

2022-03

기초연구인프라 중장기 지원방안에 대한 연구  
(A study on the midium- to long-term support  
plans for basic research infrastructure)

연 구 기 관 : 한국기초과학지원연구원

연구책임자 : 권 성 일

2022. 3. 11

과학기술정보통신부

# 안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의  
개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식견해  
가 아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 임 혜 숙

## 제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “기초연구인프라 중장기 지원방안” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021년 11월 30일

연구기관명 : 한국기초과학지원연구원

연구책임자 : 권 성 일

참여연구원 : 이 훈 현

김 용 주

권 숙 현

진 수 진

# 요 약 문

## 1. 연구필요성

- 연구인프라(연구시설·장비)는 과학기술 연구개발 혁신성과 창출의 필수요소로, 특히 기초 연구분야에서 세계적인 연구성과 도출과 연구경쟁력 확보를 위한 가장 중요한 수단
- 연구의 패러다임이 과거 실험실을 중심으로 한 소규모 그룹연구방식에서 현대에는 최첨단 거대연구인프라를 기반으로 집단연구로 변화하고 있음
- 대형 연구인프라는 국가경제성장에 크게 기여할 뿐만 아니라, 경제·사회적으로 지대한 파급효과를 창출
  - (과학적) 최근의 혁신적 연구성과에는 거대연구인프라를 중심으로 하는 집단연구가 기반(CERN LHC → 힉스입자, EHT → 블랙홀 촬영, LIGO→중력과 발견)
  - (경제적) 대형연구인프라의 운영을 통해 신산업이 창출되고, 지역발전(고용, 소비)에 영향
  - (사회적) 대형연구인프라를 통해 과학에 대한 사회적 친밀도를 높이고 사회문제에 직접적으로 활용되며, 다양한 고경력 인력을 배출
- 최근 과학기술을 통한 혁신성과창출을 위해 기초연구분야에 투자를 확대하고 있으며, 기초연구분야의 연구역량 강화를 위한 다양한 정책을 추진 중
  - 하지만, 정부의 연구개발투자는 개인연구자를 위한 중소형 과제 위주로 지원하고 있어, 연구인프라에 대한 투자가 감소하고 있는 상황

국가연구시설장비 투자현황 (단위:억 원,%)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020**
조사분석 대상사업*	128,213	135,686	144,365	153,266	163,869	164,624	166,171	167,861	174,095	204,480
시설장비 구축액	7,659	10,770	6,879	7,862	9,711	9,501	9,302	7,033	6,758	7,823
비중	6.0%	7.9%	4.8%	5.1%	5.9%	5.8%	5.6%	4.2%	3.9%	3.8%

\* 조사분석 대상사업에서 국방 R&D사업을 제외한 금액  
 \*\* 2020년도 국가연구시설장비 조사분석보고서는 아직 미발간 되었으며, 본 데이터는 ZEUS등록데이터로 추후 변동예정

※ 출처 : 국가연구시설장비 조사분석보고서(2011~2019), 연구진 정리 및 분석

- 최근 주요선진국은 연구인프라에 대한 안정적 투자를 추진하기 위해, 로드맵 및 투자 포트폴리오를 마련하며, 다양한 구축·활용방안을 마련함
  - 미국, 유럽연합 등 주요 선진국은 연구패러다임의 급격한 변화에 대응하여 국가의 역량으로 구축이 어려운 초거대 연구인프라를 국제협력으로 구축·활용하는 체계를 마련하고 있음
  - 중국, 일본과 같은 주변국가는 기초연구분야의 초대형 연구인프라를 국가 전략차원으로 구축·운영하고 있으며, 이를 통해 국내외 공동연구 촉진 및 선진기술추격의 발판으로 활용
- 따라서 기초연구를 통한 국가혁신체계를 지원하고, 개인연구자간의 융합연구를 촉발하기 위해 연구인프라에 대한 구축체계 마련이 시급함
  - 현재 개인연구자 주도형 기초연구사업의 확대기조가 기초연구인프라의 구축에 어떠한 영향을 주었는지 분석하고 기초연구인프라의 전략적인 구축·확용 방안을 제시할 필요가 있음

## 2. 연구목표

- 본 연구는 “기초연구분야를 활성화하기 위해 관련 연구인프라를 어떻게 지원할 것인가?”라는 연구문제의 답을 합리적 방법론을 도입한 정책연구를 통해 제시하고자 함
  - ‘단순하게 지원을 확대해야 한다’ 또는 ‘어떠한 대형연구인프라가 필요하다’라는 결론을 가지고 이를 뒷받침할 만한 논거를 제시하는 것에 초점을 두지 않으며, 현실적으로 어떠한 방안이 기초연구인프라에 적합한지 합리적으로 판단하는데에 중점을 둠
- 위의 연구문제를 해결하기 위해 본 연구에서 설정한 구체적 연구목적은 다음과 같이 세가지로 구성됨
  - (연구목적 1) 지난 10년간 정부의 연구개발 투자현황과 이에 따른 연구인프라 투자 형태를 분석하고, 별도로 기초연구 및 기초연구인프라에 대한 투자기조 도출
  - (연구목적 2) 국외 기초연구인프라 투자정책, 연구현장의 수요 및 설문조사 결과를 분석하여, 현재의 투자기조와의 차이 및 개선방향 도출함
  - (연구목적 3) 개선방향에 대한 구체적인 추진방안 및 정책적 개선방안 제시
- 따라서 본 보고서는 다음과 같이 구성됨
  - 제1부 서론에서 연구의 배경 및 목적을 설명함
  - 제2부 정책 및 투자유형에서 기초연구관련 정책현황 및 이에 따른 기초연구인프라 정책 및 투자현황을 분석함
  - 제3부 기초연구인프라에 대한 현장인식 및 수요에서는 기초연구인프라의 활용방법

및 필요성에 대한 연구현장의 인식, 국외 로드맵 분석을 통한 연구인프라 구축수요와 국내 학술단체 및 연구기관대상 설문조사로 파악된 수요에 대해 분석하고 전체적인 수요비교를 통해 이슈사항을 도출함

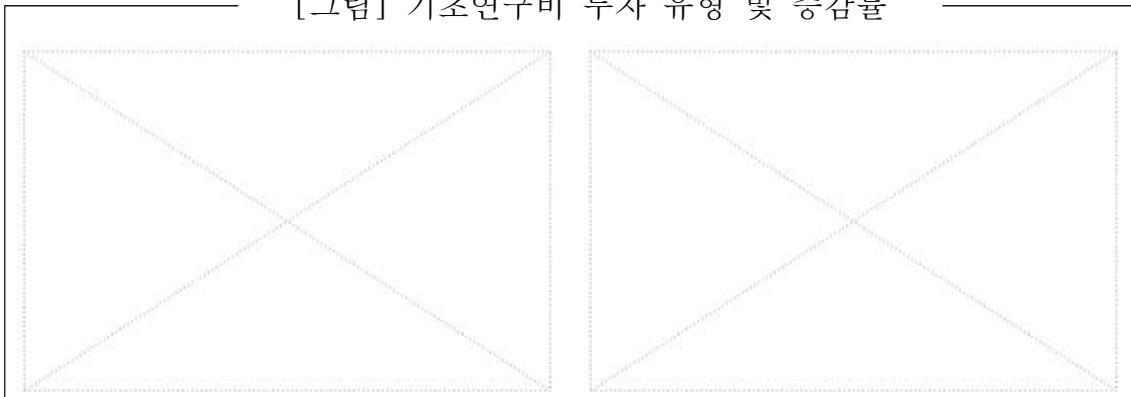
- 제4부 기초연구인프라 핵심이슈 및 개선방안 도출에서는 국내 기초연구인프라 투자 현황 및 향후 수요를 기반으로 정책적 개선방향을 도출하고 이에 대한 세부적인 추진 계획을 도출하여 향후 개선방안을 마련함

### 3. 연구내용 및 결과

#### 가. 기초연구인프라의 정책분석

- 우리나라는 기초연구에 대한 정부투자의 중요성 및 당위성을 기반으로, 과학기술기본 계획이 최초로 수립된 2002년 이전부터 지속적으로 ‘기초연구 투자확대’를 과학기술 분야 핵심정책 중 하나로 제시하고 있음
- 기초연구는 과학기술의 근원이며, 기술과 산업이 진보할 수 있는 원천기술 선점의 도약대 역할을 수행하여 중요성이 인정되나, 민간투자가 불충분하여 정부재정지원이 필요하고, 특히, 연구인프라는 과학기술분야 혁신적 성과 창출에 핵심적 역할을 수행하기 때문에, 매우 중요한 요소임
- 기초연구의 중요성이 높아짐에 따라 기초연구분야 투자의 규모가 점차 확대되었으며, 문재인 정부에서는 기초연구 중 개인연구자 주도의 상향식 연구의 투자비중이 높아짐
- 투자 총액 및 수혜과제가 증가함에 따라 평균과제금액은 10년간 큰 변화가 없음

[그림] 기초연구비 투자 유형 및 증감률



※ 출처 : 한국연구지원통계(<https://stats.nrf.re.kr/>), 연구진 정리 및 분석

[표] 개인연구자 주도 상향식 사업의 현황

구분	년도										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
과제수(건)	10,295	10,869	11,593	12,068	11,846	12,106	16,528	17,576	23,135	23,612	
사업비총액(억원)	9,454	10,091	10,301	10,395	10,824	11,150	12,814	14,322	17,120	20,382	
과제당사업비(억원)	0.92	0.93	0.89	0.86	0.91	0.92	0.78	0.81	0.74	0.86	
과제수 증가율(%)	-	105.58%	106.66%	104.10%	98.16%	102.19%	136.53%	106.34%	131.63%	102.06%	
사업비 증가율(%)	-	106.74%	102.08%	100.91%	104.12%	103.01%	114.93%	111.76%	119.54%	119.05%	
과제당 사업비증가율(%)	-	101.10%	95.71%	96.94%	106.07%	100.80%	84.18%	105.10%	90.82%	116.65%	

※ 출처 : 한국연구지원통계(<https://stats.nrf.re.kr/>), 연구진 정리 및 분석

- 기초연구인프라 정책은 수월성 관점의 정책(특정기관 및 초대형시설의 육성)과 안정성 관점 정책(공동활용거점기관 육성과 공동활용 플랫폼 마련)이 병행되는 형태로 추진

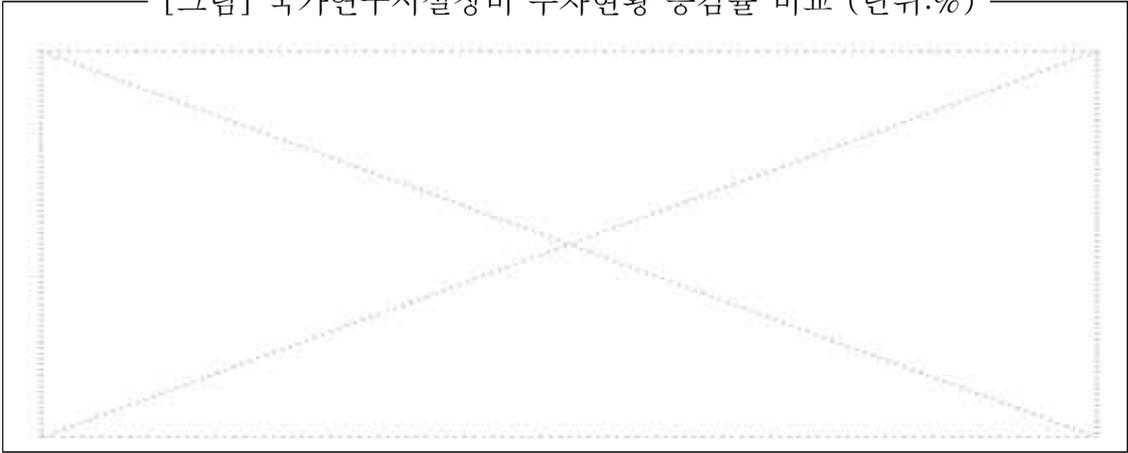
[그림] 수월성/안정성의 과제당 인프라구축 금액 및 증감률 비교>



#### 나. 기초연구인프라 투자유형분석

- 전체 국가연구개발사업의 투자규모는 증가하고 있으나, 전체 연구인프라 투자금액은 감소하고 있는 반면 기초연구분야는 사업의 투자규모와 인프라 구축규모가 일정하게 유지중임
- 반면 국가연구개발사업으로 구축하는 연구인프라의 평균금액은 급상승하여, 초대형인프라(구축금액 10억원~50억원)의 비중이 높아지고 있으나, 기초연구인프라는 중형미만(1억 미만)의 구축비중이 가장 높으며 지난 10년간 큰 변화가 없음

[그림] 국가연구시설장비 투자현황 증감률 비교 (단위:%)

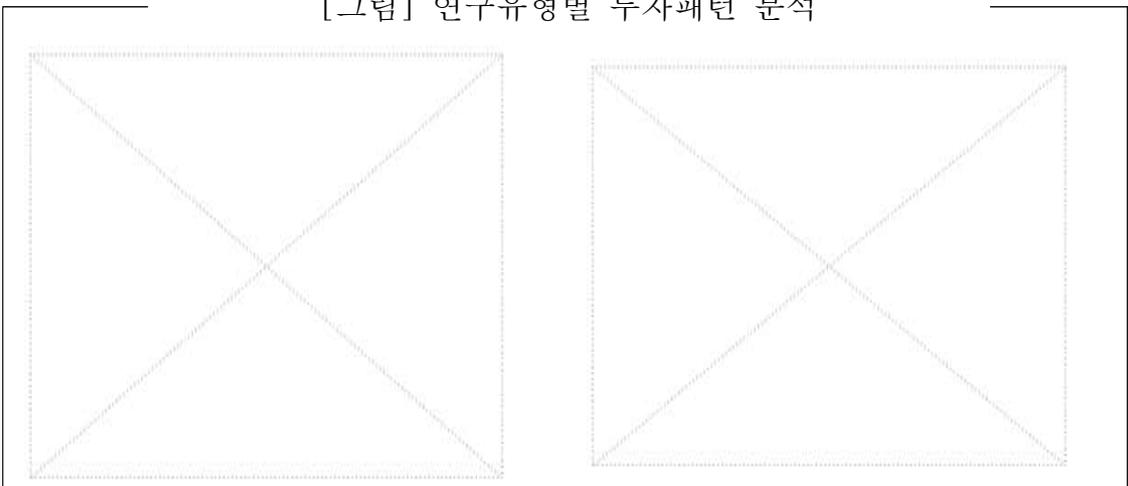


[그림] 규모에 따른 연구인프라 투자증감현황 (단위:억원)



※ 출처 : 국가연구시설장비조사분석보고서(2011~2019), 연구진 정리 및 분석

[그림] 연구유형별 투자패턴 분석



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

- 대형기초연구인프라(50억원 이상)는 지속적으로 투자가 증가하고 있으나, 특정분야에 집중되어 있는 반면, 중대형이하의 기초연구인프라의 투자규모는 점차 감소
- [그림]의 산포도와 같이 기초연구분야의 투자규모는 타 분야와 다르게 일정규모를 유지하고 있으나, [그림]의 선형그래프와 같이 타 분야의 평균 취득가액은 증가하는 반면 기초연구분야의 연구인프라 평균구축금액은 투자확대와 관련 없이 감소하는 중
- 기초연구사업의 투자금액규모와 연구인프라 구축금액 추이를 분석할 때, 기초연구사업의 과제수와 과제금액, 그리고 기초연구인프라의 구축금액 및 구축수가 일정하게 증가하는 현장을 볼 수 있음. 이는 투자의 형태가 수혜확대에 중점을 두고 있음을 의미

— [그림] 기초연구사업의 투자금액과 인프라 투자현황비교 —



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

- 타분야의 경우 연구인프라 구축수는 감소하는 대신 평균 구축금액은 증가하고 있음. 이는 고성능 또는 규모가 큰 인프라의 수요가 높아지는 것으로 판단함
- 따라서 증가하는 중대형이상의 연구인프라의 수요에 대응하기 위해, 현재 소규모 과제를 통해 구축을 지원하는 기초연구인프라 투자정책에 대한 개선이 필요할것으로 판단함

#### 다. 주요국의 기초연구인프라 투자유형 분석

- 최근 글로벌 기초연구정책은 혁신성과 창출에 밀접하게 연관되어 있고, 전통적인 기초연구개념이 파괴적으로 변화함에 따라, 사회문제 해결등의 목적형연구가 확대되고 있음

- 기초연구정책의 변화에 따라 기초연구인프라정책에도 큰 변화가 감지되고 있으며, 연구인프라의 활용범위를 국제-국가-거점으로 구분하여 연계 추진하는 형태를 보임
- 주요국은 최첨단 연구인프라의 중요성을 강조하고 이를 반영한 다양한 사업들이 추진. 그리고 연구인프라의 공동활용을 도모하기 위해, 주요 연구인프라에 대한 국가관리를 강화하고 있으며, 통합정보서비스 및 원격활용, 데이터관리 등의 인프라를 추가적으로 지원
- 또한 핵심 기초연구인프라에 대해 전략적 확보계획을 수립하고 있으며 이를 기반으로 체계적인 구축을 유도. 아울러 초대형 연구인프라 뿐만 아니라 중대형 연구인프라의 효율적 구축 및 운영 그리고 이를 통한 네트워크형성에도 많은 관심을 기울이고 있음
- 물리적으로 구분되는 단일형(single-sited) 연구인프라 뿐만 아니라 기존의 여러인프라를 통합하여 네트워크를 형성하는 분산형(distributed) 연구인프라의 구축도 지원
- 대형기초연구인프라에 대해 해외 주요국은 중장기적 로드맵, 사전R&D를 수행할 수 있는 트랙 등의 운영, 초거대 연구인프라의 국제협력 등의 정책으로 체계적 구축을 지원
- 기초연구개발과제 및 일반적인 기초연구기반지원(참여연구원 인건비, 연구지원인력등)과 기초연구인프라를 분리하여, 대부분 연구과제를 수행하는 연구자에게 기초연구인프라 구축을 지원하기 보다는 잘 운영하고 다른 연구자를 지원할 수 있는 곳에 인프라를 구축
  - 미국은 기초연구과제 선정 시 과제에 활용될 연구인프라에 대한 사전 활용가능여부 및 실질적 사용료를 반영하여, 공동활용을 유도하고 있음
  - 단순하게 구축억제를 통한 비용절감 관점의 공동활용이 아닌, 연구인프라를 잘 운영하는 곳에서 연구서비스를 받을 수 있도록 하고, 이를 통한 수익으로 연구인프라의 전문성을 높이는 선순환 정책 운영
  - 또한 공동활용 연구인프라를 연구네트워크 확산 및 공동연구를 촉발하는 매개체로 활용
- 우리나라는 기초연구개발에 대한 기본적인 지원(연구인력, 연구지원인력, 인프라운영인력, 인프라운영비용)이 없이, 대부분 연구목적의 과제를 통해 모든 것을 해결해야 하는 구조
- 기초연구과제의 일환으로 기초연구인프라를 구축하고 있어, 연구성과가 뛰어난 연구자에게 기초연구인프라가 집중되는 현상을 보이고 있음
- 기초연구의 경우 수월성보다는 안정성에 치중된 경향이 더욱 강해지고 있으며, 소액 위주의 안정성 과제로 구축할 수 있는 연구인프라의 규모는 한정적일 수 밖에 없음
- 따라서 연구현장이 필요로 하는 연구인프라의 수요와 활용방식 등을 파악하여 개인 연구자 중심의 기초연구를 뒷받침 할 수 있는 인프라 지원체계 마련이 절실

