

# 과학기술 인프라 대형가속기 구축·운영 사업 분석

예산분석실 경제산업사업평가과

- 대형가속기는 기초과학의 대표적인 대형연구시설로 최근에는 생명과학, 의학, 핵공학, 재료공학, 나노, 방위산업 등으로 산업적 활용 범위와 영향력이 증가하고 있다. 우리나라에는 총 6기의 대형가속기가 구축·운영 중이며, 2022년까지 총 4조 570억원의 사업비가 투자되었다. 이와 같이 대형가속기 구축·운영에 대규모 재원이 투입되고 있으나, 구축 사업이 빈번하게 지연되고 효과적인 운영체계도 미흡한 것으로 보여, 대형가속기 구축·운영 사업 현황을 분석하고 주요 쟁점사항별 문제점 도출과 개선방향을 제시하고자 한다.
- 분석결과 첫째, 대형가속기 구축 사업의 체계적인 중장기 로드맵을 마련하고, 미래 과학기술 환경변화에 대응한 지속적인 수정·보완으로 재정투자 효율성을 강화할 필요가 있다. 둘째, 사업 추진 전에 ‘사전 기술검증 R&D’ 단계를 신설하여 R&D의 가능성과 위험성을 확인하고, 본 사업 추진시에도 R&D와 시설건설 사업을 단계별로 추진함으로써 사업지연의 위험성을 최소화할 필요가 있다. 셋째, 가속기 전문인력 양성, 대형가속기 간 기술·인력·정보의 공동 활용 촉진 등 대형가속기 운영체계 효율화에 노력할 필요가 있다. 넷째, 차세대 가속기 개발과 주요 장치의 국산화를 위한 전략적인 R&D 투자, 관련 산업체의 기술역량 강화를 위한 사업화 지원에 적극 노력할 필요가 있다.

이병철 예산분석관      과학기술 인프라 대형가속기 구축·운영 사업 현황과 주요 쟁점의 문제점을 살펴보고 효과적인 개선방안에 대해 검토

## I. 대형가속기 개념 및 구축·운영 현황

### 1. 대형가속기 개념

**대형가속기는 ‘입자가속기(Particle Accelerator)\*’와 이를 활용하기 위한 연구장비, 연구설비, 지원시설 등이 결합된 대형연구시설(Large Research Facilities)**

\* 입자가속기는 전기장과 자기장을 이용하여 전자, 중이온, 양성자와 같은 하전입자를 빛의 속도로 가속시키는 장치

**대형가속기 가속입자 및 활용목적별 유형**

구분	가속입자	활용목적
방사광가속기	전자	물질의 구조분석 및 현상관측
양성자가속기	양성자	물질변화, 중성자 생산
중이온가속기	중이온	희귀동위원소 생성 및 활용연구
중입자가속기	중이온	암 치료 및 치료기술 연구

\* 자료: 중이온가속기구축사업단

**중이온가속기 구동 원리(예시)**

\* 자료: 중이온가속기구축사업단

## 2. 국내 대형가속기 구축·운영 현황

국내 대형가속기는 방사광가속기 3기, 양성자가속기 1기, 중이온가속기 1기, 중입자가속기 1기 등 총 6기

### 국내 대형가속기 구축·운영 현황

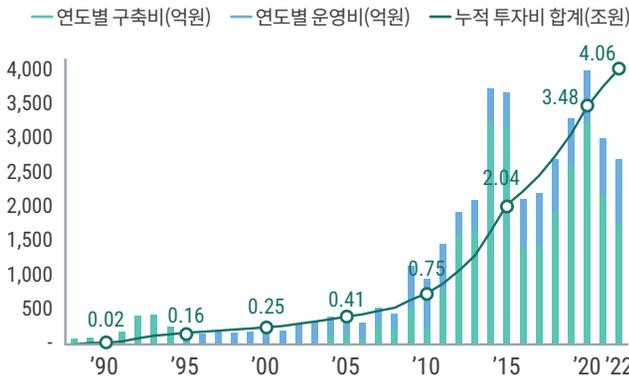
구분	형태	구축기간 (성능향상)	총투자비 (성능향상)	운영주체	지역	비고
방사광 가속기	3세대	원형 1991~1994 (2009~2011)	1,500억원 (1,000억원)	포항가속기연구소	포항	운영중
	4세대	선형 2011~2015	4,298억원		포항	운영중
	다목적	원형 2021~2027	1조 454억원	한국기초과학지원연구원	청주	구축중
양성자가속기	선형	2002~2012	3,143억원	한국원자력연구원	경주	운영중
중이온가속기	선형	2011~2022(1단계)	1조 5,183억원	기초과학연구원	대전	구축중
중입자가속기	원형	2010~2024	2,596.1억원	서울대학교병원	부산	구축중

