R&amp;D 투자에 대한 면세 확대</li> </ul>
인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제4세대 방사광가속기의 이용 (생체고분자 구조적 특성 규명)</li> <li>- 기술이전 시스템 활성화</li> <li>- 산학연 연구 협력 체제 구축</li> </ul>

### 3) 비용·편익분석 결과

제4세대 방사광가속기의 비용·편익분석과 관련하여 관련된 비용과 편익을 2006년 현재가치 기준으로 세부 항목별로 정리하면 〈표 6〉과 같다.

〈표 6〉 제4세대 방사광가속기의 비용과 편익 항목

(단위: 억원, 2006년 현재가치)

비용		편익			
		중립적 성장 시나리오		비관적 성장 시나리오	
항목	금액	항목	금액	항목	금액
건설비용	907	부가가치	9,124	부가가치	4,299
운영비용	1,670	잔존가치	0	잔존가치	0
계	2,577	계	9,124	계	4,299
편익/비용 비율		3.54		1.67	

편익/비용 비율이 생물의약 산업의 성장 시나리오와 상관없이 1보다 높은 값을 가지므로 제4세대 방사광가속기의 건설은 경제적으로 타당하다고 할 수 있다. 특히, 제4세대 방사광가속기의 편익을 BT산업 중 생물의약 산업으로만 한정하였음에도 불구하고 모든 시장성장 시나리오에서 경제적으로 타당함으로 판정되었다는 사실은 제4세대 방사광가속기가 현실적으로 매우 높은 경제적 타당성을 가짐을 시사한다. 방사광가속기의 기여도 및 사회적 할인율에 대한 민감도 분석 결과, <표 7>에 제시된 바와 같이 방사광가속기의 경제적 타당성 여부의 결과는 거의 모든 경우에 대해서 크게 변하지 않음을 알 수 있다.

<표 7> 민감도 분석 결과

가속기 기여도(%)	편익/비용 비율		사회적 할인율(%)	편익/비용 비율
	직선형 성장시	로그함수형 성장시		
6	2.09	0.98	4.5	1.73
8	2.78	1.31	5.5	1.70
12	4.17	1.97	7.5	1.63
14	4.87	2.29	8.5	1.60

※ 분석에 사용된 방사광가속기의 기여도와 사회적 할인율은 각각 10.18%, 6.5%임

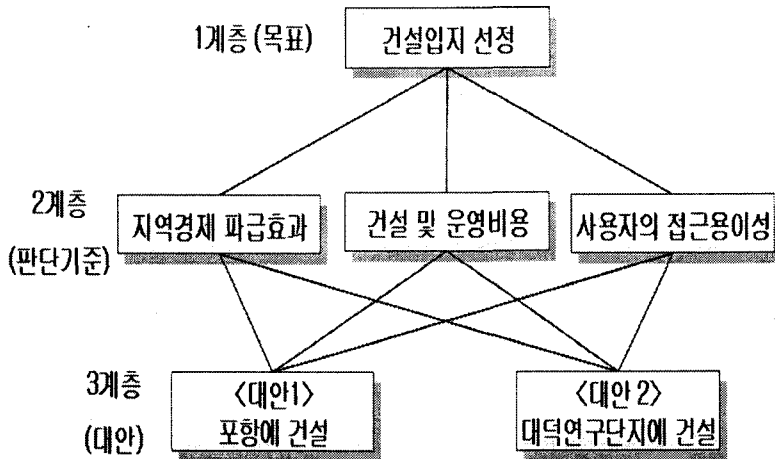
## 2. 최적 입지 및 시기 선정

제4세대 방사광가속기의 건설이 경제적으로 타당한 것으로 판명됨에 따라 본 절에서는 최적의 건설입지 및 착공시기를 선정하는 문제를 분석함으로써 최적전략을 탐색해 보고자 한다. 건설입지와 착공시기 선정의 문제는 서로 판단기준이 상이하기 때문에 분리하여 최적 전략을 도출하였으며, 대안간의 우선순위를 결정하기 위해 AHP를 사용하였다. 이 방법은은 앞에서 서술했듯이 편익과 비용의 정확한 수치가 없이 상대적 중요도만으로 각 대안별 종합 중요도를 도출할 수 있고, 이를 통해 대안간 순위결정이 가능하다는 강점으로 인해 실증연구에 널리 사용되고 있다(Saaty, 1980, 1990). 최적입지 및 착공시기에 대한 설문도 경제적 타당성 여부 분석과 동일한 전문가를 대상으로 하였다.