[표] 우리나라와 주요국의 기초연구인프라 투자 및 활용비교

비교항목	한국	미국	유럽연합	중국	일본
기초연구인프라 로드맵수립여부	없음	없음 (재원관리)	있음	있음	있음
기초연구인프라 로드맵수립주체 및 수립방식	없음	중앙정부, 상향식	별도위원회, 상향식	중앙정부, 하향식	민간, 상향식
기초연구인프라 용도	연구지원	연구지원	연구지원, 협업연구, 우수인력확보, 국제네트워킹	연구지원, 협업연구, 우수인력확보, 국제네트워킹	연구지원, 협업연구, 우수인력확보, 국제네트워킹
기초연구인프라 범위	시설·장비	시설·장비, 시료관리, 데이터	시설·장비, 시료관리, 실험데이터	시설·장비, 시료관리, 실험데이터	시설·장비, 시료관리, 실험데이터
투자지원범위	구축	구축	구축, 운영	구축	구축, 운영
구축주체	연구자	구축지정기관	구축지정기관	운영지정기관	활용기관
운영주체	연구자	기관(전문인력)	기관(전문인력)	기관(전문인력)	기관(전문인력)
별도재원여부	일반사업 동일	별도제원 (목표치제시)	별도제원 (목표치제시)	별도제원	별도제원
국가관리범위	구축	기획, 구축, 운영, 활용, 처분	기획, 구축, 운영, 활용, 처분	기획, 구축, 운영, 활용	기획, 구축, 운영, 활용

출처: 연구진 정리

## 라. 국내·외 인프라 수요분석 및 이슈 도출

- 국내 기초연구인프라에 활용현황을 파악하여 향후 확충 전략 수립을 위한 정책방안을 도출하기 위하여 '16년~'20년에 기초연구를 수행한 연구자를 대상으로 설문조사 실시
  - 설문조사 결과 대부분이 연구분야와 연구자에 따라 중요하게 활용한 연구인프라의 규모가 차이가 있고, 기초연구에 투입되는 연구인프라는 중형(1억~10억미만)규모의 인프라가 활용되는 것으로 분석결과와 일치하는 응답결과가 제시
  - 대부분의 기초연구자는 과제를 통해 연구인프라를 구축하고 있으며, 과제의 규모가 크거나, 첨단연구를 수행할수록 대형연구인프라를 공동활용하고 있음. 아울러 연구인프라를 연구수행에 매우 중요한 요소로 보고 있으며, 활용범위는 단독활용을 요구

[표] 기초연구인프라의 중요성

설문 응답자의 수행과제수 인프라규모	설문 응답자의 수행과제수				총합계
	10개미만	11~20개	21~30개	31개이상	
소형(3천만원미만)	48%				48%
중소형(3천만원~1억원)	61%	51%	43%		58%
중형(1억원~10억원)	58%	57%	43%	63%	57%
중대형(10억원~50억원)	59%	52%	54%	86%	58%
대형(10억원~50억원)	77%	69%	43%	80%	74%
초대형(500억원이상)	77%	70%	85%	100%	79%
총합계	61%	57%	51%	80%	60%

- 국내 기초연구인프라의 미래수요를 파악하기 위해서 연구기관과 학회, 연구자를 대상으로 4차례 수요조사를 실시
  - 연구기관 및 학회를 대상으로 조사를 실시한 결과, 총 210개의 기초연구인프라의 수요가 파악되었으며, 중복된 연구인프라(52개)와 중대형미만 인프라(50억원 미만, 109개)를 제외한 수요는 총 49개로 파악
  - 1,2차 국가대형연구시설구축지도(NFRM, 1차 2010, 2차 2012)를 통해 파악된 구축규모(6조원, 평균 891억원)와 수요조사결과는 큰 차이가 없으나 신규수요가 일부 추가됨
  - 하지만 국내조사를 연구자, 연구기관, 학회등 주요 수요자에게 설문조사를 시행하였으나, 대부분의 응답에서 중형미만의 연구인프라에 대한 수요가 많이 도출되었으며, 대형 및 초대형 연구인프라에 대한 수요는 크게 제시되지 않았으며, 기존 로드맵을 통해 파악된 연구인프라가 다시 제시
    - 기초학문분야에서 대형이상의 연구인프라를 활용할 수 있는 실질적인 이용자 그룹이 국내에는 10여명(PI급) 정도로 매우 작기 때문에(가속기, 하나로원전등 범용성 제외), 단순한 수요조사로는 미래수요를 대변할 수 없음
    - 거대 연구인프라를 통해 융합학제연구를 수행하고 이를 통해 수월성 연구성과를 도출하는 현재의 연구추세를 감안할 때, 향후 기초연구추진체계에 대한 근본적 고민이 필요함
    - 따라서 대형이상의 기초연구인프라는 국가 기술전략관점에서 구축계획 마련 및 추진이 필요하며 이를 위해 기술적 수요파악 및 체계적 연구를 통해 필요연구인프라에 대한 전략적 구축방안 연구와 단순 국내수요 뿐만 아니라 국외수요까지 종합한 계획수립이 필요

- 주요국은 상향식 수요를 기반으로, 연구커뮤니티를 통해 구체적 수요 및 구축방안을 마련하고 있으며, 연구인프라에서 발생하는 데이터 및 자원을 관리하는 인프라도 구축관리대상으로 파악
- 유럽연합은 ESFRI를 통해 기초연구를 포괄하는 혁신연구 추진을 위한 연구인프라 로드맵을 수립하고 있으며 이를 기반으로 전략적 구축 및 관리를 추진
  - 사회적 문제해결을 위해 다양한 분야를 결합한 형태의 인프라를 구축하고, 최근 빅데이터 및 인공지능 기술이 전체 연구영역에 확산됨에 따라 IT인프라의 확충이 눈에 띄게 증가
  - 중국 국가발전개혁위원회 주도로 세부추진방안을 지속적으로 보완하고 있으며, 7대 분야 연구시설 대한 구체적인 투자 포트폴리오 제시
- 일본학술회의(SCJ)와 관련 법률에 근거하여 연구시설에 대한 구축계획을 포함한 '학술 대형연구계획 마스터플랜'을 수립하고 있으며, 대형연구인프라를 별도로 분리하는 것이 아닌 '학술 대형연구계획 마스터플랜'의 대형연구과제로 연구인프라 구축계획 마련
- 미국의 연구인프라 로드맵은 별도로 마련되어 있지 않으며, 개별인프라의 수요에 대해 학술커뮤니티의 자율영역에 의해 추진
- 비교 대상 국가는 기초연구인프라에 대한 연구현장의 수요 또는 아이디어를 조사한 후, 분야별 전문가 그룹을 구성하여 충분한 숙의과정을 거치는 제도를 운영

[그림] 주요국가의 기초연구인프라 구축계획 종합



※ 출처 : 각국의 로드맵 분석결과

- 우리나라는 일부연구자의 아이디어를 선별적으로 지원하고 이를 구축하는 방식으로, 우리나라와 주요국의 수요를 비교해보면 대부분 단기구축에, 소규모의 연구인프라를 요구하고 있음. 또한 수요에 대해 객관적 검증체계가 마련되어 있지 않아 보완이 필요
  - 우리나라는 개인연구자 차원의 기초연구인프라의 구축·운영에 중점을 두고 있으나, 주요국은 상향식으로 국가차원의 종합수요를 파악하여 이를 거점형태의 공동활용 체계로 종합하거나 초대형 연구인프라로 구체화하는 프로세스를 마련
  - 기초연구인프라에 대한 투자목표 또는 가용예산범위가 불분명한 상황에서, 실질적 수요파악 및 구체적인 구축계획 마련이 어렵고, 이는 연구인프라의 무분별한 구축·운영으로 연결
- 주요국은 상향식 수요를 적극 발굴하여, 연구커뮤니티를 통해 구체화 하고 있으며, 연구인프라에서 발생하는 데이터 및 자원을 관리하는 인프라도 구축관리대상으로 파악
  - 기초연구인프라에 대해 파편화된 구축보다는 전략적 구축이 우선시되며, 인프라의 규모와 상관없이 활용대상자의 범위(국제-국가-거점-개인)에 따라 추진방식을 다르게 설정
  - 하향식 로드맵설계가 아닌 철저한 연구자 중심의 계획을 마련하고, 이를 통해 추진하여 국가전략과의 일치, 사회적 현안 해결, 협업연구 촉진을 위해 연구인프라를 활용
- 우리나라는 연구자 주도의 기초연구예산의 확대라는 정책 방향에 따라 해당 사업에 대한 투자가 큰 폭으로 증가(2017년 대비 2배)하고 있으며, 이에 연구자 수혜율과 논문 성과가 증가하는 등 투자확대에 따른 지원효과가 나타나고 있으나, 기초연구인프라는 점차 소형화
  - 2017년부터 추진한 연구자 중심의 기초연구사업의 확대는 일정 규모 미만의 과제가 증가하는 현상으로 이어졌으며, 중소형 미만의 기초연구인프라 확대로 연결, 이는 기초연구사업의 보편성이 확대되었음을 의미
  - 현재의 혁신적 기초연구성과는 초거대 연구인프라를 통해 이루어지고 있으며, 대부분의 연구환경이 공동활용을 통한 공동연구로 이루어짐을 감안할 때 우려할 만한 상황
  - 일반적인 기초연구사업으로 구축하기 어려운 중대형 기초연구인프라 구축지원사업은 2014년 종료(고가연구장비구축사업) 되었으며, 대형 기초연구인프라구축 관련 사업은 많은 연구분야에서 활용이 가능한 가속기 관련사업이 많음(중입자가속기, 가속기핵심 기술개발, 중이온가속기, 방사광가속기공동이용, 산업지원목적다목적방사광가속기 등)
    - 가속기는 국내 사용자확보가 상대적으로 용이하고, 관련 기반기술을 많이 확보하고 있어 구축의 성공가능성이 높은데에서 구축투자가 많이 이루어지고 있는 것으로 판단함

- 대형연구인프라에 대한 투자가 증가하는 상황이나, 반대로 타 국가가 보유하지 않거나 극소수 운영중인 연구인프라에 대한 투자는 미흡
- 대형연구인프라는 국내 이용지층이 매우 적어 국제협력이 필수적이며, 기반기술의 확보 및 이에 대한 인력확보가 장기적 관점으로 추진되어야 하나 이러한 정책이 부족함
- 이는 KSTAR 이후 가속기 이외의 기초연구분야 대형이상 연구인프라의 투자가 전무한 현재의 상황으로 연결

[그림] 기초분야 대형연구시설사업 증감현황



#### 마. 핵심이슈 및 개선방안 도출

- 앞에서 제시한 “기초연구분야를 활성화하기 위해 관련 연구인프라를 어떻게 지원할 것인가?” 라는 연구문제에 대한 답을 찾기 위해 조사결과를 정리하면 다음과 같음

[표] 조사결과 정리

구분	국내	국제 동향
수요	중대형(구축가 10억원~50억원)위주, 단기관점	초대형 및 기존 인프라의 집적화(네트워킹), 중장기 관점
투자현황	투자규모 유지, 1억미만 단일장비 투자집중	투자규모 확대, 초대형 및 집적화인프라 투자집중
역할인식	연구보조수단	공동연구 촉발, 우수인력 유인
활용방식	일반연구과제로 구축, 직접 활용	별도 제원으로 구축, 공동연구
운영체계	연구자 단위의 직접운영	집적화 단위의 전문운영
투자전략	없음	수요과약 및 확보방안 연구를 통해 확보전략 수립

- 조사결과, 기초연구분야를 활성화 하기 위해선 초대형인프라의 전략적 확보 및 기존 연구인프라의 집적화를 통해, 기초연구인프라의 규모를 키워 전문적 운영을 유도하고, 연구인프라를 통해 학제간연구 및 융합연구를 촉발하며, 우수인력을 유인하는 수단으로 활용해야 한다는 결론을 얻음
- 기초연구인프라는 연구인프라의 구축규모와 활용단위를 감안한 투자전략 마련이 필요
  - 현재의 구축규모 관점의 연구인프라 분류기준은 투자중심의 분류기준으로 활용목적과는 차이가 있음. 특히 기초연구인프라는 연구자가 수행하는 연구의 수월성에 따라 연구인프라 규모 차이가 매우 큼. 따라서 연구인프라의 활용단위를 개인-기관-국가단위로 설정하고, 규모와 적절하게 고려한 선별적 투자정책을 제안
  - 중형이하 기초연구인프라의 고도화를 위한 투자전략은 크게 두 가지로 제시할 수 있음. 첫 번째로 전체 기초연구사업 내 연구인프라의 적정규모를 산정하여 투자하는 것이고, 두 번째로 연구분야별 특성을 반영하여 연구인프라의 적정규모를 안배
    - 투자규모의 결정은 별도의 연구인프라 구축사업을 편성하는 것이 아닌 순수 기초연구사업에서 구축하는 연구인프라의 구축규모를 연구책임자의 자율에 맡기며, 투자적정규모 선에서 종합 조정하는 방식으로 추진
  - 중대형 기초연구인프라의 경우 연구자 주도의 기초연구예산 확대에 따라 공동활용이 가능한 연구인프라의 구축지원 및 이를 운영하기 위한 연구기관의 육성 및 활용이 필요. 이를 위해 (가칭) '기초연구인프라 고도화지원사업'의 신규편성이 필요. 사업의 기본 방향은 기초연구인프라 지원전략의 질적 전환을 목표로 함
    - '기초연구인프라 고도화지원사업'의 지원대상은 대학과 공공연구기관을 기본 대상으로 함. 다만, 전문적인 운영능력과 안정적인 운영환경이 보장되어야 하기 때문에 개별 기관지원보다는 거점기관을 지정하고 구축과 운영을 보장하는 형태로 추진이 필요함
- 대형 및 초대형 기초연구인프라의 고도화는 앞의 중소형 연구인프라의 큰 방향과 유사하게 두 가지 단계로 진행될 수 있음. 첫 번째로 전체 국가연구개발사업 내 대형 기초연구인프라의 적정규모를 산정하여 투자하는 것이고, 두 번째로 기초연구분야의 로드맵의 실행력과 위상을 제고하기 위한 수립체계와 법적근거를 마련하는 것임
  - 대형 기초연구인프라의 투자규모를 일정비율로 제한하고 연차별 종합투자계획을 수립하는 개념은 일시적으로 많은 인프라가 구축되어 일반 연구개발의 예산까지도 압박하는 문제를 최소화

- 대형 기초연구인프라의 전략적 확보를 위해선 반드시 선행되어야 하는 것이 바로 대형 기초연구인프라의 투자사업 별도 계정 설정 및 거버넌스의 구축
- 투자과급효과가 큰 대형 기초연구인프라를 선별하여 투자하기 위해, 현재 사업관점 위주인 예비타당성조사 방식과 차별화된 대형 기초연구인프라 사전타당성조사를 도입하고, 500억원 이하의 대형 기초연구인프라(50억원 이상)도 조사 대상에 포함시켜 모든 대형 기초연구인프라의 투자를 효율적으로 관리할 필요가 있음
- 아울러 기초연구인프라 로드맵에 대한 실행력 강화 및 위상제고를 위해, 우수한 기초연구자가 참여하는 로드맵 수립체계 마련 및 법적 위상 제고를 제안

#### 4. 연구한계 및 향후과제

- 본 연구는 기초연구인프라의 중장기지원을 위해 국내외 기초연구지원을 위한 연구시설 현황분석을 실시하고자 하였으나, 기초연구분야라는 구분의 모호성으로 인해 원래 목표하였던 분석이 충분하게 이루어지지 않았다는 한계가 있음
  - 국내외 기초연구시설의 종류 및 확보 현황, 사용자 현황은 전체시설로 한정하여 파악이 가능하나 이를 기초연구단계로 구분하는 것에는 한계가 있음. 아울러 연구인프라별 특성에 따라 인프라의 활용방식 및 사용자의 극명한 차이가 있어, 일부 연구인프라로 한정하여 시사점을 도출하는데 한계가 있었음
  - 따라서 본 연구에서는 국내외 전체연구사업과 기초연구사업으로 구축한 연구시설·장비현황으로 한정하여, 구축추이를 분석하고, 기초연구를 수행한 연구자를 대상으로 설문조사를 실시하여 간접데이터를 파악하였음
  - 또한 국외 연구시설현황은 자료수집 방식의 한계로 인해 향후 수립계획 및 전망, 관련정책으로 대체 분석하였으며, 국내 데이터와 비교는 정성적인 판단에 근거할 수 밖에 없었음
  - 하지만, 기초연구인프라의 구체적 투자목표가 설정된다면 이에 대한 연구는 꼭 필요하기 때문에 향후 구체적 연구방안을 마련하여 수행이 필요
- 본 연구의 주요목표는 기초연구시설의 미래수요조사 및 분석이 목표였으나, 수차례 수요조사에도 불구하고 객관적 자료가 확보되지 않아 구체적인 수요를 제시하지 못한 한계가 있음
  - 연구계획에서도 제시한 출연연, 대학, 학회(연구커뮤니티), 연구자 대상수요조사를 실시하였으나, 연구관점의 접근에 따른 낮은 회신률 및 단기간에 개인적 관점에서 필요한 연구수요를 제시하여, 객관적 수요로 판단하기 어려웠음. 이는 해외 사례와의 비교에서도 명확하게 판단가능한 부분
  - 향후, 기초연구인프라 또는 국가차원의 연구인프라 로드맵의 법적 근거 마련 및 합의체계

강화를 통해 실천력 및 이행력을 강화한다면, 과학적 합의 도출이 가능한 로드맵 수립이 가능할 것으로 판단됨. 단기간에 이에 대한 제도적 보완 방안을 마련하여 이행이 필요

- **본 연구의 목표중 하나는 향후 수요를 기반으로 제한된 재원을 고려한 우선순위를 결정**하는 것이었으나, 일차적으로 객관적인 수요가 파악되지 않았으며 이차적으로 제안된 예산범위를 설정할 수 없는 한계가 있었음
- 이를 위해 본 연구에서 제안한 규모 및 활용분야에 따른 기관-거점-국가적 집적인프라의 육성 및 대형·초대형인프라 투자계획 마련을 구체화하기 위해, 세부 이행계획 수립에 대한 추가 연구가 필요

# 목 차

I. 서론	1
1. 연구배경 및 필요성	2
1.1. 연구배경	2
2. 연구내용 및 추진방법	5
2.1. 연구의 목표	5
2.2. 연구의 내용	6
2.3. 연구의 추진방법 및 체계	7
2.4. 연구의 추진체계	7
II. 기초연구인프라의 정책 및 투자유형	9
1. 기초연구인프라의 개념정립	9
1.1. 기초연구의 개념정립 및 투자 정책의 변화	9
1.2. 연구인프라의 개념 및 정책 변화	5 1
1.3. 기초연구인프라 정책추진현황	9 1
2. 기초연구와 기초연구인프라 투자유형 분석	2 2
2.1. 기초연구 투자유형 분석	22
2.2. 우리나라 기초연구투자와 기초연구인프라의 상관관계 분석	8 2
3. 주요국 기초연구 및 기초연구인프라 투자유형분석	9 3
3.1. 주요국의 기초연구 및 연구인프라 투자유형 분석	9 3
3.2. 주요국의 기초연구투자와 기초연구인프라의 상관관계 분석	0 6
III. 기초연구인프라 핵심이슈 및 개선방안 도출에 대한 현장인식 및 수요	6 6
1. 연구자의 기초연구인프라에 대한 인식현황	6 6
1.1. 기초연구를 수행하는 연구자의 인프라에 대한 인식조사 개요	6 6
1.2. 조사결과 분석	4
2. 국외 기초연구인프라에 대한 수요현황	6 7
2.1. 주요국의 연구인프라 수요현황	6 7
3. 국내 기초연구인프라에 대한 수요현황	7 8
3.1. 국내 기초연구인프라 수요조사 개요	7 8
3.2. 조사결과 분석	8
3.3. 주요국의 연구인프라 수요분석 및 동향 파악	5 9
3.4. 국내 시사점	8