\* 자료: 과학기술정보통신부

## 3. 대형가속기 재정투자 현황

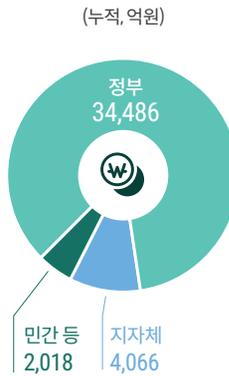
총 누적 투자비(1988~2022)는 4조 570억원(구축비 2조 8,702억원, 운영비 1조 1,869억원)

### 연도별 총 투자액



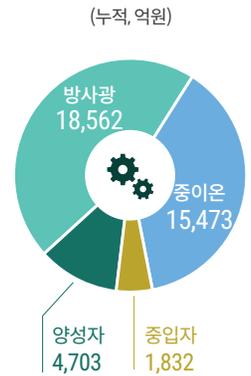
\* 자료: 과학기술정보통신부

### 재원별 총 투자액



※ 구축, 운영비 포함

### 대형가속기별 총 투자액



### 대형가속기 총 구축비 대비 운영비 투자현황

(단위: 억원)

구분	운영기간	총 구축비	총 운영비	연평균 운영비
3세대 방사광가속기	'95~	1,500	8,543	305
4세대 방사광가속기	'16~	4,298	1,326	190
양성자가속기	'02~	3,143	1,560	156
합계		8,941	11,429	651

\* 자료: 과학기술정보통신부

## II. 주요 쟁점 분석

### 1. 대형가속기 구축사업 체계

2012년 「제2차 국가대형연구시설 구축지도」 수립 이후 정부의 대형연구시설 중장기 로드맵 수립 부재

#### 국가대형연구시설 구축지도 수립 현황

구분	제1차(2010)	2차(2012)
제안시설 수	5대중점 투자분야 69개 시설	500억원 이상 13개 시설
평가기준	과학기술적 중요성, 국가차원의 활용성, 경제사회적 파급성	
타당성검토	연구자 수요조사	수요조사, 실태조사, 성과분석
보완주기	2년(비정기적)	3년(주기적 보완)
투자시기	2025년까지 투자 우선순위(S, A, B군)	2030년까지 그룹별 (단기, 중기, 장기) 투자시기

\* 자료: 국가과학기술위원회

국가차원의 체계적인 중장기 로드맵 수립과, 미래 환경변화와 연구수요를 반영한 지속적인 수정·보완 필요

중이온가속기와 중입자가속기 구축사업이 당초계획에 비해 사업기간 지연 및 사업비 증가문제 지속

#### 중이온가속기 및 중입자가속기 구축 계획 현황

구분	당초	현재안	증감	
중이온 가속기	사업기간	2011~2017년	2011~2022년	+5년
	총사업비	14,445억원	15,183억원	738억원
중입자 가속기	사업기간	2010~2015년	2010~2024년	+9년
	총사업비	1,950억원	2,596.1억원	+646.1억원

\* 자료: 과학기술정보통신부

대형연구시설 구축은 고난도의 기술개발이 요구되고, 사업계획 자체에 높은 불확실성을 내포하고 있지만, 사업계획이 미흡하고 사업관리가 체계적이지 못함

대형연구시설 구축 사업의 특성을 고려한 효과적인 사업관리체계 구축에 노력할 필요

대형연구시설 구축사업은 일반적으로 '대형연구개발사업(R&D)'과 '대형시설·장비 구축 사업'이 결합된 특징을 갖고 있지만, 기획단계에 면밀한 R&D검증이 미흡하고 R&D사업과 시설건설 사업의 단계별 추진 부재

#### 중이온가속기 및 중입자가속기 구축 추진 현황

구분	R&D	장치구축 및 시설건설
중이온 가속기	가속장치, 기반장치, RI 생성장치, 실험장치 개발 중	중이온가속기 장치 구축 연구지원시설 건설 (2021.5. 완공)
중입자 가속기	의료용 중입자가속기 개발에서 장비도입으로 사업 내용 변경	중입자가속기 치료센터 건설 (2016.5. 완공)