1) 최적 입지 선정

건설입지에 대한 첫 번째 대안은 포항에 건설하는 것으로서, 3세대 방사광가속기의 일부 시설 및 부지를 활용할 수 있고, 지난 10년간 축적된 노하우를 이용가능하다는 점에서 유력한 대안이 될 수 있다. 두 번째 대안은 대덕연구단지에 건설하는 것으로서, 거대 연구단지가 조성되어 있고, 사용자의 접근성이 뛰어난 측면에서 대안이 될 수 있다. 그 외 수도권 및 호남지역은 현실적 제약으로 인해 가능성이 낮기 때문에 대안에서 제외하였다. AHP 분석을 위해 <그림 3>과 같이 3개의 계층을 설계하였다.

<그림 3> 건설입지 선정을 위한 AHP의 계층설계



설문 응답의 비일관성의 허용도를 15%, 30%, 100%로 하여 AHP 분석을 실시하였다. 허용도를 낮출수록 통계적으로 엄밀하게 대안을 선택하는 장점이 있는 반면 분석에 반영되는 설문 응답의 수가 적어지므로 대표성의 문제가 발생하기도 한다. <표 8>에 제시한 설문결과에 따르면, 2계층(판단기준)에서의 가중치 설문은 비일관성 허용도 내에서 모두 『사용자 접근용이성 > 건설 및 운영비용 > 지역경제 파급효과』 순으로 나타났으며, 『사용자 접근용이성』과 『건설 및 운영비용』은 중요도는 0.40 ~ 0.46 사이의 값으로 큰 차이를 보이지 않았다.

3계층(대안)에서는 『대덕연구단지에 건설』이 사용자의 접근 용이성만 우세하고 건설 및 운영비용, 지역경제 파급효과 모두 『포항에 건설』이 우세한 것으로 나타났다. 2계층, 3계층의 중요도를 종합한 결과는 모든 비일관성 허용도에 대해서 포항이 대덕연구단지보다 건설입지로서 적절함을 보이고 있다.

〈표 8〉 건설입지 선정에 대한 AHP 분석결과

1) 비일관성 무시 (41명)				
대안	지역경제 파급효과 (L:113)	건설 및 운영비용 (L:427)	사용자의 접근용이성 (L:460)	총합계
포항에 건설	0.082	0.307	0.158	0.547
대덕연구단지에 건설	0.048	0.074	0.331	0.453
총합계	0.130	0.381	0.489	1.000

2) 비일관성 ≤ 30% (32명)				
대안	지역경제 파급효과 (L:120)	건설 및 운영비용 (L:437)	사용자의 접근용이성 (L:444)	총합계
포항에 건설	0.089	0.325	0.131	0.545
대덕연구단지에 건설	0.051	0.073	0.331	0.455
총합계	0.140	0.398	0.462	1.000

3) 비일관성 ≤ 15% (21명)				
대안	지역경제 파급효과 (L:129)	건설 및 운영비용 (L:415)	사용자의 접근용이성 (L:456)	총합계
포항에 건설	0.096	0.309	0.118	0.523
대덕연구단지에 건설	0.062	0.075	0.340	0.477
총합계	0.158	0.384	0.458	1.000