IV. 기초연구인프라 핵심이슈 및 개선방안 도출 .....	101
1. 기초연구인프라 향후 투자유형 및 방향 .....	101
1.1. 기초연구인프라에 대해 활용범위에 따른 차별화된 투자전략 필요 .....	101
1.2. 기초연구인프라의 활용범위 구분 .....	101
1.3. 중형이하(10억원 미만) 연구인프라 고도화 지원방안 .....	101
1.4. 중대형 기초연구인프라의 고도화 지원방안 .....	101
1.5. 대형 및 초대형 기초연구인프라의 고도화 지원방안 .....	101
2. 종합 .....	113
2.1. 우리나라 기초연구인프라의 투자는 증가하나 개별규모는 감소 .....	113
2.2. 기초연구인프라의 규모에 따른 고도화 방안 마련 .....	113
3. 연구의 한계 및 향후 연구과제 .....	113
 참고문헌 .....	 117
 부록 .....	 120

## 표 목 차

[표 1] 과학과 기술의 분류 .....	2
[표 2] 기초연구투자의 비중목표 및 성과 .....	4
[표 3] 연구개발활동 분류별 특징 .....	0 1
[표 4] 기초연구사업 개편현황 .....	2 1
[표 5] 기초연구비 산정 기준 .....	4 1
[표 6] 기초연구인프라 정책유형의 구분 .....	0 2
[표 7] 기초연구사업의 구분 및 특징 .....	2 2
[표 8] 기초연구사업의 성격상 분류 .....	4 2
[표 9] 기초연구사업의 성격상 분류 .....	5 2
[표 10] 기초연구사업의 성격별 투자금액 .....	5 2
[표 11] 대형연구시설사업 추진내역 .....	7 2
[표 12] 국가연구시설장비 투자현황 .....	8 2
[표 13] 국가연구시설장비 구축현황 .....	9 2
[표 14] 연구비 규모별 세부과제당 연구비추이(2016~2020) .....	0 3
[표 15] 미국의 연구인프라 투자현황 .....	0 4
[표 16] NSF의 예산현황 .....	14
[표 17] 미국 NSF의 연구인프라 예산현황 .....	2 4
[표 18] 유럽연합의 기초연구인프라 전주기 단계 .....	8 4
[표 19] 유럽연합의 연구인프라 투자 프로그램 .....	0 5
[표 20] 중국의 주요 연구인프라 구축계획 .....	3 5
[표 21] 중국의 주요 연구인프라 구축계획 .....	4 5
[표 22] 일본의 기초연구개발 사업목록 .....	6 5
[표 23] 일본의 대형연구시설 지원예산 .....	8 5
[표 24] 우리나라와 주요국의 기초연구인프라 정책비교 .....	3 6
[표 25] 기초연구수행자 대상 설문조사 내용 .....	6 6
[표 26] 설문에 응답한 기초연구책임자 현황 .....	7 6
[표 27] 기초연구인프라 구축방법 .....	7 6
[표 28] 기초연구인프라 구축방법 .....	8 6
[표 29] 기초연구인프라의 중요성 .....	9 6
[표 30] 기초연구인프라의 투입시기 .....	0 7
[표 31] 기초연구인프라의 운영인력 .....	1 7
[표 32] 기초연구인프라의 운영비용 .....	2 7
[표 33] 기초연구인프라의 운영인력 .....	3 7

[표 34] ESFRI 2018 로드맵 수록시설 .....	77
[표 35] 중국에서 추진중인 국가로드맵 수록시설 .....	0 8
[표 36] 일본에서 추진 중인 국가로드맵 수록시설 .....	2 8
[표 37] 미국에서 추진 중인 국가로드맵 수록시설 .....	7 8
[표 38] 기초연구인프라 수요조사 절차 .....	8 8
[표 39] 기초연구인프라 수요조사 항목 .....	7 8
[표 40] 기초연구인프라 수요조사 결과 .....	8 8
[표 41] 1,2차 로드맵 수록 연구인프라 목록 및 추진여부 .....	2 9
[표 42] 기초연구인프라 수요조사와 타 로드맵 유사시설 .....	4 9
[표 43] 기초연구인프라 수요조사 내용 .....	4 9
[표 44] 분석대상 이외국가의 로드맵 현황 .....	7 9
[표 45] 대형연구인프라 구축사업 추진 현황 .....	8 9
[표 46] 우리나라의 인프라 현황 및 주요국 비교 .....	101
[표 47] 연구인프라에 대한 현장인식 및 주요수요 .....	101
[표 48] 연구인프라의 성능별 변화주기 .....	101

## 그림 목 차

[그림 1] 연구자 주도 기초연구의 투자확대 추이 .....	4
[그림 2] 기초연구종합계획 추진현황 .....	1· 1
[그림 3] 기초연구사업 개편현황 .....	2 1
[그림 4] 연구시설의 정의 .....	61
[그림 5] 기초연구인프라 정책변동현황 .....	1· 2
[그림 6] 기초연구비 투자 유형 및 증감율 .....	5· 2
[그림 7] 수월성 과제수 및 과제금액, 증감률 .....	6· 2
[그림 8] 안정성 과제수 및 과제금액, 증감률 .....	6· 2
[그림 9] 수월성/안정성의 과제당 금액 및 증감률 비교 .....	6· 2
[그림 10] 기초분야 대형연구시설사업 증감현황 .....	7· 2
[그림 11] 국가연구시설장비 투자현황 증감률 비교 .....	8· 2
[그림 12] 규모에 따른 연구인프라 투자증감현황 .....	9· 2
[그림 13] 연구유형별 투자패턴 분석 .....	1 3
[그림 14] 전체연구인프라와 기초연구인프라의 활용범위 비교 .....	1· 3
[그림 15] 연구유형별 투자패턴 분석 .....	2 3
[그림 16] 기초연구사업의 투자금액과 인프라 투자현황비교 .....	2· 3
[그림 18] 수월성/안정성사업의 구축금액 및 증감률 비교 .....	4· 3
[그림 19] 기초연구사업의 투자금액과 인프라 투자현황비교 .....	4· 3
[그림 20] 기초연구사업의 투자금액과 인프라 투자현황비교 .....	5· 3
[그림 21] 기초연구 세부사업의 투자금액 분석 .....	5· 3
[그림 22] 대형연구시설구축사업 투자규모 증감 현황 .....	6· 3
[그림 24] 기초연구 연구기관지원사업 인프라 취득현황 .....	7· 3
[그림 25] 기초연구사업과 산업기반구축사업과의 비교 .....	8· 3
[그림 26] 미국의 과학기술 의사결정구조 .....	9 3
[그림 27] 미국의 기초연구인프라 지원 프로그램 .....	1· 4
[그림 28] 미국의 연구인프라 예산배정과정 .....	3· 4
[그림 29] 미국 대형연구인프라의 단계별 투자 재원 .....	4· 4
[그림 30] 미국의 대형연구인프라 투자 결정 구조 .....	5· 4
[그림 31] Horizon Europe의 목표 .....	7
[그림 32] 유럽연합의 기초연구인프라 로드맵 수립절차 .....	9· 4
[그림 33] 일본의 연구설비자동화프로세스 .....	8· 5
[그림 34] JAEA 특정 중성자선 시설 원격화 정비사례 .....	9· 5
[그림 35] 로드맵 상 로드맵 구축계획 .....	8 7

[그림 36] 중국의 연구인프라 구축계획 산포도 .....	1· 8
[그림 37] 일본의 연구인프라 구축계획 .....	4· 8
[그림 38] 미국의 대형연구인프라 구축 계획 .....	6· 8
[그림 39] 로드맵 상 로드맵 구축계획 .....	1· 9
[그림 40] 전체국가의 구축계획 종합 .....	5· 9
[그림 41] 각국의 로드맵 비교분석 .....	6· 9
[그림 42] 기초연구분야와 응용·개발연구분야의 인프라평균가격 .....	2·0 1
[그림 43] 기초연구사업의 연구인프라 구축수 증감현황 .....	2·0 1
[그림 44] 기초연구사업 및 그 외 사업의 주요장비평균가격 .....	3·0 1

## 제1부 서론

---

제1장 연구 배경 및 필요성

제2장 연구 목적 및 내용

# I. 서론

## 1. 연구배경 및 필요성

### 1.1. 연구배경

- 기초연구는 과학기술의 근원이며, 기술과 산업이 진보할 수 있는 원천기술 선점의 도약대 역할을 수행하여 중요성이 인정되나, 민간투자가 불충분하여 정부재정지원이 매우 중요
- 과학과 기술은 19세기 중반까지 별개로 발전해 왔으나 19세기 후반부터 기술에 대한 과학적인 규명이 시작되었고, 2차 대전 이후, 과학의 발전이 기술혁신의 기반으로 자리 잡으며 연구(과학)과 개발(기술)의 개념이 등장하였음

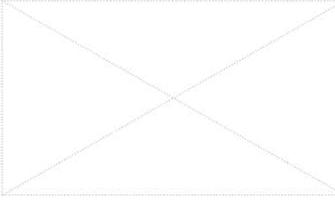
[표 1] 과학과 기술의 분류

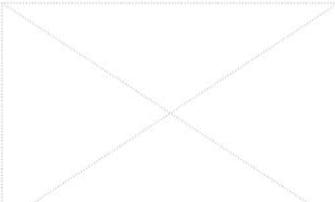
구 분	과학(Science)	기술(Technology)
목 적	자연현상의 이해 그 자체를 목적으로 함	산업 또는 경제적 응용을 전제로 함
핵 심	순수한 지식의 산출에 관여	응용적인 투입과 산출에 관여
목 표	진리의 규명과 발견	생산적인 결과 창출
형 태	이론적인 면	사실적인 면
권 리	공공재(전유될 수 없음)	사유재(전유될 수 있음)
특 성	시장에서 거래될 수 없음	시장에서 거래될 수 있음
가 치	지식의 보급	특허제도를 통한 지적소유권의 보장
보 상	경제적 보상과 무관	경제적 이윤에 대한 기대

- 기초연구는 과학적 지식생산을 위한 기본적인 활동으로 연구활동을 통해 유용한 지식의 축적, 숙련된 인력양성, 신규기업 및 시장의 창출, 환경 및 보건 분야의 문제해결 등으로 이루어질 수 있어 그 중요성이 강조됨(Salter et. al., 2000, pp. 59-69)
- 기초연구는 공공재적 성격이 강해 시장실패의 위험이 존재하며, 연구결과를 다양하게 응용할 수 있고, 연구결과를 모두 취할 수 없는 외부경제성의 존재로 인해 사회적, 공공적 성격이 커서 민간에 의해서 이루어지기 보다는 정부와 공공부문의 투자 수행이 필요(Nelson,1959, pp. 304-305; Arrow, 1962, p. 618; 이민형, 2008, p. 32. 재인용). 따라서

기초연구 촉진을 위해서는 정부의 정책 및 재정지원이 매우 중요한 요소임

- 최근 빅데이터 및 AI 발전에 의한 획기적인 지식정보 창출, 정밀생산·의학으로 대표되는 정밀화 시대의 도래 등 혁명적 기술변화에 따라 기초연구의 패러다임이 변화하고 있으며, 특히 호기심기반의 순수연구와 같은 전통적 지원정책에서 벗어나 혁신에 선도적 역할을 수행할 근원적 기술기반의 기초연구 정책 마련이 필요함
- 연구인프라(연구시설·장비)는 과학기술분야 혁신적 성과 창출에 핵심적 역할을 수행하며, 기초연구분야에서 연구인프라에 대한 투자는 혁신적 성과창출을 위한 필수 요소임
- 새로운 과학지식혁신은 과학적 성과의 높은 질적수준 달성에 의해 이루어지는데 이러한 성과는 최첨단 연구인프라를 기반으로 이루어지며, 집단연구 및 학제 간 융합연구에서 촉발

<p><b>[집단연구] 레이저 간섭계 중력과 관측소</b> (LIGO, Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 전세계 다수의 연구자가 LIGO에서 측정된 데이터를 분석하여 최초로 중력과 발견(논문 주저자수 1,003명) ('18, 美 국립과학재단 주도)</li></ul>	
--	--

<p><b>[학제간 융합연구] 사건수평선 망원경</b> (EHT, Event Horizon Telescope)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 전세계 8개 전파망원경에서 동일시점에 대상을 관측하고 데이터를 분석 (천문학/물리학/컴퓨터공학/수학)하여 최초로 블랙홀 촬영('19)</li></ul>	
--	---

- 특히 최근의 복잡한 사회문제를 해결하기 위해서는 새롭고 근본적인 접근이 필요하며, 이를 위해 첨단 연구인프라의 확보와 효과적인 활용이 매우 중요.
- 우리나라는 기초연구에 대한 정부투자의 중요성 및 당위성을 기반으로, 과학기술기본계획이 최초로 수립된 2002년 이전부터 지속적으로 '기초연구 투자 확대'를 과학기술분야 핵심정책 중 하나로 제시하고 있음(윤수진, 함선영, 윤성용, 손미림, 2020)
- 그간 이명박, 박근혜 정부는 기초연구목적 예산의 비중에 대해 목표치를 산정하고 이를 달성하고자 노력하였다면, 문재인 정부는 기초연구비 비중이 아닌 연구자 주도 기초연구를 중심으로 한 투자규모 확대를 국정과제로 제시하였으며, '22년까지의 목표 달성은 무난할 것으로 보임

[표 2] 기초연구투자의 비중목표 및 성과

구 분	'05년	'07년	'12년	'15년	'17년
기초연구비중 목표	-	25%	35%	38%	40%
기초연구비 집행 실적	23.0%	25.4%	33.8%	38.4%	40.2%

※ 출처 : 신애리·윤수진(2017)

[그림 1] 연구자 주도 기초연구의 투자확대 추이



※ 출처 : 윤수진, 함선영, 윤성용, 손미림(2020)

- 현재 기초연구 관련 주요정책은 제4차 기초연구진흥 종합계획을 통해 추진되고 있으며 2022년까지의 시기를 대상으로 하고 있음. 그 이후에 대한 계획이 없는 상황이므로, 향후 기초연구 인프라에 대한 중장기 지원계획이나 투자전략 수립을 위한 방향성 제시 필요
- 제4차 기초연구진흥종합계획의 4대 추진전략으로 ‘연구자 중심으로 기초연구혁신’, ‘전주기 기초연구 지원체계 구축’, ‘국민이 체감하는 기초연구 생태계조성’, ‘자율과 책임에 기반한 연구 몰입 환경 조성’을 제시
  - 제시한 전략의 달성을 위해 세부 추진과제를 도출하였으며, 이 중 ‘연구자 주도 기초 연구 지원 확대’, ‘대학의 연구역량 강화 기반 조성’, ‘세계적 선도기초연구기관 육성’, ‘연구 장비·시설의 활용성 강화’, 등이 기초연구인프라와 관련
- 제4차 기초연구진흥종합계획의 성과를 기반으로 2022년 이후 기초연구인프라에 대한 전략수립이 필요하며, 이를 위해 지금까지의 투자현황 및 투자 유형 분류 등을 통해 핵심 이슈 및 개선방안 도출이 필요

- 본 연구를 통해 향후 중장기 계획 수립 시 고려되어야 하는 기초연구인프라 관련 핵심 이슈를 도출·검토하고 개선방안을 제언하고자 하며, 유형별 현황 분석 및 진단을 수행하여 향후 증거기반 기초연구인프라의 고도화방안 수립 및 추진에 기여하고자 함
- 기초연구 인프라정책의 주요 유형으로 ‘연구자 주도 기초연구’, ‘대학의 연구역량강화 기반 조성’으로 대표되는 중대형 연구인프라, 그리고 연구시설·장비의 활용성 강화로 대표되는 대형이상의 연구인프라와 연구인프라활용 플랫폼으로 구분하고, 각 유형별 핵심 이슈를 도출·검토하여 개선방안을 제시

## 1. 연구내용 및 추진방법

### 1.2. 연구의 목표

- 본 연구의 목표는 국가연구개발사업을 통한 기초연구인프라 투자에 대해 분석하여, 투자 유형을 도출하고, 유형별 중장기 지원방안을 도출하는데 목표가 있음
- 지금까지의 기초연구관련 정책을 분석하여, 정책유형에 따른 연구인프라의 유형을 도출하고, 이에 대한 특성을 이해하며, 기초연구인프라 유형별 투자현황 분석방법 도출 및 현재 일괄적으로 적용되는 연구인프라 투자 및 관리·활용정책에 대한 시사점을 도출
- 본 연구는 “기초연구분야를 활성화하기 위해 관련 인프라를 어떻게 지원할 것인가?”라는 연구문제의 답을 합리적 방법론을 도입한 정책연구를 통해 제시하고자 함
- 단순하게 지원을 확대해야 한다 또는 어떠한 대형연구인프라가 필요하다라는 선입견을 가지고 이를 뒷받침할 만한 논거를 제시하는 것에 초점을 두지 않으며, 현실적으로 어떠한 방안이 기초연구인프라에 적합한지 객관적이고 합리적으로 판단하는가에 중점을 둠
- 연구문제를 해결하기 위해 본 연구에서 설정한 구체적 연구목적은 다음과 같이 세가지로 구성됨
- (연구목적 1) 지난 10년간 기초연구관련 정부의 투자현황과 이에 따른 연구인프라 투자형태의 분석하여 기초연구인프라에 대한 투자기조 도출
- (연구목적 2) 국외 기초연구인프라 투자정책, 연구현장의 수요 및 설문조사 결과 분석하여, 현재의 투자기조와의 차이 및 개선방향 도출
- (연구목적 3) 개선방향에 대한 구체적인 추진방안 및 정책적 개선방안 제시
- 따라서 본 보고서는 다음과 같이 구성됨
- 제1부 서론에서 연구의 배경 및 목적을 설명함
- 제2부 정책 및 투자유형에서 기초연구관련 정책현황 및 이에 따른 기초연구인프라 정책 및 투자현황을 분석함

- 제3부 기초연구인프라에 대한 현장인식 및 수요에서는 기초연구인프라의 활용방법 및 필요성에 대한 연구현장의 인식, 국외 로드맵 분석을 통한 연구인프라 구축수요와 국내 학술단체 및 연구기관대상 설문조사로 파악된 수요에 대해 분석하고 전체적인 수요 비교를 통해 이슈사항을 도출함
- 제4부 기초연구인프라 핵심이슈 및 개선방안 도출에서는 국내 기초연구인프라 투자 현황 및 향후 수요를 기반으로 정책적 개선방향을 도출하고 이에 대한 세부적인 추진 계획을 도출하여 향후 개선방안을 마련함