\* 자료: 과학기술정보통신부

#### 대형연구시설 구축 사업 추진 절차 개선방안(안)

사전 기술검증
사업계획 수립
본 사업 추진

사전 기술검증 R&D

사전 기술검증 R&D결과 전문가 검토

사업계획 (기본설계) 수립

예비 타당성 조사

사업계획 확정

핵심장치 기술개발 R&D

시설건설 사업

\* 자료: 국회예산정책처

#### <참고 사례>

- 미국 에너지부(DOE, Department of Energy), 'CD(Critical Decision)체계': CD체계는 프로젝트 단계별 CD를 완료해야 다음 단계로 진행할 수 있는 의사결정 체계로, 총 프로젝트 비용 \$50M 이상의 모든 에너지부 프로젝트에 의무적으로 적용
- 우리나라 국방R&D, '기술성숙도 평가' 제도: 무기체계 개발사업 추진 전에 핵심기술요소\*들의 기술성숙도를 정량적으로 평가하고, 평가결과에 따라 사업 추진 여부를 결정하는 제도 \*핵심기술요소(Critical Technology Elements; CTE)는 사업 완수를 위해 기술적으로 중요한 요소를 의미

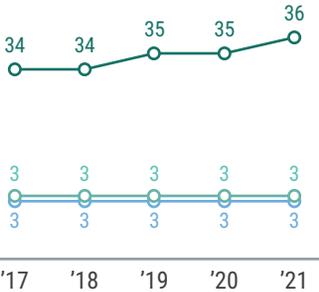
대형가속기를 포함한 대형연구시설 구축 사업 추진 전 '기술개발 검증 R&D' 단계를 신설하고, 본 사업에 R&D단계와 장치·시설구축 단계를 구분하여 추진함으로써 R&D로 인한 사업 지연의 위험성을 최소화할 필요

## 2. 대형가속기 운영체계 및 성과

대형가속기 활용 수요는 크게 증가했으나 한정된 빔라인 수 등으로 인해 과제지원율은 감소 및 정체

### 대형가속기 빔라인 운영 현황 (개)

— 3세대방사광 — 4세대방사광 — 양성자



\* 자료: 과학기술정보통신부

### 대형가속기 운영 성과

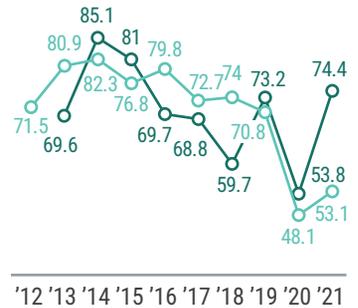
■ 이용신청(건) ■ 실험수행(건)  
■ SCI논문(건) ■ 실험인원(명)



\* 자료: 과학기술정보통신부

### 3세대 방사광가속기와 양성자가속기 과제지원율 (%)

■ 3세대 방사광가속기 ■ 양성자가속기



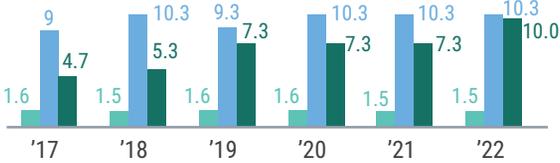
\* 자료: 과학기술정보통신부

이용 수요가 적은 빔라인 개조, 연구자 이용 지원체계 개선, 기술인력정보의 공동활용 체계 구축 등 효과적인 운영체계 구축이 필요

### 대형가속기의 운영인력 확충이 미흡하여 빔라인의 효과적인 운영과 연구자 지원에 부족한 수준

#### 대형가속기 빔라인당 운영인력 현황 (명)

■ 3세대방사광 ■ 4세대방사광 ■ 양성자



\* 자료: 과학기술정보통신부

#### 주요국 방사광가속기 빔라인당 운영인력 (명)

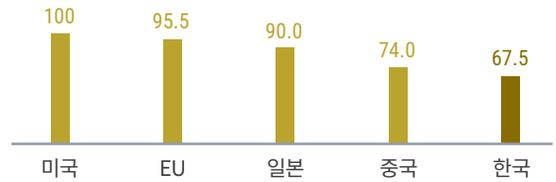


\* 자료: 국가과학기술심의회(2017)

향후 대형가속기 운영 확대에 대비하여 전문인력 양성 촉진과 대학·출연연·기업체의 전문인력 활용 필요

### 대형가속기 제조 및 운영 기술수준이 주요국에 비해 낮고, 주요 장치와 품목의 국산화율 미흡

#### 차세대가속기 주요국 기술수준 (%)



\* 자료: 과학기술정보통신부

#### 대형가속기 구축 국산화율 (%)



\* 자료: 과학기술정보통신부

차세대가속기 분야 기술수준 향상을 전략적인 R&D투자, 관련 산업체 기술역량 강화 및 사업화 지원 필요