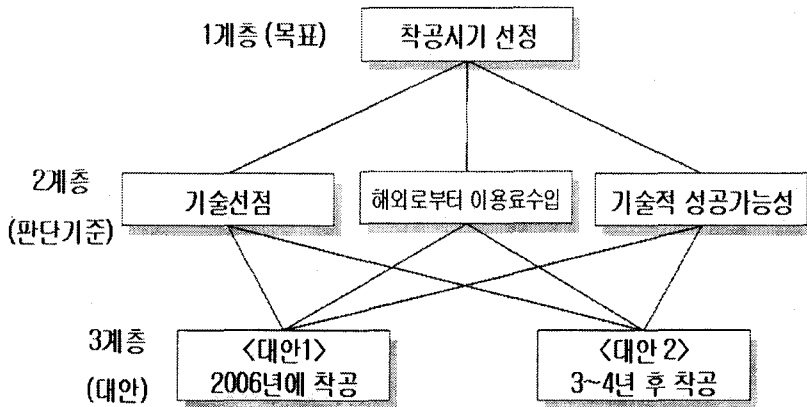
## 2) 최적 착공시기 선정

착공시기에 대한 첫 번째 대안은 첨단기술 분야에서의 선진국과의 치열한 경쟁상황하에서 조속한 건설을 통한 기술선점 효과를 누리기 위해 2006년에 착공하는 것이다. 두 번째 대안은 미국, 독일 등의 건설이 어느 정도 가시화되는 3~4년 후에 건설에 착수함으로써 기술적 불확실성을 해소하고 건설비용을 낮추는 것이다. AHP 분석을 통한 최적 착공시기를

선택하기 위해 <그림 4>와 같이 3개의 계층을 설계하였다.

<표 9>에 제시된 분석결과에 따르면, 2계층(판단기준)의 가중치 설문에서 비일관성을 무시한 경우를 제외하고 모든 대안에서 『기술선점 > 해외로부터 이용료 수입 > 기술적 성공 가능성』 순으로 나타났으며, 이는 첨단기술의 특성상 기술적 위험성을 감수하더라도 기술선점을 하는 것이 중요함을 의미한다. 『해외로부터의 이용료 수입』도 비교적 높은 중요도를 나타내고 있으며, 막대한 건설비용과 운영비용에 대한 재정부담을 최소화하는 방안으로서 이를 중요하게 고려해야 함을 시사한다.

<그림 4> 건설시기 선정을 위한 AHP의 계층설계



본 분석의 종합결과는 모든 비일관성 허용도에 대해서 2006년에 착공하는 것이 3~4년 후에 착공하는 것보다 나은 전략임을 보여준다. 제4세대 방사광가속기가 첨단기술 대형연구 장비이기 때문에 어느 정도의 기술적 불확실성을 감수하더라도 세계 최초로 건설하여 세계 시장을 선점하는 것이 중요함을 의미한다.



〈표 9〉 건설시기 선정에 대한 AHP 분석결과

1) 비밀관성 무시 (41명)				
대안	기술선점 (L: 454)	기술적 성공가능성 (L: 083)	해외로부터 이용료수입 (L: 464)	총합계
2006년에 착공	0.291	0.053	0.298	0.642
3~4년 후 착공	0.073	0.024	0.261	0.358
총합계	0.364	0.077	0.559	1.000
2) 비밀관성 ≤ 30% (25명)				
대안	기술선점 (L: 506)	기술적 성공가능성 (L: 077)	해외로부터 이용료수입 (L: 416)	총합계
2006년에 착공	0.374	0.050	0.308	0.732
3~4년 후 착공	0.094	0.057	0.117	0.268
총합계	0.468	0.107	0.425	1.000
3) 비밀관성 ≤ 15% (11명)				
대안	기술선점 (L: 586)	기술적 성공가능성 (L: 083)	해외로부터 이용료수입 (L: 330)	총합계
2006년에 착공	0.468	0.063	0.264	0.795
3~4년 후 착공	0.078	0.067	0.061	0.206
총합계	0.546	0.130	0.325	1.001

#### IV. 결론

정부 예산집행의 효율성과 투명성을 제고하기 위해 1999년부터 도입된 예비타당성제도는 분석 대상이 도로, 항만, 박물관 등 사회간접자본에 국한되었다. 2006년부터 국가연구개발사업에도 예비타당성 분석이 도입되지만, 관련 선행연구가 많지 않으며, 그 중 대형기초연구시설에 대한 분석은 전무하다는 점에서 본 연구가 그 시발점이 될 수 있을 것으로 기대된다.