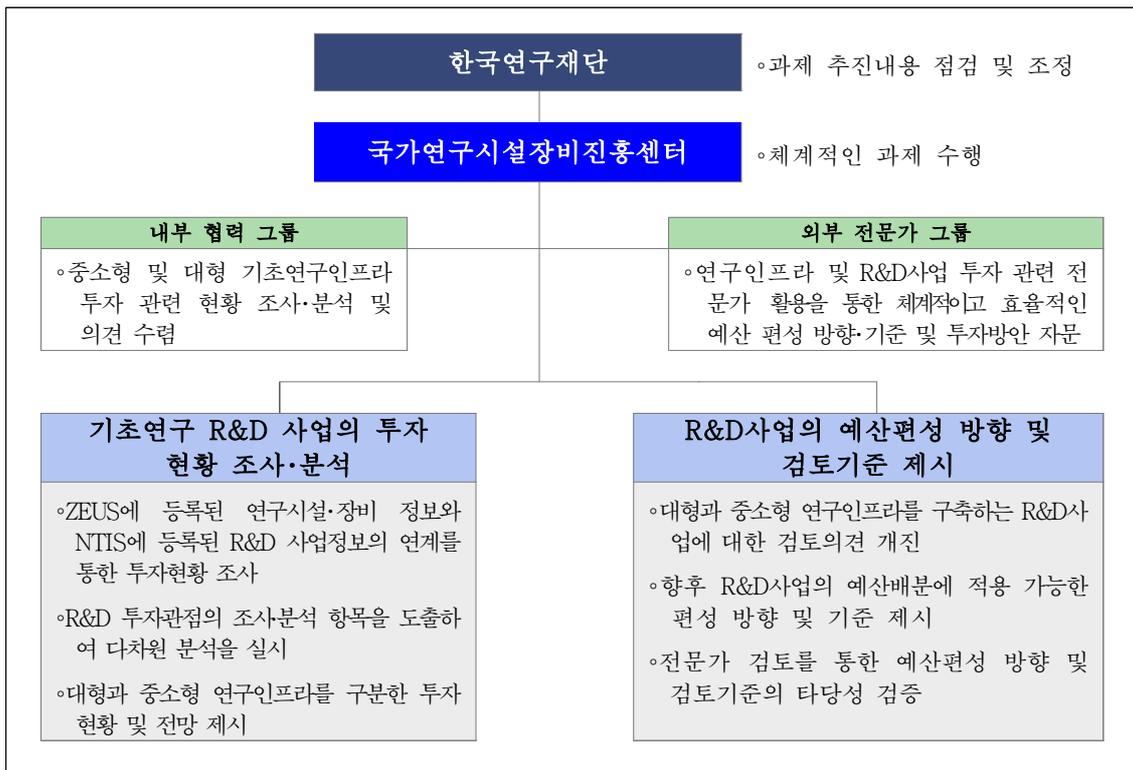
### 1.3. 연구의 내용

- 기초연구 인프라 중장기 지원방향 관련 기존 정책 검토
  - 기초연구인프라 기존 정책 및 추진성과를 검토하여 주요 시사점 및 한계점 논의
- 기초연구인프라 유형별 사업 및 투자 현황, 투자 효과 등 진단
  - 우리나라와 주요국의 기초연구인프라 유형별 투자 현황 분석
    - 기초연구인프라 관련 정부 정책 및 투자 동향을 수집 및 비교·분석
    - 최근 기초연구인프라 관련 글로벌 환경변화 등을 파악하여 시사점 도출
  - 우리나라 기초연구인프라 사업추진 상세 현황 및 투자효과 진단
    - 중형(~10억원)이하, 중대형(10~50억원), 대형(50억원~)이상 연구인프라로 분류하여 관련 사업별 현황, 세부 지원 내역, 지원 대상 및 특성 등 주요사업 상세 추진 내용 검토
    - 유형별 주요 성과나 파급효과 등 분석을 위한 적정 분석방법을 모색하고 투자효과를 진단
- 기초연구인프라의 유형별 핵심 이슈 도출 및 검토
  - 기초연구인프라 유형별 주요 이슈와 각 이슈별 상세 검토사항 도출
    - 기초연구인프라의 투자목표 설정 대상, 유형별 사업개편 방향 및 범위 등
  - 현황 진단 및 분석 결과, 해외 사례, 전문가 의견수렴 등을 종합하여 주요 이슈별 상세 검토를 수행하고 해결방향 도출
- 기초연구인프라의 주요 유형별 추진 방향 및 개선방안 마련을 통해 기초연구인프라 중장기지원전략 수립을 위한 방향성 제시

#### 1.4. 연구의 추진방법 및 체계

- 본 연구는 관련 국내외 사례 및 문헌조사, 기초연구인프라 국내외 주요 정책 및 투자 동향 조사, 주요국 벤치마킹 사례 조사, 기초연구인프라의 투자 및 효과 분석, 중장기 지원방향 및 투자전략 방향 제시 등을 수행
  - 기초연구인프라의 중장기 지원방향 관련 기존 연구 검토
  - 기초연구인프라 유형별 투자 사업 및 현황, 효과 등 진단
    - 연구인프라에 대한 지원 현황 분석은 정부연구개발사업 관련 정보시스템에 등록된 연구인프라 정보를 조사·분석하고, 연구인프라 구축 및 활용과 관련한 연구환경 설문조사를 통한 조사·분석을 병행하여 추진
  - 기초연구인프라의 유형별 핵심 이슈 도출 및 검토
  - 기초연구의 주요 유형별 추진 방향 및 개선방안 마련을 통해 기초연구 중장기 지원 전략 수립을 위한 방향성 제시
- 정책 전문가 및 현장 연구자 대상 자문 및 인터뷰를 수행하여 기초연구인프라의 중장기 지원계획 수립시 고려해야 하는 핵심 이슈 및 개선방향 도출

#### 1.5. 연구의 추진체계



## 제2부 기초연구인프라의 정책 및 투자유형

---

제1장 기초연구인프라의 개념정립

제2장 우리나라 기초연구 및 기초연구인프라  
투자유형 분석

제3장 주요국 기초연구 및 기초연구인프라  
투자유형분석

제4장 주요국과의 비교 및 시사점

## II. 기초연구인프라의 정책 및 투자유형

### 1. 기초연구인프라의 개념정립

#### 1.1. 기초연구의 개념정립 및 투자 정책의 변화

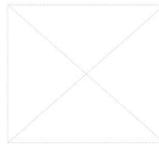
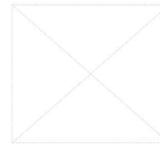
- 기초연구는 기초과학(연구분야)과 기초연구(연구단계)를 혼용하고 있으나, 법령상 기초연구단계를 통칭하는 의미로 사용

#### 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률

기초과학(자연현상에 대한 탐구 자체를 목적으로 하며, 공학·의학·농학 등의 밑바탕이 되는 기초 원리와 이론에 관한 학문을 말한다) 또는 기초과학과 공학·의학·농학 등과의 융합을 통하여 새로운 이론과 지식 등을 창출하는 연구 활동

- 우리나라는 연구개발유형을 OECD 프라스카티 매뉴얼을 준용하여 구분하고 있으며, 현재는 주로 프로젝트 단위에서 결정되지만, 경우에 따라 세분화된 과제에서 다르게 적용하고도 있음
- OECD 프라스카티 매뉴얼에서는 연구개발(Research & Development)단계를 아래와 같이 기초연구, 응용연구, 실험개발로 구분
- 기초연구(Basic Research) : 특정한 응용 또는 사용을 의도하지 않고, 주로 관찰 가능한 사실 및 자연현상의 기저에 놓인 근본원리에 대한 새로운 지식을 획득할 목적으로 수행하는 이론적 또는 실험적 연구 활동
  - 순수기초연구(Pure Basic Research) : 장기적인 경제사회적 이익을 추구하거나 연구 결과의 실제 문제에의 적용, 또는 활용해야 하는 책임을 지고 있는 부문에 이전하려는 노력을 할 필요 없이 단지 지식의 진보를 위해서 수행하는 연구 활동
  - 목적기초연구(Oriented Basic Research) : 인식기대되는 현재 또는 미래의 문제나 가능성을 해결할 수 있는 광범위한 기반지식을 제공할 것이라는 기대 하에 수행되는 연구 활동
- 응용연구(Applied Research) : 새로운 지식을 획득하기 위한 목적으로 수행하는 독창적인 연구이지만, 구체적이고 실질적인 목적 또는 목표를 지향하는 연구 활동
- 개발연구(Experimental Development) : 새로운 재료, 제품 및 장치를 생산하거나, 새로운 공정, 시스템 및 서비스를 제공하거나, 이미 생산 또는 제공된 것을 실질적으로 향상시키기 위해 실제경험과 연구로부터 얻어진 지식을 활용하는 체계적인 연구 활동

[표 3] 연구개발활동 분류별 특징

구분	기초연구		응용연구	개발연구
	순수기초연구	목적기초연구		
연구의 정의	- 순수한 지식증진을 위해 수행하는 연구 	- 광범위한 기반지식 제공을 위해 수행하는 연구 	- 어느정도 실용적 목적을 위해 수행하는 연구 	- 구체적인 목표를 위해 수행하는 연구 
연구자의 의도 (연구목적)	- 특정한 응용·사용을 의도하지 않음 - 단순히 지식 진보에 기여 - 적용대상 고려안함 - 자연현상, 관찰가능 사실 등의 규명에 기여	- 미래 광범위한 응용을 의도함 - 미래 선도적 지식을 추구 - 적용대상 불명확함 - 문제해결을 위한 새로운 지식 창출에 기여	- 광범위한 실용적 응용을 의도함 - 범용성의 핵심적 지식을 추구 - 적용대상 불명확함 - 새로운 제품/공정/시스템/서비스 등에 크게 기여	- 특정한 응용·사용을 의도함 - 현재의 활용 가능성 추구 - 적용대상 명확함 - 기존 제품/공정/시스템/서비스 등 실질적 개선에 기여
연구의 특징	- 경제·사회적 이익을 고려안함 - 공공재 성격이 강해 시장실패를 고려하지 않음 - 민간투자 없음	- 장기적인 경제·사회적 이익 고려 - 잠재력이 높아 많은 보상을 받을 가능성 있음 - 민간투자 어려움	- 중장기적인 경제적 이익 고려 - 위험부담 크지만 고부가가치 창출가능성이 높음 - 민간투자 다소 어려움	- 단기적인 경제적 이익 추구 - 위험부담 적고 부가가치 창출이 가능 - 민간투자 적극
연구의 파급효과	- 창의성, 창조성 - 경제적 보상이 불가능함 - 파급효과가 언제, 어느 분야에서 어떻게 나타날지 예상할 수 없음	- 독창성 - 경제·사회적 보상이 가능함 - 장시간 지난 후 다양한 분야에서 큰 파급효과를 기대	- 독창성, 독보성, 혁신성 - 대규모의 경제적 보상 있음 - 지속적 고부가가치 창출 가능성이 높은 큰 파급효과를 기대	- 구체성, 개선성 - 경제적 보상 있음 - 파급이 빠르고 분명하게 나타남
연구의 수행주체	- 대학 - 출연(연)	- 대학 - 출연(연) - 기업	- 출연(연) - 대학 - 기업	- 기업 - 출연(연) - 대학
연구 결과물	- 논문	- 논문, 특허	- 특허, 기술이전, 표준화	- 기술이전, 시제품
연구기간	- 3~10년	- 3~7년	- 3~5년	- 3년 정도
연구비 규모(년)	- 3천만원~1억원	- 1~3억원	- 3~5억원	- 5~10억원
연구방식	- 상향식(Bottom-up)	- 상향식(Bottom-up)	- Hybrid 방식 (상향식과 하향식을 병행)	- 하향식(Top-down)

※ 출처 : 유경만(2008)

- 순수기초연구와 목적기초연구는 연구자의 의도, 연구의 특징, 파급효과에 차이가 있으나 현재 기초연구관련 정책은 순수기초연구와 목적기초연구를 별도로 구분하지 않고 통합하여 정책을 추진

- 우리나라 기초연구 지원 정책은 1990년 이전까지 산발적으로 추진되다가, 우수연구센터 사업으로 대학을 중심으로 기초연구거점을 조성하기 시작하였으며, 기초연구진흥종합계획(2006~)이 수립된 시점부터 계량적이고 구체적인 기초연구 정책의 방향을 결정하고 이에 맞추어 추진하고 있음
- ‘과학기술개발 장기종합계획’(1968)으로부터 ‘제5차 경제사회발전 5개년 계획-과학기술부문계획’(1981)까지 기초연구에 대한 개별 목표는 설정되지 않았으며 초기 단계의 연구를 선진국 수준에 이르도록 집중 육성하거나 산업기술 발전을 위해 산업과 연결된 목표 지향적 기초연구의 육성, 연구시설의 확충 등 기반 조성을 주요목표로 제시
- 기초연구진흥정책의 구체적인 목표로 설정한 것은 80년대 이후로 1986년 ‘2000년대를 향한 과학기술발전 장기계획’에서 ‘기초연구 수준의 선진화와 혁신기술 창출 능력 확보’를 비전으로, 연구개발비 투자, 국제학술지 게재 등을 정량적 목표 제시
- ‘기초연구종합계획’(2006~)을 통해 기초연구에 대한 정책목표를 수립하였으며, 투자의 규모 및 정량적 성과 측정 목표를 제시

[그림 2] 기초연구종합계획 추진현황

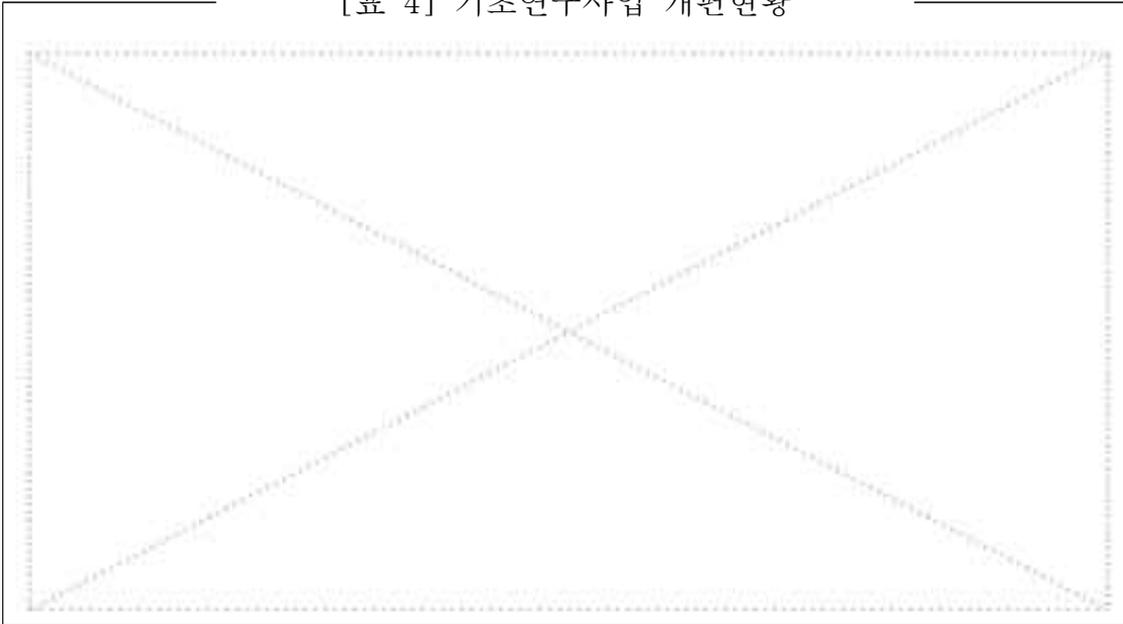
구분	1차 계획 ('06~'10)	2차 계획 ('08~'12)	3차 계획 ('13~'17)	4차 계획 ('18~'22)
투자 목표	'10년까지 2.4조원 (R&D예산의 25%)	'12년까지 4.0조원 (정부R&D예산의 35%)	정부 R&D 예산 중 기초연구 투자비중 40%	'22년까지 연구자 주도 기초연구 2.5조원
성과 목표	-	□5년주기 SCI 논문당 피인용도 '12년 4.50회	□SCI 피인용 1% 논문 '13~'17년 5,000편 □세계 최고 수준의 선도 연구자 육성 '17년 100명	□IF 상위10% 저널 게재 논문 '18-'22년 24,000편 □기초연구참여 신규 박사학위자 '22년 4,000명 □기초연구성과 연계 '18-'22년 230개 이상
전략	□기초연구 지원의 체계화 □대학의 연구경쟁력 강화 □생산적 연구기반 확충 □사회적 수요에 부응	□기초연구 지원 확대 □연구자 중심 지원체계 □창의적 연구인력 양성·활용 □세계 수준의 연구역량 배양 □사회·국제적 역할 강화	□창의·도전적 기초연구 활성화 □기초연구를 통한 미래 성장기반 확충 □기초연구 생태계구축 □기초연구 성과 활용·확산 강화	□연구자 중심으로 기초연구 혁신 □전주기 기초연구지원 체계 구축 □자율과 책임에 기반한 연구 몰입 환경 조성 □국민이 체감하는 기초연구 생태계 조성

※ 출처 : 과학기술정보통신부 외(2018) ‘제4차 기초연구진흥종합계획’

- 차수별 목표와 세부과제에는 약간의 차이가 있으나 투자규모의 확대, 투자체계의 개선, 차세대 인력양성, 성과확산, 사회문제연계 등을 주요 전략대상으로 추진하고 있으며, 이는 투자, 인력양성, 지원체계, 활용으로 크게 분류할 수 있음

- 1981년 대학의 연구교육 기반형 지원(학술진흥재단)과 1983년 특정연구개발사업을 시작으로 대학 R&D 지원을 위한 다양한 사업 전개하였으며, 2009년 교육과학기술부의 출범과 함께 기초연구사업의 개인연구는 연구역량과 단계별로, 집단연구는 기초연구실과 선도연구센터 체제로 개편

[표 4] 기초연구사업 개편현황



※ 출처 : 교육과학기술부(2009) '기초연구사업 시행계획'

- 2013년 교육과학기술부가 다시 분리되면서 미래창조과학부는 개인-집단-연구 기반구축, 교육부는 일반연구자지원과 연구기반구축으로 이원화되었으며, 2017년 문재인 정부의 출범과 함께 자유공모형 기초연구사업의 확대와 연구자 중심의 지원 체계 구축 목표 설정

[그림 3] 기초연구사업 개편현황



※ 출처 : 과학기술정보통신부 외(2018) '제4차 기초연구진흥종합계획'

- 이러한 정책변화에 따라 기초연구분야 투자의 규모가 점차 확대되었으며, 문재인 정부에서는 기초연구 중 상향식 제안 연구의 투자비중이 높아짐
  - 김대중 정부부터 박근혜 정부까지는 국가연구개발사업 중 기초연구에 해당하는 사업의 비중을 높이는 쪽으로 정책을 추진(신애리, 윤수진, 2017)
  - 기초연구비 비중산정 매뉴얼('06.9)을 기준으로 산정한 기초연구 투자비중은 다음과 같음
    - (김대중 정부) 정부연구개발예산 중 기초연구 투자 비중 : 17.8%('01) → 20% 이상('06)
    - (노무현 정부) 정부연구개발예산 중 기초연구비 비중 : 19.5%('03) → 25%이상('07)
    - (이명박 정부) 정부연구개발예산 중 기초연구 투자비중 : 25.6%('08) → 35%('12)
    - (박근혜 정부) 정부연구개발예산 중 기초연구비중 : 36%('13) → 38%('15) → 40%('17)
  - 그러나 기초연구 투자확대에도 불구하고 연구현장의 낮은 투자증가 체감이 문제로 지적되었으며, 이는 기초연구비 비중산정 방식이 연구현장에서 생각하는 기초연구에 대한 인식과 차이있음을 나타냄
    - 이에 문재인 정부는 기초연구비 비중의 확대가 아닌 개인 연구자 주도 기초연구, 즉 상향식 제안위주의 순수기초연구를 중심으로 한 투자규모 확대를 국정과제로 제시
    - '연구자 주도 기초연구 예산 2배 확대('17년 1.26조 → '22년 2.52조원)를 제시하여 예산 증액 추진하였으며, '22년에 목표달성 예정
- 기초연구비의 비중산정방식변화 및 개인 연구자 주도형 연구투자의 확대에는 세부적인 정책 대상 및 투자목적의 변화에서 그 원인을 찾을 수 있음
  - 김대중 정부의 '과학기술기본계획'(2002~2006)에서는 선진국 수준의 기초연구투자 확대를 통해 신기술 창출과 창의적 연구능력 제고를 목표로 제시하였으며, 정책대상에서 OECD에서 분류한 기초연구유형에 포함되는 사업을 대상으로 기초연구 투자비중의 확대를 추진
  - 노무현 정부는 정권주기에 맞는 '참여정부의 과학기술기본계획'으로 1차 계획을 재 수립하였으며, 이전 계획의 기초연구비중 확대를 목표로 제시. 또한 투자비중에 대한 명확한 기준 및 통계산출을 위해 기초연구비 비중산정기준을 마련. 이때까지는 순수 기초연구와 목적기초연구를 분류하지 않음
  - 이명박 정부는 과학기술기본계획(577전략)을 통해 기초연구와 원천연구를 합산하였으며, 이후 원천연구에 대한 비중산정 방식을 도출하였으나 원천연구의 정의 및 산정방식의 문제점등으로 산정방식에서 제외. 하지만 그간 보편성중심의 정책에서 수월성으로 대표되는 기초과학연구원 설립 및 초대형 연구인프라의 구축등이 정책 대상에 포함. 이는 보편성 관점의 순수기초연구와 수월성 관점의 목적기초연구를 별도로 고려하기 시작
    - ※ 이전 정부에서도 초대형연구인프라가 구축되었으나, 정책목표로는 처음 제시

○ 문재인 정부는 기초연구비 비중 확대가 아닌 일반 연구자들이 체감할 수 있는 개인 연구자 주도형 기초연구의 투자 확대를 제시함

- 문재인 정부의 기초연구사업은 수월성과 안정성을 고려하여 추진하였는데 수월성은 우수연구, 집단연구 등 연구역량 강화와 성과 창출을 목표로 하였으며, 안정성은 생애 기본연구, 학문균형발전, 학문후속세대 등 저변 확대와 풀뿌리 지원 및 연구의 안정성 강화를 목표로 하였음(박기범, 2020)

□ 한편 ‘기초연구비 비중산정 매뉴얼’(과기정통부, 2007)에 따르면 기초연구사업은 ‘순수 연구개발사업’, ‘연구기관지원사업’, ‘복합활동사업’, ‘국립대학 교원인건비’로 분류

[표 5] 기초연구비 산정 기준

구 분		사업 내용	대상 여부
연구 개발	순수연구개발	연구개발과제를 선정하여 그 연구개발비의 전부 또는 일부를 지원하는 사업	산정 대상
	연구기관지원	국공립 및 정부출연연구기관에 대한 지원사업(출연금)	
	복합활동사업	연구거점, 연구기반 조성 등 기초연구비 비중 산정대상과 비산정대상 연구과제가 혼합되어 있는 사업	
	국립대학교원인건비	국립대학의 과학기술분야 교원인건비 지원사업	
	고급인력양성	과학기술분야의 고급 인력양성·활용 목적사업	비산정 대상
시설·장비구축	자본적 지출(시설과 대형기기·장비 등의 구축)사업		
과학기술 교육훈련	교육연수훈련	단순교육, 기술(재)교육, 연수훈련사업 및 교육기반사업	
과학기술 서비스	정책·관리	정책연구, 기획·분석, 평가사업, 전문연구관리기관 육성지원	비산정 대상
	서비스	DB구축, 정보제공, 특허, 자문 서비스, 학술회의와 학술지 지원, 표준화, 시험분석 등	
	기타	운영비지원 및 차관상환 등	

※ 출처 : 과학기술부, ‘기초연구비 산정매뉴얼’(2007)

○ ‘기초연구비 비중산정 매뉴얼’에 의해 구분되는 기초연구비에는 시설·장비 구축비가 연구개발활동이 아닌 자본재 확충사업으로 분류하고 있어 단순한 기초연구비중으로 시설·장비 즉 기초연구인프라의 투자현황을 분석 할 수 없음

□ 따라서 본 연구에서는 과기정통부·교육부에서 추진 중인 기초연구사업과 시설·장비 구축 사업 중 기초연구분야 사업을 대상으로 구축한 연구인프라사업의 추세·교차분석을 실시함

○ 아울러 과학기술정보통신부와 교육부에서 추진중인 기초연구사업을 수월성과 안정성으로 구분하여 연구의 목적에 따른 연구인프라 구축패턴을 도출함

## 1.2. 연구인프라의 개념 및 정책 변화

- 연구인프라는 과학기술의 하부구조를 구성하는 핵심적인 요소이며 과학기술의 발전에서 차지하는 역할이 점차 확대되고 있음
  - 최근 새로운 과학지식의 발견과 혁신은 높은 질적 과학성과에 의해서 이루어지며, 높은 질적 과학적 성과는 최첨단 과학기술 연구인프라의 활용을 통해 도출함
  - 도전적인 과제를 해결하기 위해서 새롭고 근본적인 접근이 필요하며, 새로운 방법 도출 및 차별적 접근을 위한 첨단 연구인프라의 확보가 대단히 중요함
  - 따라서 선진국들은 첨단 연구인프라 확보를 통해 세계 최고의 연구성과 창출을 통한 연구경쟁력 제고에 집중함
- 연구인프라는 연구개발(R&D)을 위하여 요구되는 연구시설과 장비를 통칭하며, **기존에**는 연구를 위한 물리적 장치를 포함한 공간을 의미했으나, 점차 그 의미가 확장되고 있음
  - 과거연구는 소규모그룹의 연구자가 자체개발한 장비를 통해 연구를 수행하였다면 최근에는 대형 연구인프라를 중심으로 집단연구를 추진하는 형태로 변화함
  - 주요국에서 연구인프라는 과거에는 연구장비 또는 이를 운영하기 위한 시설을 의미 하였으나, 현재에는 거대연구장비 또는 집적화된 연구장비와 이를 운영하기 위한 인력, 예산 그리고 연구인프라에서 발생하는 데이터(OECD, EU)를 포괄하는 의미로 확장됨

### ■ 연구인프라(Research Infrastructure)란? (OECD GSF, 2019)

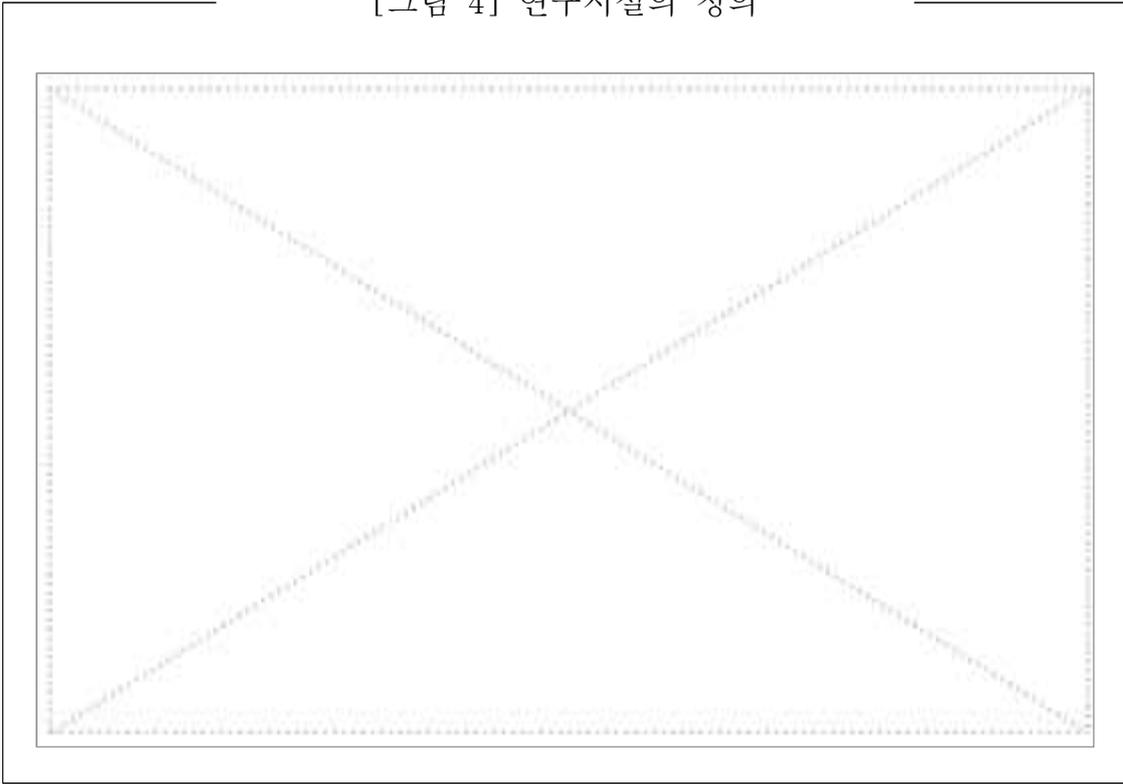
- ▶ 과학 연구분야에서 최상위 수준의 연구를 수행하기 위해 사용하는 시설, 자원 및 관련 서비스를 의미하며 주요 과학 장비 또는 설비등을 지칭하거나, 연구데이터 유통을 위한 데이터베이스를 지칭

- 한편, 우리나라는 연구인프라에 대한 별도의 법적 정의는 없으며, 연구시설·장비 정의로 개념을 적용하고 있음. ‘국가연구개발 시설·장비의 관리 등에 대한 표준지침’(과학기술정보통신부 고시)에 의하면 연구시설이란 ‘특정목적의 연구개발활동(시험, 분석, 계측, 교육, 훈련 등)을 지원하기 위해 다음 각 호 중 하나의 형태로 이루어진 독립적인 연구공간’으로 정의함(과학기술정보통신부, 2020)

1. 하나의 거대 연구장비
2. 복수의 연구장비를 결합한 하나의 시스템

3. 공동 활용을 촉진하기 위하여 연구장비들을 한 곳에 집적화한 단위

[그림 4] 연구시설의 정의



※ 출처 : 과학정보통신부, 국가연구개발 시설·장비의 관리 등에 대한 표준지침'(2021)

- 연구장비는 1백만원 이상의 구축비용이 소요되며 1년 이상의 내구성을 지닌 과학기술활동을 위한 유형(有形)의 비소비적 자산을 말하며 연구시설에 장비가 포함되거나, 연구장비가 독립적으로 운영될 수 있음
- 이와 같이 연구인프라는 물리적 공간 및 이를 통해 활용 가능한 시설·장비를 의미 하였으나, 최근에는 연구데이터를 수집·정제한 DB와 가상실험시설, 인력·예산을 포함한 독립조직, 연구시설·장비와 연구자원, 연구정보 및 관련인력을 결합한 형태로 정의함
- 우리나라의 연구인프라 관련 정책은 효율적 구축을 위한 체계적 관리에서 출발하여, 최근 활용활성화를 위한 다양한 정책으로 확대되는 중임
- 과학기술에 대한 공공지원이 체계화되기 시작하면서 연구인프라는 국가 지원의 대상이 되어 왔으나 연구인프라 문제가 공론화되기 시작한 것은 1980년대부터임(설성수, 김인호, 2006)
- 1980년대 말 국가경쟁력 우위를 점하기 위해 첨단기술 확보가 중요하다는 인식이 높아지면서 연구 목적의 인프라가 정책적으로 고려되기 시작함(진정일 외, 1997)
- 2000년대에는 선진국 수준의 연구인프라 확충 및 고도화 필요성이 지속적으로 제기됨에

따라, 연구인프라 공동활용과 관리효율성 제고를 정책 목표로 제시함

- 2010년대부터는 연구인프라의 효율적 활용에 대한 관심이 높아지면서, 공동활용 플랫폼 구축(ZEUS), 유희·저활용장비 이전, 핵심연구시설구축 및 연구장비비 풀링제와 같은 활용촉진정책을 추진함(과학기술부 외, 2018)
- 최근에는 연구인프라를 활용성과에 대한 관심이 높아짐에 따라 이를 관리하는 최소 단위 연구시설로 정책의 중심이 이동하고 있으며, 특히 초대형(500억이상) 연구시설의 효율적 구축 및 활용에 대한 관심이 높아지는 중임
- 우리나라의 기초연구인프라는 과거 개별 연구활동에 필요한 장비를 국가연구개발사업을 통해 직접 구축·활용하는 형태로 추진되었으나, 점차 공동활용을 통한 효율성 극대화로 정책이 변화함
  - 1970년대~80년대 국내 기초연구인프라는 다양한 국제기구로부터 교육차관을 도입하여 확충해 나갔으며 연구 목적 보다 교육 목적의 인프라가 구축되었음
  - 1980년대 말 대학의 연구기능 보장 방안으로 설립된 이공계 우수연구센터 지원금을 통해 연구시설·장비 구입이 본격화됨
  - 1990년대 연구기반구축사업 등 순수 연구인프라 구축을 목적으로 한 정책방안이 마련되었으나, 특정연구자에 집중 지원되는 현상이 발생되어 한국기초과학지원연구원을 통해 “대규모 공동연구장비”를 구축하고 전문운영인력을 통해 지원함
  - 2000년대에는 대학중점연구소 지원등을 통해 중형이하(10억원 미만)의 연구인프라를 구축하기 시작하였으며, 국가연구개발예산의 지속적 증가로 개인연구자 중심의 연구인프라 구축이 증가함
  - 2010년대부터는 국가연구장비 심의제도의 확대를 통해 연구인프라의 무분별한 구축을 억제하기 시작했으며, 정보시스템(ZEUS)을 통해 공동활용을 촉진하는 정책 추진함
  - 2020년대부터는 무조건적인 구축억제보다는 활용성을 기반으로 구축을 추진하였으며, 정보서비스 중심의 공동활용 정책에서 연구시설(핵심연구지원시설, 기관 집적화시설, 대형연구시설 등)을 통한 활용성 강화를 위한 정책을 추진함
- 이러한 정책기조는 기초연구강화를 위한 인프라 투자증대와 이러한 투자의 효율성 제고라는 **근본적 목표를 기반으로 하고 있으며, 이에 연구시설의 효율적 구축·운영이 근본적 방법**
  - 우리나라의 연구인프라 정책은 투자효율성의 제고라는 기본 정책의 변동은 없으나 정책의 수행측면에서 관리(구축)중심에서 활용(이용자확보, 유지관리)중심으로 변화

하고 있으며, 이에 연구장비의 관리중심에서 연구장비를 구축하고 활용하며 관리하는 단위인 연구시설로 정책 중심이 이동하고 있음

- 연구장비 심의·등록으로 대표되는 관리중심의 연구인프라 정책수행체계에서는 장비 단위의 구축 및 관리 통계가 정책임안자 관점에서 매우 중요하게 활용. 이는 연구장비가 부족한 시점에서 투입의 효율성을 결정하는 측면에서는 최적의 정책 체계임
- 지속적인 연구인프라 투자에도 연구개발에 대한 기여도에 의문이 발생함에 따라 연구 인프라의 효율성 및 파급효과 측정에 집중하게 되었으며, 연구장비의 효율성 및 파급 효과를 측정하는데는 연구장비단위의 관리체계가 부적합. 이는 장비를 효율적으로 활용하는 기본 단위인 연구시설에 정책의 중심이 이동하게 되는 주요요인으로 작용함

### 1.3. 기초연구인프라 정책추진현황

- 기초연구진흥종합계획을 통해 추진되는 기초연구관련 정부정책과, 이와는 별도의 관점으로 추진된 연구인프라 정책은 수월성 관점의 정책(특정기관 및 초대형시설의 육성)과 안정성 관점 정책(공동활용거점기관 육성과 공동활용 플랫폼 마련)이 병행되는 형태로 추진됨
- 제1차 기초연구진흥종합계획(2006~2010)에서는 대형장비의 공동활용을 위한 거점기관 육성, 연구장비의 운영비 및 인력지원을 통해 활용효율성 강화, 해외 첨단연구장비 활용 지원정책을 추진하였으며 이는 안정성 관점의 기반환경조성 정책을 추진한 것으로 판단됨
- 제1차 계획에서는 기초연구인프라 구축에 대한 비중을 전체 기초연구예산의 절반수준 까지 확대(2010년 기준 11,000억원)하고, 권역별·지역별 기초연구인프라 거점기관을 양성 하여 공동연구 및 인적교류를 활성화하며, 연구인프라에 대한 운영비·인건비 지원 및 교육프로그램을 운영하며, 해외 첨단연구인프라 데이터베이스 구축과 해외 연구인프라 담당 기관과의 지속적 교류를 통해 해외 첨단 연구인프라 활용기반 구축, 국가연구개발사업에 투입되어 활용이 완료된 연구인프라의 공동활용 촉진 및 공공연구기관의 첨단**연구장비** 대외 개방 확대등을 추진함
- 이러한 1차 계획에서는 구체적으로 나노랩, 방사광가속기, 핵융합장치, 이공계대학 공용 기자재, 자기공명장치등이 기초연구인프라 확충 대상으로 제시되고 있으며 2006년 기준 기초연구비의 7.5%가 인프라에 투입될 것으로 예측
- 1차 계획의 추진결과 연구인프라 데이터베이스를 구축하고, 권역별 기초연구인프라 거점기관을 지정하게 되었음
- 제2차 기초연구진흥종합계획(2008~2012)에서도 안정성 관점의 연구장비의 공동활용 기반조성 및 활용촉진, 고가연구장비의 운영비 인력지원, 중대형 연구장비의 지원확충, 한국기초과학지원연구원을 공동활용 거점기관으로 육성, 초대형 연구시설의 독점구축보다는 국제 공동프로젝트 참여 정책을 추진하였으며, 이전정책의 안정성관점을 유지함
- 중대형 연구인프라의 부족 및 저조한 공동활용률등을 문제로 제시하였으며, 중대형 연구인프라의 공동활용을 촉진하기 위한 구축운영체계를 마련하고 국제협력을 통해 구축되는 대형연구인프라에 대한 구축참여를 기획함
- 1차 계획의 수정계획이기 때문에 1차 계획에 대한 별도의 성과평가는 실시하지 않았으며 연구인프라에 대한 구체적인 구축·활용 목표를 제시하여, 달성(IBS, 거점연구시설 확대,