제4세대 방사광가속기의 경제적 타당성 분석은 판단기준의 명확성을 위해 건설이 경제적으로 타당한지의 여부에 대한 판단과 경제적으로 타당할 시 최적의 건설입지 및 착공시기를 도출하는 것으로 이분화하였다.

그 결과로서, 시장성장에 대해 중립적인 관점으로 추정한 제4세대 방사광가속기의 창출

부가가치(9,124억원)가 건설 및 운영 총비용(2,577억원)을 상회하므로 건설이 경제적으로 타당하였다. 시장성장에 대해 다소 비관적으로 추정된 경우도 창출 부가가치는 4,299억원이므로, 타당성 여부에 대한 판단은 시장전망에 상관없이 유지되었다. 민감도 분석을 통해 제4세대 방사광가속기의 기여도와 사회적 할인율이 각각 6~14%, 4.5~8.5%까지 변화한다고 가정했을 때에도 경제적으로 타당성 여부는 크게 변하지 않았으며, 이는 본 결과의 일관성이 매우 높음을 의미한다.

제4세대 방사광가속기의 건설 입지선정 문제에서는 모든 비일관성 허용도에 대해 포항이 상대적으로 적합한 것으로 보이며, 착공 시기는 '06년 건설이 모든 비일관성 허용도에 대해 최적의 전략인 것으로 판명되었다.

건설 입지 선정과 관련되어 『건설 및 운영비용』 외에도 『사용자의 접근용이성』이 높은 중요도를 가짐은 종합적으로는 포항이 최적 대안으로 도출되었더라도 경기, 충청권 사용자의 접근 편이를 위한 배려가 필요함을 시사한다. 또한 착공 시기 선정과 관련되어서는 설문 응답한 연구자들은 첨단기술의 선점을 위해서는 정부가 어느 정도의 기술적 위험성의 감수는 필요함을 주장하고 있다.

본 분석에서 편익 추정을 위해서 전문가 설문을 실시하였다. 설문대상 선정, 설문기법 등에 있어서 응답의 공정성 및 합리성을 제고하기 위해 많은 노력을 하였다. 그러나 보다 심층적인 설문문항이 가능했음에도 설문응답률 제고라는 현실적 문제로 인해 제4세대 방사광가속기의 시간에 따른 기여도 변화 및 실제 부가가치로 나타나는 데 걸리는 시차효과는 고려하지 못하였다. 향후 연구에서는 이러한 점 외에도 더욱 정교한 시장추정 모형을 통해 분석의 정확성을 제고할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- 권용수·민철구(1997), 「대형 과학기술 장비의 국가적 운용 시스템 구축에 관한 연구」, STEPI.
- 국회예산정책처(2004), 「예비타당성조사제도 운용상의 문제점과 개선방안」.
- 기술과가치(2002), 「첨단연구장비공동활용사업의 성과 및 기여도 분석」, 한국기초과학지원 연구원.
- 김상춘(2003), 「휴대인터넷 사업의 국민경제적 파급효과 분석」, 한국전자통신연구원.
- 조근태, 조용근, 강현수 (2003), 「계층분석적 의사결정 : The Analytic Hierarchy Process」, 동현출판사.
- 한국개발연구원(1999), 「총괄백서: 예비타당성 조사 어떻게 이루어졌나?」.
- 한국개발연구원(2005), 「예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제4판)」.
- 포항가속기연구소(2005), 제4세대 방사광가속기 구축사업 신규기획 보고서
- 한국바이오산업협회 (1997~2004), 국내 생물산업 현황.
- 한국은행(2004), 2003 기업경영분석.
- 한국전자통신연구원(2004), MPEG-21 표준과 방송콘텐츠의 경제성 분석에 관한 연구, 연구수행기관 : 호서대학교.
- 기획예산처(2005), 예비타당성조사 운용지침.
- Brent, R. J. (1995). Applied Cost-Benefit Analysis. Cheltenham : Edward Elgar.
- Cohendet, P. (1999), Evaluating the industrial indirect effects of technology programmes: the case of the European Space Agency (ESA) Programmes, presented at conference on Policy Evaluation in Innovation and Technology, STI, OECD.
- Geisler, E. (1995), An integrated cost-performance model of research and development evaluation, Omega, International Journal of Management Science, 23(3), pp. 281-294.
- Georghiou, I. and Roessner D. (2000), Evaluating technology program: tools and methods, Research policy, 29, pp. 657-678.
- Georghiou, L (2000), "Evaluation of Research and Innovation Policy in Europe ? New Policies, New Frameworks?" presented at US-European Workshop on Learning from Science and Technology Policy Evaluation Bad Herrenalb, Germany, September 11-14,