연구장비인력 확대)하였음

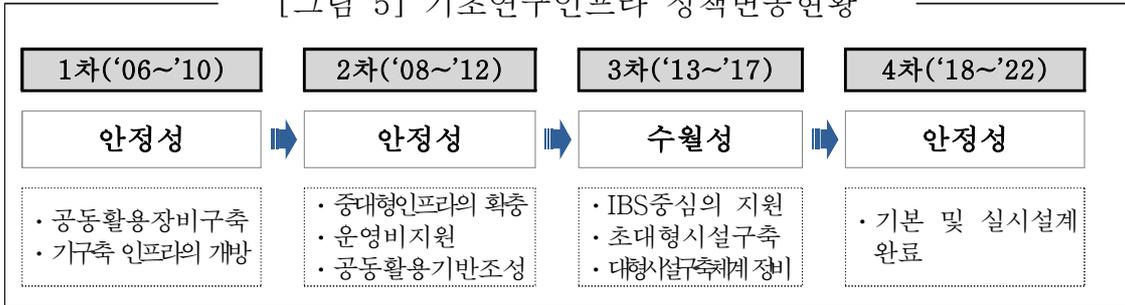
- 제3차 기초연구진흥종합계획(2013~2017)에서는 선도적 기초연구기관의 육성 및 대형연구 시설 구축 및 활용 등 수월성 관점의 정책 추진하였음
  - 그간 보편적인 연구인프라 구축정책에서 수월성을 중심으로 하는 IBS 연구단 중심의 연구인프라 지원 및 초대형 연구인프라에 대한 구축투자를 실시(중이온 가속기)하였으며, 특성화대학 및 지역거점대학을 기초연구인프라 거점으로 육성하는 계획을 수립함
  - 또한 그간 파편적으로 구축·운영되던 대형연구인프라의 효율적인 구축 및 운영을 위해 3년 주기의 로드맵 수립 및 가속기연구소등의 거버넌스 체계 마련을 계획하였음
  - 이를 통해 IBS연구단에 중대형 연구인프라를 구축하였으며, 초대형 기초연구인프라인 중이온가속기 구축이 시작되었음
- 제4차 계획(2018~2022)에서는 안정성 관점의 연구시설·장비 활용촉진을 위해 연구시설·장비비 통합관리제도, 핵심연구지원시설의 구축을 지원하고, 공동활용플랫폼의 통합, 초대형연구 인프라의 차질없는 구축을 통한 네트워크형성, 국제 연구인프라의 공동활용 정책을 제시 하는 등 안정성 중심의 기초연구인프라정책을 추진함
  - 연구인프라에 대한 직접적인 지원보다는 활용을 위한 지원체계 마련에 정책중심을 두고 있으며, 초대형시설 또한 구축의 확대보다는 효율적 구축관리 및 공동활용을 추진함
  - 정책 추진의 결과는 KBSI를 통한 기초연구인프라의 지역거점 마련 및 핵심연구지원 시설 구축, 연구인프라 활용도 제고를 위한 연구시설·장비비 통합관리제도 추진, 초대형 연구인프라의 구축관리를 위한 종합사업관리제도 등이 형성하였음
- 지금까지 살펴본 지난 15년간의 기초연구인프라 정책은 보편성 관점과 수월성 관점 중 한쪽 측면을 강조하는 형태로 추진되는 것으로도 판단 할 수 있음

[표 6] 기초연구인프라 정책유형의 구분

수월성 관점	안정성 관점
<ul style="list-style-type: none"><li>•(규모) 초대형 인프라의 확충</li><li>•(대상) 특정 연구기관에 집중투자</li><li>•(방식) 특정사업을 통한 지원</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•(규모) 중대형 인프라의 확충</li><li>•(대상) 거점기관에 분산투자</li><li>•(방식) 전체사업을 통한 지원</li></ul>

※ 출처 : 연구진 자체분석

[그림 5] 기초연구인프라 정책변동현황



※ 출처 : 연구진 분석

- 따라서 본 연구에서는 연구개발사업의 성격(수월성/안정성) 및 이를 통해 구축한 연구인프라의 활용형태(단독/공동활용)를 분석하여, 현재 연구인프라의 구축패턴을 도출하고, 향후 정책 지향점(투자효율성 개선을 위한 활용성 극대화)에 따른 연구인프라의 투자목표를 도출하고자 함

## 2. 기초연구와 기초연구인프라 투자유형 분석

### 1.4. 기초연구 투자유형 분석

- 기초연구사업은 과학기술정보통신부의 개인 및 집단연구사업, 교육부의 개인 및 이공학  
학술연구기반구축사업으로 구성

[표 8] 기초연구사업의 구분 및 특징

(과학기술정보통신부 - 개인)

사업	사업목적 및 특성	지원대상	최초지원		후속지원			
			연간 연구비	연구 기간	연간 연구비	연구 기간		
우 수 연구	리더 연구	대학 이공분야 교원 (전임·비전임) 및 국(공)립·정부출연·민간 연구소의 연구원	유형1	미래의 독자적 과학기술과 신기술 개발을 위해 세계적 수준에 도달한 연구자의 심화연구 집중 지원	연평균 8억원 이내	9년(3+3+3)	기존지원 규모이내	3년
	유형2		8~15억원	5년 (3+2)	8억원 이내	3년		
	중견 연구		유형1	창의성 높은 개인연구를 지원하여 우수한 기초연구능력을 배양하고 리더연구자로의 성장 발판마련	연평균 2억원이내	1~5년	기존 지원 규모 이내 (후속 횟수 제한 유형2 없음)	
	유형2		연평균 2억원초과 4억원이내	1~5년				
신진연구	신진연구자의 창의적 연구의욕 고취 및 연구역량극대화를 통해 우수 연구인력으로 양성	박사학위 취득 후 7년 이내 또는 만 39세이하인 대학 이공분야 교원 (전임·비전임) 및 국(공)립·정부출연·민간 연구소의 연구원	연평균 1억원 이내 (필요시 최초혁신 실험실 구축비 0.5~1억원 추가 지원**)	1~5년 (최초혁신 실험실 구축비는 1년)	연평균 2억원 이내 / 1~5년 (중견연구 유형1로 연계 지원)			
생애 기본 연구	재도약연구	우수연구과제 수행 연구자가 연구단절 시 재도약할 수 있도록 지원	대학 이공분야 교원 (전임·비전임) 및 국(공)립·정부출연·민간 연구소의 연구원 ※요건** 충족 필요	0.3억원 0.5억원	1년	-	-	
	기본연구	이공학분야 풀뿌리 개인 기초연구를 폭넓게 지원하여 연구기반을 확대하고 국가 연구역량 제고	대학 이공분야 전임 교원 및 국(공)립·정부출연·민간 연구소의 연구원	연평균 0.5억원 이내	1~3년	-	-	
	생애첫연구	연구역량 갖춘 신진연구자의 연구기회 확대 및 조기 연구 정착 유도	기초연구사업 수혜경험이 없고, 박사학위 취득 후 7년 이내 또는 만 39세이하인 4년제 대학이공분야 전임 교원	연평균 0.3억원 이내	1~3년	-	-	

(과학기술정보통신부-집단)

사업	사업목적 및 특성	지원대상	연간 연구비	연구기간 (최대)	
선도 연구센터	이학분야 (SRC)	우수한 이학 분야의 연구그룹 육성을 통해 새로운 이론 형성, 과학적 난제 해결 등 국가기초연구 역량 강화	이공계 분야 대학원이 설치되어 있는 대학의 0인 내외 연구그룹	15.6억원 이내	7년 (4+3) (후속 3년)
	공학분야 (ERC)	우수한 공학 분야의 연구그룹 육성을 통해 원천·응용연구 연계가 가능한 기초연구 성과 창출 및 대학 내 산학협력의 거점 역할 수행		20억원 내외	
	기초의학분야 (MRC)	의·치·한의·약학 분야의 연구그룹 육성을 통해 사람의 생명현상과 질병 기전 규명 등 국가 바이오·건강분야 연구 역량 강화	기초의과학(의·치·한의·약학)분야 대학원이 설치되어 있는 대학의 연구자 10인 내외 연구그룹	14억원 이내	7년 (4+3)
	융합분야 (CRC)	초학제간 융합연구 그룹 육성을 통해 다양한 사회문제, 국민요구 등 신개념의 창의적 결과물, 세계수준의 신지식 창출	이공계 및 인문/사회/예술분야 등의 대학원이 설치되어 있는 대학의 연구자 15인 내외 연구그룹	20억원 이내	
	지역특화분야 (RLRC)	지역대학의 우수한 연구자원과 지역 중점 육성산업과의 연계를 통한 지역 특화 연구 개발육성 및 우수인력 양성	비수도권 지역의 대학과 동일권역 내 타대학 등의 컨소시엄으로 구성된 연구그룹	15억원 이내	
기초연구실	특정 연구주제를 중심으로 소규모 연구그룹의 형성을 지원하여 기초연구 역량 강화	이공계 대학의 교수 3~5인으로 구성	5억원 이내	3년 (후속3년)	

(교육부-개인)

사업	사업목적 및 특성	지원대상	연간 연구비	연구기간
이공학 개인기초연구	이공학분야 풀뿌리 개인기초연구 저변 확대 및 안정적으로 연구에 몰입할 수 있는 환경 조성	이공학분야 교원(전임, 비전임) 공공공간연구소 연구원	01.~0.5억원	1~10년

(교육부 - 이공학학술연구기반구축사업)

사업	사업목적 및 특성	지원대상	연간 연구비	연구기간	
학문균형발전지원	창의도전 연구기반지원	신진 박사급 연구자의 독립적 안정적 연구를 위해 연구비 지원	대학 비전임교원, 박사후연구원 (고용 예정자 포함)	0.5억원 이내	1~3년
	보호연구	기초학문의 다양성 제고 해당 분야 연구 인력 양성을 위해 국가 차원의 보호육성이 필요한 분야 지원	국내 연구기관의교원 및 연구원	1.3억원 이내	3~10년
	지역대학 우수과학자	지역대학의 우수 연구자들이 지속적으로 연구성과를 창출할 수 있도록 연구비 지원	수도권(서울, 경기, 인천) 소재 대학 및 4대 과기원, 포항공과대학을 제외한 지역대학 전임비전임교원	0.5억원 (포닥채용 시 0.5억원 추가)	3~10년
학문후속세대지	박사과정생 연구장려금	학위논문 관련 창의도전적 아이디어를 학생이 연구하도록 연구비 지원	국내 대학원 박사과정에 전업 학생으로 재학 중인 자 또는 수료생	0.2억원	1~2년
	박사후 국내외연수	국내외 대학 및 연구소에서 연수 지원	국내외대학 박사학위 취득 후 7년 이내인자	0.45억원	(내)1~3년 (외)1년
	대통령포다	우수한 박사후연구자가 선도연구자로	만 39세 이하 국내외	1.3억원	5년

사업		사업목적 및 특성	지원대상	연간 연구비	연구 기간
원		성장하도록 연구비 지원	대학 박사학위 취득자		(3+2)
대학 연구기반 구축	대학중점 연구소	대학연구소를 특성화된 연구거점화, 박사급연구인력이 안정적으로 연구할 수 있도록 연구비 지원	전 이공분야 대학부설연구소	7~11억 원	9년 (3+3+3)
	기초과학 연구역량 강화	대학내 산재된 연구장비를 집적하여 공동활용, 전문인력에 의해 관리되는 핵심 연구지원센터를 조성하기 위해 장비이전, 수리, 성능향상비, 전문인력 활용비 등 지원	학과·연구분야 단위로 연구장비를 공동 활용 하고자 하는 연구시설 또는 기 조성된 공동활용 시설을 활성화하고자 하는 연구집단	3~6억원	6년 (3+3)

※ 출처 : 박기범(2020)

- 기초연구사업은 수월성 및 안정성 목적의 사업으로 구분할 수 있으며, 안정성은 생애기본 연구, 학문균형발전, 학문후속세대 등 저변 확대와 풀뿌리 지원 및 연구의 안정성 강화를 목표로 하였음(박기범, 2020)

[표 9] 기초연구사업의 성격상 분류(단위 : 백만원)

트랙	사업	부처	2017년 예산	2018년 예산	2019년 예산	2020년 예산
수월성	우수연구 (리더, 중견, 신진)	과기정통부	620,897	657,790	845,600	1,050,200
	전략공모 (전략과제, X프로젝트)	과기정통부	71,175	68,855	-	-
	집단연구 (선도연구센터, 기초연구실)	과기정통부	148,778	181,745	221,025	278,900
	소계		840,850	908,390	1,066,625	1,329,100
안정성	생애기본연구 (재도약, 기본, 생애컷)	과기정통부	28,362	46,367	134,000	190,600
	이공학 개인기초	교육부	271,781	348,317	292,231	170,662
	학문균형발전	교육부	-	-	114,524	198,980
	학문후속세대양성	교육부	54,403	63,999	36,919	45,845
	대학중점연구소	교육부	27,729	38,123	48,679	72,765
	소계		382,275	496,806	626,353	678,852

※ 출처 : 박기범(2020)

- 과학기술정보통신부와 교육부에서 추진하는 기초연구사업의 예산 총액 및 수혜 과제수는 지속적으로 증가하고 있으며, 사업당 과제수 및 사업비 증가율은 일정규모를 유지중임
- 이는 기초연구 투자확대의 목표가, 수월성 연구의 확대보다는 안정성 강화에 치중한 것으로 판단할 수 있음

[표 10] 기초연구사업의 성격상 분류

구분	년도										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
과제수(건)	10,295	10,869	11,593	12,068	11,846	12,106	16,528	17,576	23,135	23,612	
사업비총액(억원)	9,454	10,091	10,301	10,395	10,824	11,150	12,814	14,322	17,120	20,382	
과제당사업비(억원)	0.92	0.93	0.89	0.86	0.91	0.92	0.78	0.81	0.74	0.86	
과제수 증가율(%)	-	105.58%	106.66%	104.10%	98.16%	102.19%	136.53%	106.34%	131.63%	102.06%	
사업비 증가율(%)	-	106.74%	102.08%	100.91%	104.12%	103.01%	114.93%	111.76%	119.54%	119.05%	
과제당 사업비증가율(%)	-	101.10%	95.71%	96.94%	106.07%	100.80%	84.18%	105.10%	90.82%	116.65%	

※ 출처 : 한국연구지원통계(<https://stats.nrf.re.kr/>)자료, 연구진 정리 및 분석

[그림 6] 기초연구비 투자 유형 및 증감율



※ 출처 : 한국연구지원통계(<https://stats.nrf.re.kr/>)자료, 연구진 정리 및 분석

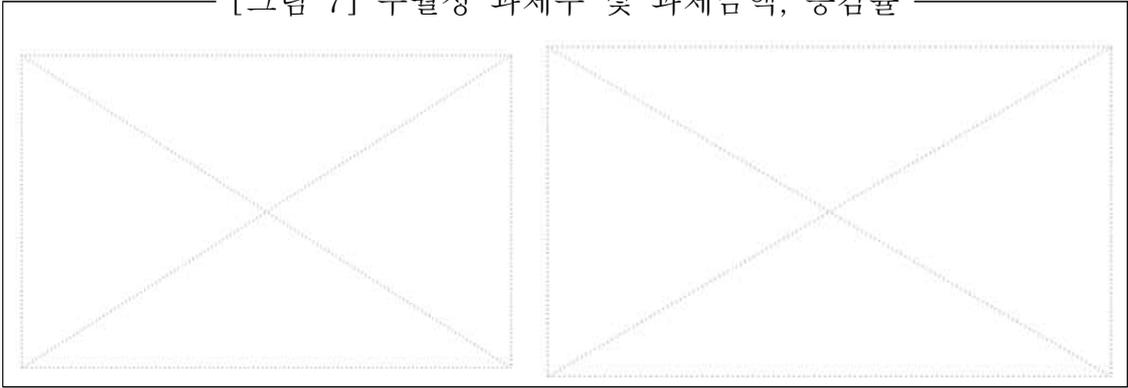
- 기초연구사업의 성격(수월성, 안정성) 비교에서도 기초연구예산이 급속도로 증가된 2017년 이후 전체 규모는 확대되었으나 과제당 금액은 오히려 2011년 대비 40%정도 감소한 것으로 분석됨

[표 11] 기초연구사업의 성격별 투자금액

구분	년도										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
수월성과제수(건)	2,606	2,935	3,699	3,856	4,044	6,423	9,126	8,155	8,618	7,860	
수월성 과제금액(억원)	5,118	5,551	5,859	6,143	6,512	7,924	9,227	9,774	9,253	13,157	
수월성과제당금액(억원)	1.96	1.89	1.58	1.59	1.61	1.23	1.01	1.20	1.07	1.67	
안정성 과제수(건)	7,688	7,933	7,893	8,209	7,801	5,682	7,362	9,421	14,517	15,752	
안정성 과제금액(억원)	4,185	4,391	4,308	4,131	4,245	3,155	3,470	4,548	6,393	7,226	
안정성과제당금액(억원)	0.54	0.55	0.55	0.50	0.54	0.56	0.47	0.48	0.44	0.46	

※ 출처 : 한국연구지원통계(<https://stats.nrf.re.kr/>)자료, 연구진 정리 및 분석

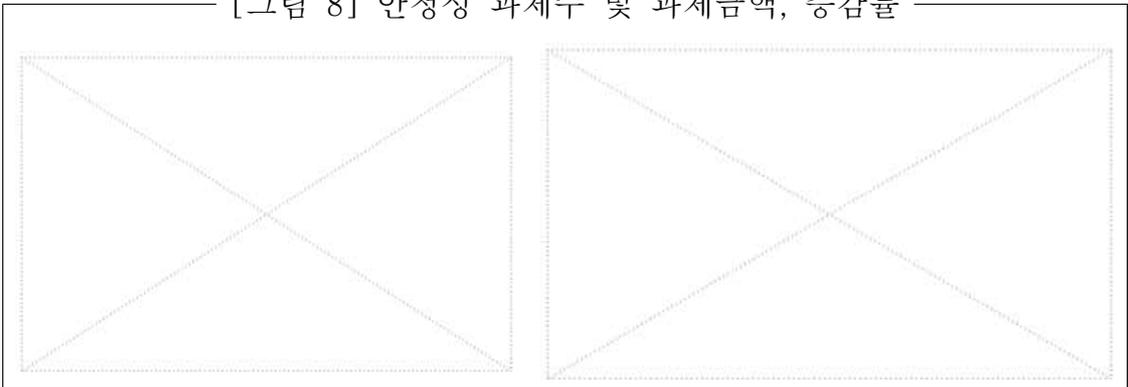
[그림 7] 수월성 과제수 및 과제금액, 증감률



※ 출처 : 한국연구지원통계(<https://stats.nrf.re.kr/>) 자료, 연구진 정리 및 분석

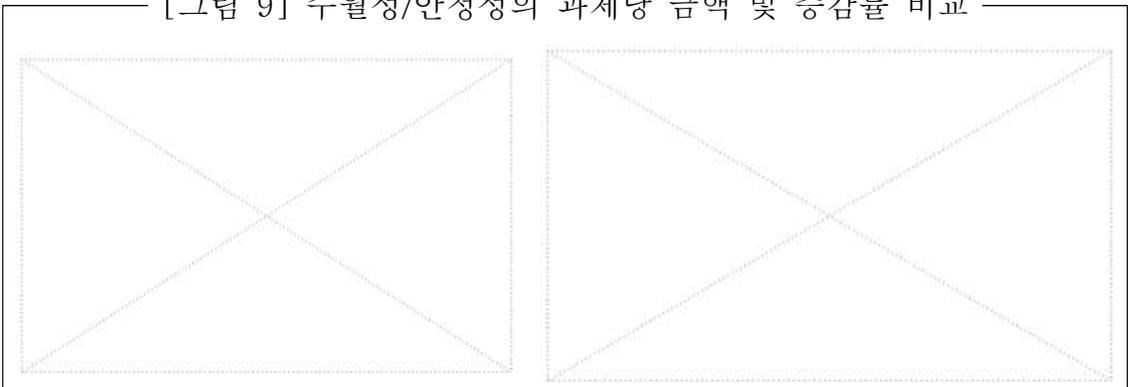
- 안정성 과제의 금액 및 건수는 지속적으로 증가하고 있으나, 과제당 금액의 경우 2017년 이후 점차 감소하고 있는 것으로 분석됨

[그림 8] 안정성 과제수 및 과제금액, 증감률



- 기초연구예산이 증가하였고, 과제별 연구비 한도가 정해진 상황에서, 과제당 금액이 감소하는 것은 수혜자의 증가률이 더 큰 것으로 볼 수 있으며, 기초연구의 투자기조가 수월성 보다는 안정성에 치중한 것이라 판단 가능함