(Co-sponsored by the Georgia Tech School of Public Policy and the Fraunhofer Institute for Systems and Innovations Research).

Georghiou, L., and Meyer, K. F. (1992), "Evaluation of Socio-economic Effects of European Community R&D Programmes in the SPEAR Network", *Research Evaluation*, Vol. 2, No. 1.

Hanley, N. and Spash, C. L. (1993). *Cost-Benefit Analysis and the Environment*. Aldershot : Edward Elgar.

Lee, M., Son, B., and Om, K. (1996), "Evaluation of national R&D projects in Korea," *Research Policy* 25, pp. 805-818.

Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill.

Saaty, T. L. (1990), "How to make a Decision: The Analytic Hierarchy Process", *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, pp. 9-26.

Scholz R. W, Tietje O, 2002, *Embedded Case Study Methods: Integrating Quantitative and Qualitative Knowledge* (Sage Publications, Thousand Oaks, CA)

## 〈첨부 1〉 제4세대 방사광가속기 운영비용 (2010년)

	항 목	금액 (백만원)
선형가속기 유지보수	전력변환계통	820
	마이크로웨이브/가속장치 계통	220
	운전 및 제어시스템	200
	냉각시스템	200
	전자석 전원계통	160
	소 계	1,600
선형가속기 성능향상	진단설비	250
	제어설비	200
	전력변환계통	150
	마이크로웨이브/가속장치 계통	100
	냉각시스템	50
	전자석 전원계통	50
소 계	800	
빔라인 성능향상, 유지보수 및 운영비 × 2	이용자 교육, Tutorial 및 빔라인 연구	200
	Diagnostic Hutch 유지보수	100
	진공 부품 및 장비 유지보수	140
	Liquid Nitrogen for CryoCooling	160
	Motiom Control 장치 유지보수	120
	Dynamic Photon Detection 유지보수	200
	기타 실험 소모품	80
	소 계	1,000
전력료	4.5 GeV LINAC 및 B/L ※ 전기료는 에너지와 주파수에 비례	3,500
인건비 및 기타		1,500
총 계		8,400

〈첨부 2〉 연도별 비용 및 편익

(단위 : 억원, 2006년 현재가치 기준)

연도	비용		편익	
	건설비용	운영비용	직선형 성장시	로그함수형 성장시
2006	130			
2007	367.1			
2008	268.9			
2009	140.7			
2010		65	507	319
2011		67	507	306
2012		68	505	292
2013		69	501	279
2014		70	495	267
2015		72	489	254
2016		73	481	242
2017		75	473	230
2018		76	463	219
2019		78	454	208
2020		79	443	197
2021		81	432	187
2022		82	421	178
2023		84	410	168
2024		85	398	160
2025		87	387	151
2026		89	375	143
2027		90	363	135
2028		92	351	128
2029		94	340	121
2030		96	328	115
합 계	906.7	1,670	9,124	4,299