[그림 9] 수월성/안정성의 과제당 금액 및 증감률 비교



□ 한편, 기초연구개발사업과 별도로 추진되는 기초연구분야 연구인프라 구축사업은 대부분 대형연구시설구축사업으로, 2011년부터 지속적으로 증가 중임

[표 12] 대형연구시설사업 추진내역

사업명	사업목적	사업기간	사업비용(억원)
중입자가속기구축지원사업	의료용가속기구축	2010 ~ 2024	1,187.4
가속기핵심기술개발사업	방사광가속기구축	2018~2021	30
중이온가속기구축	기초연구시설구축	2011 ~ 2021	11,304
산업지원다목적방사광가속기개념연구	다목적가속기구축	2020	15
고가연구장비구축사업	기초대형장비개발	2014	15
중이온가속기장치구축	중이온가속기장치개발	2016	500.6

※ 출처 : 한국연구지원통계(<https://stats.nrf.re.kr/>) 자료, 연구진 정리 및 분석

[그림 10] 기초연구분야 연구인프라구축사업비 현황



※ 출처 : 한국연구지원통계(<https://stats.nrf.re.kr/>) 자료, 연구진 정리 및 분석

### 1.5. 우리나라 기초연구투자와 기초연구인프라의 상관관계 분석

- 연구인프라는 구축규모, 취득유형, 취득기관유형, 활용목적, 활용 연구분야등으로 분류할 수 있으며 이에 따라 본 연구에서는 다양한 지표의 교차분석을 통해 기초연구인프라의 투자 패턴을 찾아내고자 함
- 우선 기초·응용·개발연구를 구분하지 않은 전체연구분야의 연구인프라 구축현황을 분석
- (전체연구분야) 2000년 이후 기본적으로 우리나라 전체 연구개발투자는 증가하고 있으나 연구인프라에 대한 투자는 점차 감소하고 있는 실정임
- 2012년과 2014~2015년에 약간의 증가가 발생하였으나 대형연구시설구축(2012 중성자빔 연구시설, 2014~2015 한국형발사체개발 인프라)에 따른 일시적인 증가로 전체적인 연구인프라의 구축 비중은 감소하고 있는 것으로 분석됨

[표 13] 국가연구시설장비 투자현황 (단위:억원,%)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020**
조사분석 대상사업*	128,213	135,686	144,365	153,266	163,869	164,624	166,171	167,861	174,095	204,480
시설장비 구축액	7,659	10,770	6,879	7,862	9,711	9,501	9,302	7,033	6,758	7,823
비중	6.0%	7.9%	4.8%	5.1%	5.9%	5.8%	5.6%	4.2%	3.9%	3.8%

\* 조사분석 대상사업에서 국방 R&D사업을 제외한 금액  
 \*\* 2020년도 국가연구시설장비 조사분석보고서는 아직 미발간 되었으며, 본 데이터는 ZEUS등록데이터로 추후 변동예정

※ 출처 : 국가연구시설장비조사분석보고서(2011~2019), 연구진 정리 및 분석

[그림 11] 국가연구시설장비 투자현황 증감률 비교 (단위:%)



※ 출처 : 국가연구시설장비조사분석보고서(2011~2019), 연구진 정리 및 분석

- 연구인프라의 투자규모 및 구축인프라 수는 점차 줄고 있으나 평균 인프라 구축금액은 증가하고 있으며, 중소형 미만(1억원이하)의 인프라가 점차 감소하는 대신, 중대형이상(10억원 이상)의 인프라 증가율이 점차 높아지고 있음

[표 14] 국가연구시설장비 구축현황 (단위:점)

인프라규모	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	총합계
소형(3천만원미만)	972	851	828	724	1,246	1,114	1,134	1,114	744	582	9,309
중소형(3천만원~1억원)	4,534	4,737	4,084	3,372	2,999	2,613	2,571	2,511	2,316	2,638	32,375
중형(1억원~10억원)	1,288	1,282	1,157	1,013	1,145	1,045	1,022	958	950	1,044	10,904
중대형(10억원~50억원)	63	63	52	62	104	110	106	80	94	105	839
대형(50억원~500억원)	3	2	3	6	13	8	8	6	9	9	67
총합계	6,860	6,935	6,124	5,177	5,507	4,890	4,841	4,669	4,113	4,378	53,494

※ 출처 : 국가연구시설장비조사분석보고서(2011~2019), 연구진 정리 및 분석

[그림 12] 규모에 따른 연구인프라 투자증감현황 (단위:억원)



※ 출처 : 국가연구시설장비조사분석보고서(2011~2019), 연구진 정리 및 분석

- 이러한 연구인프라의 구축형태변화(총액감소, 중대형장비증가)는 과제당 예산규모의 증감과 연관관계가 있음을 유추 할 수 있음
  - 10억원 이상의 대형연구개발과제의 증가는 중대형 연구인프라의 증가와, 1억원이상 3억원 미만의 과제 감소는 중소형 미만의 연구인프라 감소와 동일한 패턴을 보임
  - 3억원~10억원미만의 과제는 일정규모를 유지하고 있는데 이는 중형 연구인프라의 구축 증감패턴과 유사한 형태를 보임

[표 15] 연구비 규모별 세부과제당 연구비추이(2016~2020)



※ 출처 : 2020년도 국가연구개발사업 조사분석보고서(p 80)

- 중소형, 중형, 중대형 연구인프라의 구축방식, 활용체계, 활용대상에 차이가 있음을 고려할 때, 연구사업의 규모가 연구인프라의 투자 규모를 결정하는 요건으로 작용
  - 3억원 미만의 연구과제는 개인연구자중심의 단독활용 연구인프라 증가와 연관
  - 3~10억원 구간의 과제는 개인 또는 기관 중심의 공동활용 연구인프라 증가와 연관
  - 10억원 이상의 과제는 기관 또는 지역중심의 공동활용 연구인프라 증가와 연관
- 따라서, 연구인프라의 공동활용을 촉진하기 위해서는 10억원 이상의 연구개발사업을 추진하거나, 공동활용목적의 연구인프라 지원사업 마련이 필요
  - ‘공동활용’은 단순히 구축억제를 통한 재정투입의 효율성을 높이는 효과보다는, 공동 활용을 통한 공동연구 및 연구네트워크의 확산에 큰 의미가 있음

- 한편 기초연구비산정기준에 따른 기초연구사업의 인프라 투자현황은 다음과 같음
  - (기초연구분야) 기초연구에 대한 지속적인 투자확대에 따라 기초연구사업을 통해 구축되는 연구인프라는 타 연구분야와 다르게 일정규모를 유지하고 있으나, 평균 취득금액은 점차 낮아지는 추세로 타 연구분야(응용, 개발, 기타)와 반대의 경향을 보임
    - 특히 전체 연구인프라의 평균 구축금액(굵은 파란선)은 가파르게 증가하고 있으나 기초연구분야의 평균 구축금액은 10년전(2010년) 보다 감소하고 있는 것으로 분석됨
    - **평균금액의 감소는 평균 1억원 미만의 기초연구과제규모 지속적으로 유지된 것을 감안할 때, 대형과제의 비중이 줄어들고 있는 것으로 유추할 수 있으며, 핵심연구인프라의 구축보다는 범용성 연구인프라의 구축이 증가하는 것으로도 볼 수 있음**

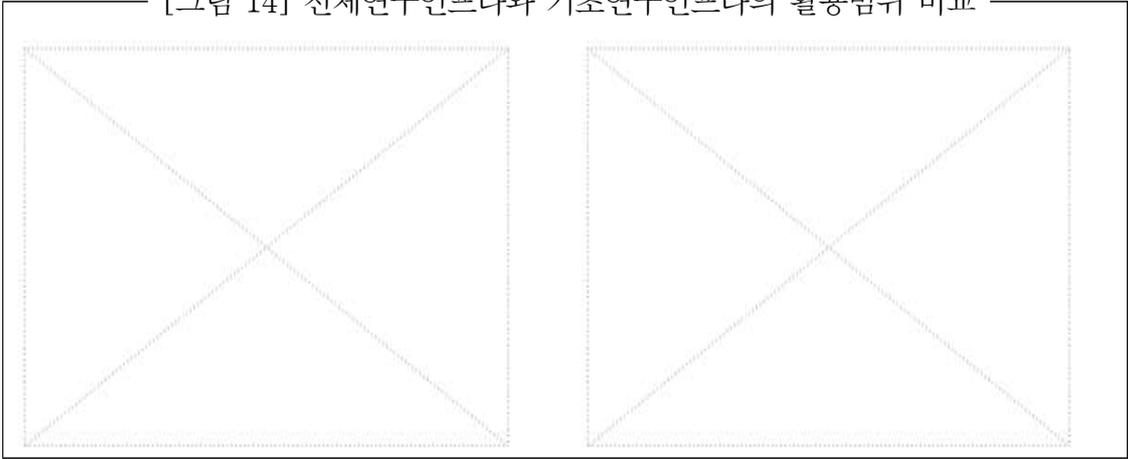
[그림 13] 연구유형별 투자패턴 분석



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

- 전체 연구인프라와 기초연구사업을 통해 구축한 연구인프라의 활용범위(공동활용여부)의 비교에서도 기초연구사업으로 구축한 연구인프라는 단독활용비율이 높음

[그림 14] 전체연구인프라와 기초연구인프라의 활용범위 비교



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

- 연구개발유형(기초·응용·개발)별 사업비 대비 연구인프라의 구축비 비중을 살펴보면, 개발·응용연구는 연구인프라 투자비중이 점차 높아지는 것을 볼 수 있으나, 기초연구는 점차 비중이 낮아지고 있음. 이는 기초연구에서 인프라의 중요도가 높아지는 것을 감안할 때, 단일 과제로 구축할 수 없는 연구인프라가 필요할 수도 있으므로 해석할 수 있음

[그림 15] 연구유형별 투자패턴 분석



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

- 한편 본 장에서 다루고자 하는 기초연구사업(과학기술정보통신부의 개인 및 집단연구사업, 교육부의 개인 및 이공학학술연구기반구축사업)의 투자금액은 점차 증가

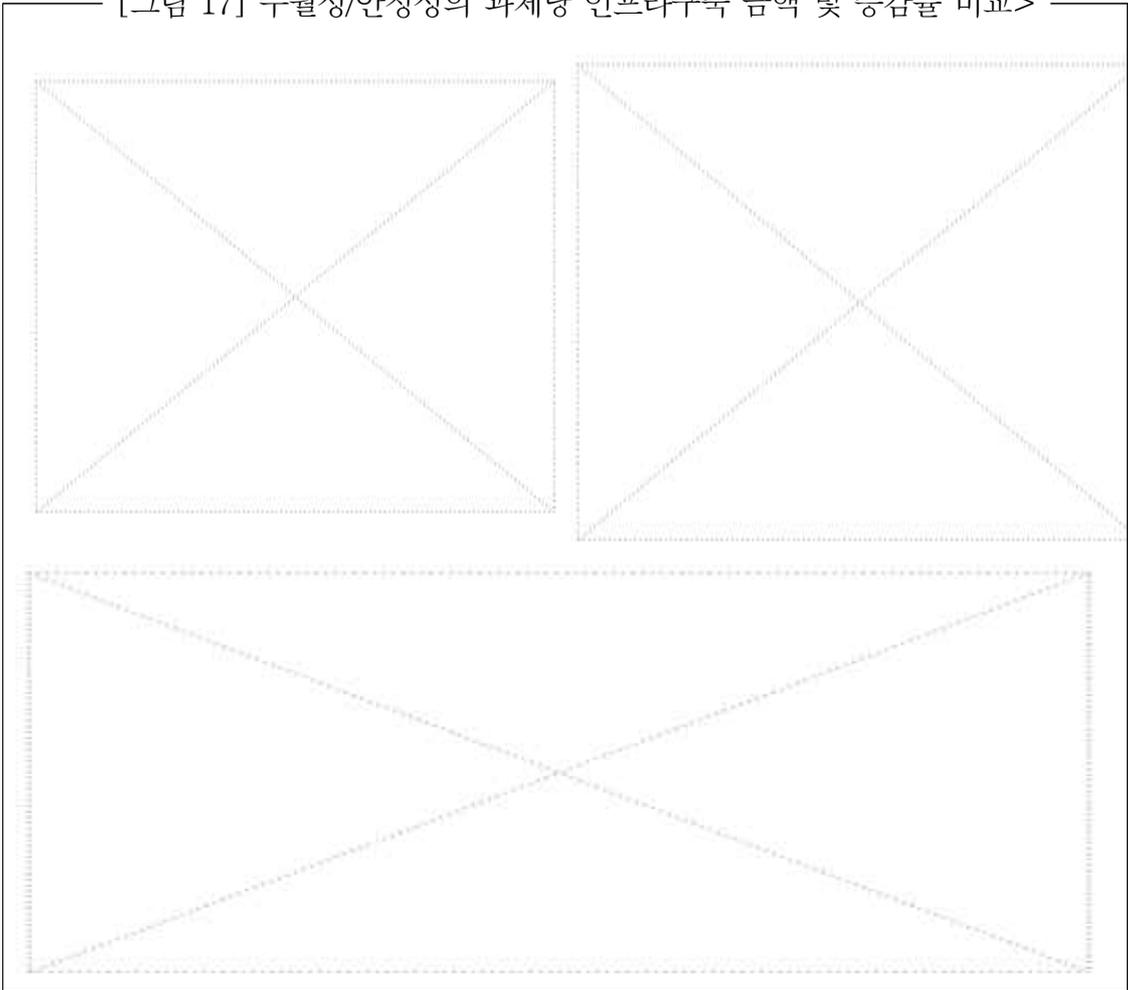
[그림 16] 기초연구사업의 투자금액과 인프라 투자현황비교



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

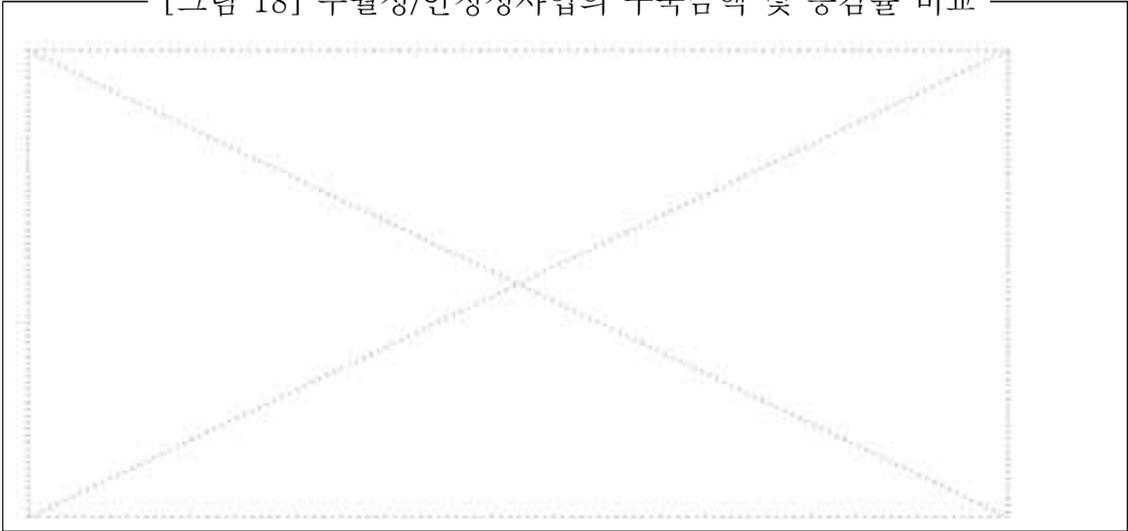
- 기초연구사업을 성격(수월성, 안정성)으로 분류하고 투자금액 당 인프라투자비중 및 산포도를 분석하면, 수월성성격의 사업에서 인프라 구축규모 및 증가율이 높음.
- 하지만 안정성 연구인프라의 구축수가 적음에도 투자규모에서 큰 차이가 없는 것은 사업의 성격이 인프라의 규모에 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

[그림 17] 수월성/안정성의 과제당 인프라구축 금액 및 증감률 비교>



- 특히 문재인 정부가 출범한 2017년 이후 기초연구사업의 경우 성격(수월성, 안정성)의 구분없이 모든 세부사업의 투자 규모가 증가하고 있으며, 이에 인프라 구축수도 증가하고 있음
  - 이는 역설적으로 대형연구인프라를 중심으로 연구네트워크를 형성하고, 집단연구를 추진하는 최근의 연구형태 및 기초과학분야 정책의 방향과 다른 것으로, 개인중심의 실험실 단계의 연구형태에 많은 투자가 이루어지고 있는 것으로 판단할 수 있음
- 한편 수월성/안정성으로 구축한 기초연구인프라를 회귀분석 했을 때 큰 변화가 없을 것으로 예측. 이는 전체 연구개발사업으로 구축한 연구인프라의 평균구축금액이 가파르게 증가하고 있는 현상과 비교해 볼 때, 연구자중심의 기초연구사업 확대가 기초연구인프라의 투자형태 변화에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단할 수 있음

[그림 18] 수월성/안정성사업의 구축금액 및 증감률 비교



- 과제비용 당 인프라비용의 비중은 안정성 사업이 높음. 이는 안정성 사업이 연구기반 조성을 목적으로 하며 연구인프라가 이에 포함됨을 의미한다고 볼 수 있음
- 앞장에서 현재의 수월성 연구형태가 대형인프라를 중심으로 이루어진다는 점을 강조 하였는데, 현재의 수월성 연구과제는 기반보다는 인력에 치중된 것으로 유추

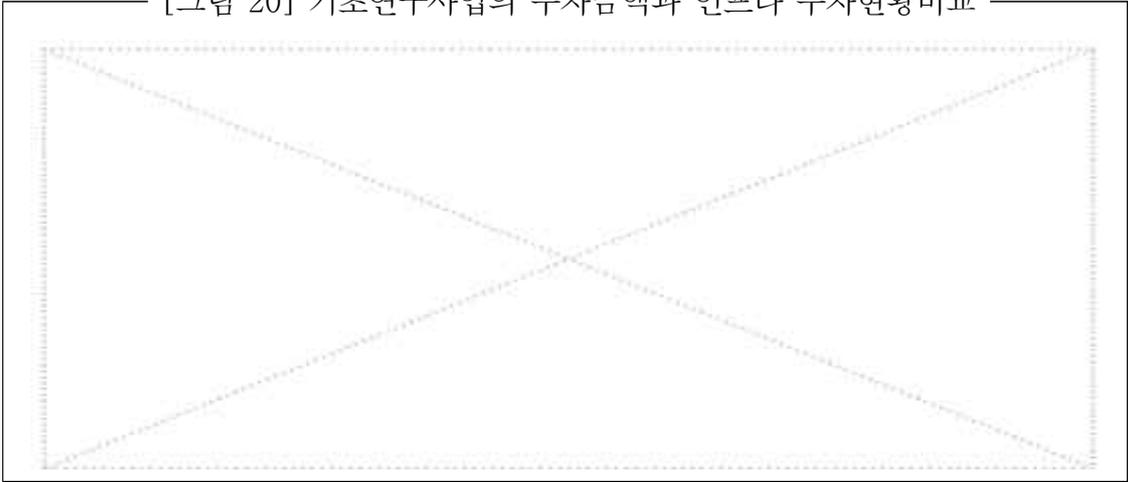
[그림 19] 기초연구사업의 투자금액과 인프라 투자현황비교



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

- 기초연구 세부사업에서는 ‘생애기본연구’사업의 인프라 구축비중이 높으며 이는 연구를 시작할 때 기반으로 하는 연구인프라의 수요가 높은 것을 의미. 반면 기구축된 연구시설을 중심으로 연구를 추진하는 집단연구의 경우 연구인프라 투자비중이 높지 않음
- 이를 통해 기초연구분야의 기반인프라 환경이 튼튼하지 않음을 알 수 있으며, 수월성 연구를 유도하기 위한 집단연구 또한 기반조성에 크게 기여하지 않음으로 해석 가능

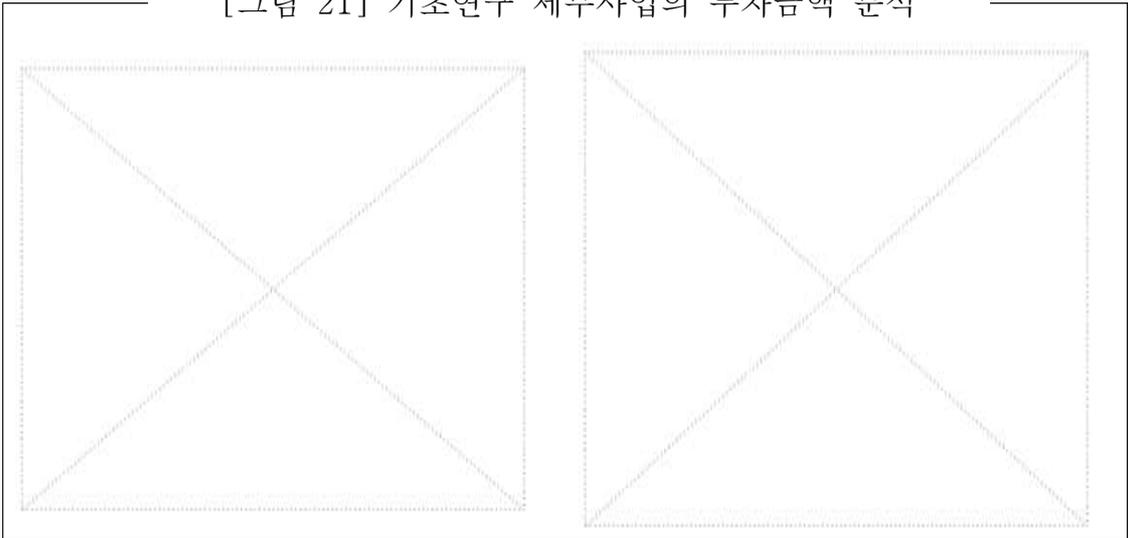
[그림 20] 기초연구사업의 투자금액과 인프라 투자현황비교



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

- 기초연구사업을 개인연구지원사업과 집단연구지원사업 그리고 기초연구기반구축사업으로 구분하였을 때, 개인연구지원사업, 집단연구지원사업, 기초연구기반구축사업순으로 투자가 이루어지고 있으나 과제당 구축금액은 기초연구기반구축사업, 집단연구지원사업, 개인연구지원사업의 역순으로 투자가 이루어지며 중소형 연구인프라 위주의 구축이 이루어지고 있음

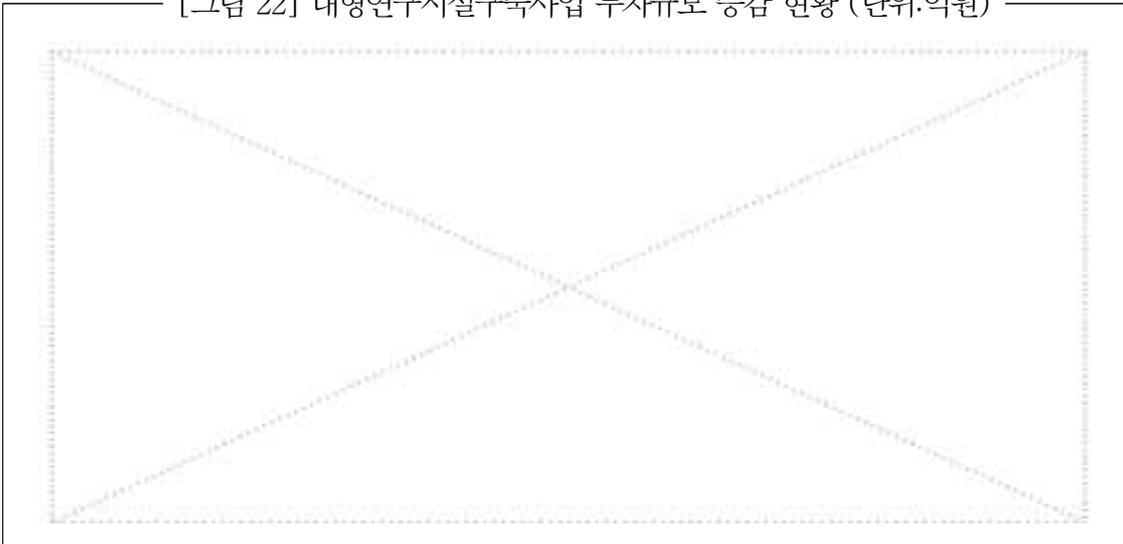
[그림 21] 기초연구 세부사업의 투자금액 분석



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

- 그러나 별도사업으로 추진되고 있는 대형기초연구인프라 구축에 대한 투자는 급상승하고 있으며, 현재 지역과 연계하여 구축을 기획하고 있는 시설이 여러 건이 있음을 감안할 때 향후 지속적인 급상승이 예측됨
- 대표적으로 초강력레이저연구인프라(전남), 국가고자기장연구인프라(광주, 울산, 강원)와 같은 초거대 기초연구인프라(1조원 이상)의 구축추진이 해당 지자체와의 협력으로 검토가 이루어지는 상황임
- 현재 구축이 추진 중인 다목적방사광가속기, 중입자가속기, 수출형 신형연구로와 2단계 구축추진을 준비 중인 중이온가속기 등을 감안할 때 대형기초연구인프라의 구축비용이 급속하게 증가할 것으로 예측됨
- 아울러 기 구축된 기초연구시설 중 성능개선이 시급한 시설도 다수 있는 것으로 파악되며, 대형기초연구인프라의 재원이 기초연구예산에서 투입되는 상황을 감안할 때 보다 전략적인 구축추진을 통해 효율적 재원마련이 필요한 것으로 판단됨

[그림 22] 대형연구시설구축사업 투자규모 증감 현황 (단위:억원)



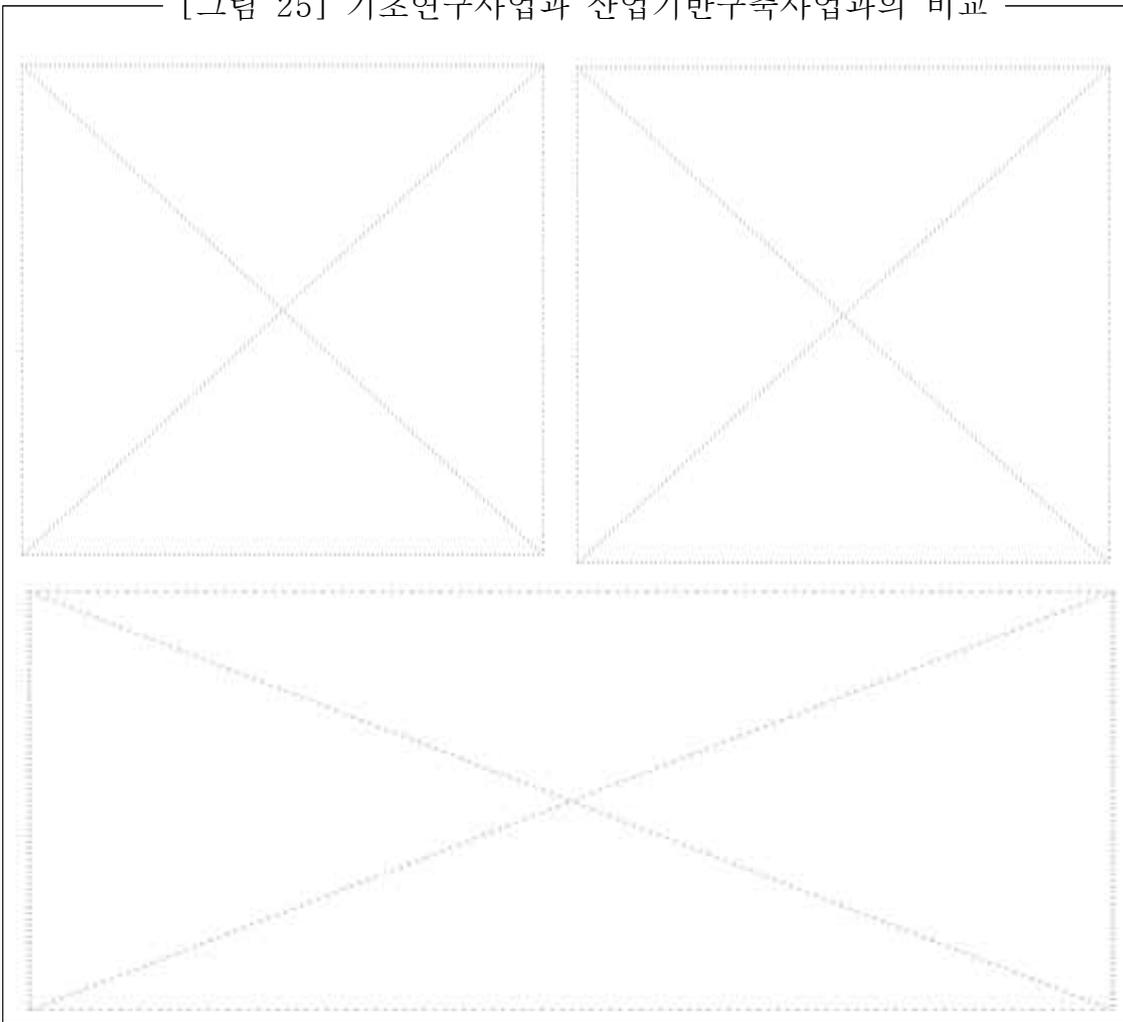
※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

□ 타 연구분야(응용·개발)와의 비교분석

○ 한편 기초연구분야의 기반형성 및 과제를 지원하는 기초연구사업과, 산업기술개발의 기반형성을 지원하는 산업기반구축사업을 비교해보면 기초연구지원사업은 투자규모는 증가하는 반면 평균구축금액은 정체중이며, 산업기반구축사업은 투자금액과 평균구축금액 모두 증가하고 있음

- 산업기반구축사업의 경우 공동활용연구인프라의 확충을 목적으로 하는 사업으로, 연구 목적 및 활용범위, 활용형태에 따라 다양한 인프라가 확충되고 있는 것으로 파악되며, 이는 중소형 연구인프라 중심의 기초연구인프라 확충체계에 시사하는 바가 큼

[그림 25] 기초연구사업과 산업기반구축사업과의 비교



※ 출처 : ZEUS 국가연구시설장비종합정보서비스 등록데이터 연구진 분석

## 【분석결과 종합】

1. 국가연구개발사업의 투자규모는 증가하고 있으나, 연구인프라 투자금액은 감소
2. 기초연구사업의 투자규모 확대로 기초연구인프라의 투자 또한 일정규모 유지
3. 전체적으로 인프라의 평균금액은 급상승하여, 중대형(10~50억) 비중이 높아지고 있으나, 기초연구인프라 투자규모는 중형미만(1억미만)의 구축비중이 높음
4. 기초연구 대형연구인프라의 투자비중은 급상승하고 있으며, 지속적으로 투자 확대



증가하는 중대형이상의 연구인프라의 수요에 대응하기 위해 공동활용이 가능한 거점에 중대형 연구인프라를 구축해서 개인연구자주도형 기초연구사업의 지원체계 마련 필요

아울러 투자비용이 급상승하고 있는 대형 기초연구인프라에 대한 효율적 투자관리 정책 마련이 필요

### 3. 주요국 기초연구 및 기초연구인프라 투자유형분석

#### 1.6. 주요국의 기초연구 및 연구인프라 투자유형 분석

##### □ 미국

- 미국의 과학기술정책시스템은 국가 통합적 접근 보다는 관련 부처별로 국가적 중요 사항을 각기 역할과 담당분야에서 추진하며 연구인프라의 지원도 NSF, NIH, DOE, DOD 등이 각기 담당할 영역과 분야에서 다양한 형태의 사업을 통해 지원하고 있음
  - 미국의 연구인프라 예산배분 및 투자 정책은 부처별 주요임무를 기준으로 수행하는 분산형 구조이며, 정책의 조정은 세부사업이 아닌 상위수준의 우선순위를 백악관 및 의회가 조정함(성지은, 2017)
  - 하지만, 연구개발예산의 투자조정 및 모니터링은 백악관(OSTP, OMB)을 통해 중앙관리 하며 정책이슈 조연을 위해 국가과학기술위원회를 구성하고 있음

[그림 26] 미국의 과학기술 의사결정구조



(1) 출처 : 미국의 과학기술혁신정책과 거버넌스 현황(성지은, 2018)

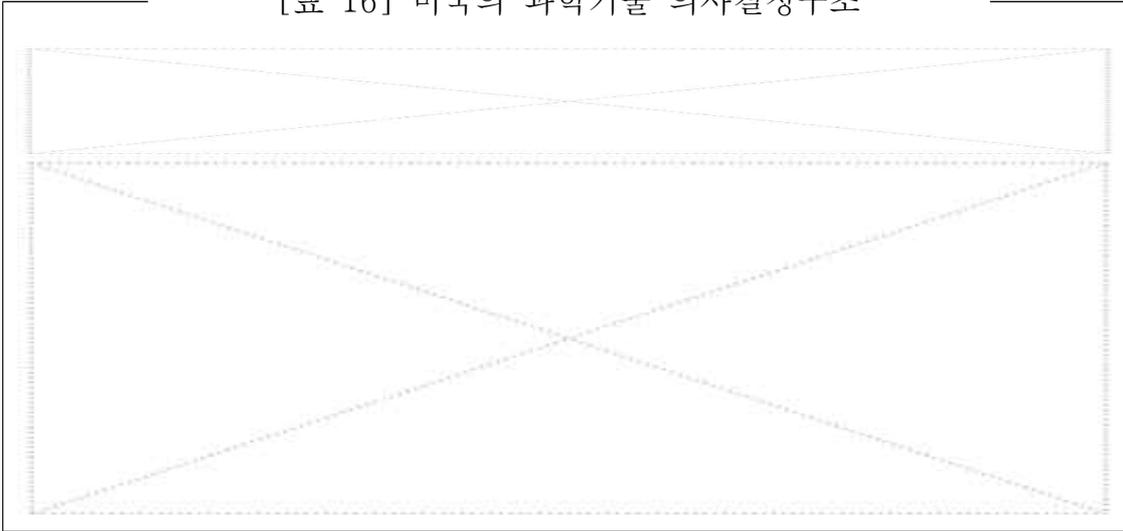
2)

- 한편 미국은 기초연구인프라에 대한 정의를 별도로 내리지 않고 있으며, 통상 700

만달러 이상의 연구인프라의 투자 및 활용을 관리

- 이는 주요 부처(기관)별로 연구인프라를 위한 예산을 별도 편성하고 있어, 별도 예산체계를 통해 구축하는 연구인프라를 관리대상으로 설정

[표 16] 미국의 과학기술 의사결정구조



출처 : OMB Analytics 2019

- 미국의 기초연구 진흥 정책은 제2차 대전 이후 바네바 부시의 보고서와 이에 따른 국립과학재단(NSF)의 출범과 함께 본격화되었음
  - 국립과학재단(NSF)은 1950년 "과학의 발전을 도모하고, 국가의 보건, 번영, 복지를 증진하며, 국방력을 확보하기 위해" 만든 독립된 연방기관임
  - 2020년 예산은 약 83억 달러(NSF, 2019)로 미국 대학들이 수행하는 연방지원 기초연구비의 약 25%에 해당하는, 가장 대표적인 기초연구 지원 사업을 추진하며, 의학을 제외한 기초 과학과 공학의 모든 분야에 대해 지원하는 유일한 연방기관으로 천문학에서 동물학까지 광범위한 과학 영역에서 미국을 발견의 선두에 서게 하는 임무 수행하고 있음
  - 또한 기초연구와 관련된 대형연구인프라의 구축도 지원하며 연구와 교육의 연계를 중시, 연구를 교육과 완전히 통합한 최고 과학기술자를 훈련시킬 수 있도록 노력하고 있음
- NSF는 과학 및 공학의 최신 연구를 상향식(bottom-up)으로 지원하고 있으며, 자체 연구조직은 없고 연구 지원을 위한 연구비 지원기관(funding agency)의 역할을 수행함
  - Office of the Director를 중심으로 7개의 연구본부(Directorate)5)로 구성되어 있으며, 각 본부는 다시 세부 분야별 부서(Division)6)로 구성. 본부에 속한 각 부서는 고유의 연구지원 프로그램을 운영하고 있으며, 이 프로그램에 따라 연구를 지원하고 있음

[표 17] NSF의 예산현황

회계연도	연구지원	교육	연구장비	기관운영	감사실	NSB	합계
2010	6,055	873	312	299	14	4	7,572
	80.0%	11.5%	4.1%	3.9%	0.2%	0.1%	100.0%
2011	5,608	861	125	299	14	4	6,913
	81.1%	12.5%	1.8%	4.3%	0.2%	0.1%	100.0%
2012	5,758	831	198	299	15	4	7,105
	81.0%	11.7%	2.8%	4.2%	0.2%	0.1%	100.0%
2013	5,559	835	196	294	14	4	6,902
	80.5%	12.1%	2.8%	4.3%	0.2%	0.1%	100.0%
2014	5,775	832	200	306	14	4	7,131
	81.0%	11.7%	2.8%	4.3%	0.2%	0.1%	100.0%
2015	6,041	886	145	306	15	4	7,398
	81.7%	12.0%	2.0%	4.1%	0.2%	0.1%	100.0%
2016	5,998	884	242	351	15	4	7,494
	80.0%	11.8%	3.2%	4.7%	0.2%	0.1%	100.0%
2017	6,007	873	223	382	15	4	7,504
	80.1%	11.6%	3.0%	5.1%	0.2%	0.1%	100.0%
2018	6,380	904	186	329	15	4	7,818
	81.6%	11.6%	2.4%	4.2%	0.2%	0.1%	100.0%
2019	6,578	935	285	333	15	4	8,150
	80.7%	11.5%	3.5%	4.1%	0.2%	0.0%	100.0%
2020	6,213	940	243	334	17	4	8,278
	75.1%	11.4%	2.9%	4.0%	0.2%	0.0%	100.0%

※ 출처 : NSF, Agency Financial Report, 각년호

- NSF는 기초연구인프라를 일반연구개발사업과 분리하여 일부 소액인프라는 일반적인 연구개발사업을 통해 구축이 가능하나, 대부분의 별도의 프로그램으로 구축하고 있음
- NSF의 연구인프라 지원프로그램은 구축금액 규모 및 추진단계에 따라, MRI(Major Research Instrumentation), Mid-scale RI(Research Infrastructure), MREFC(Major Research Equipment and facilities Constructoion Project)로 구분하고 있음. MRI프로그램은 6백만불(한화 71억원)이하, Mid-scale RI 1은 2천만불(240억원)이하, Mid-scale RI 2는 7천만불(840억원)이하 MREFC프로그램은 7천만불이상의 프로젝트를 지원함

[그림 27] 미국의 기초연구인프라 지원 프로그램



※ 출처 : NSF 홈페이지

[표 18] 미국 NSF의 연구인프라 예산현황(백만달러)

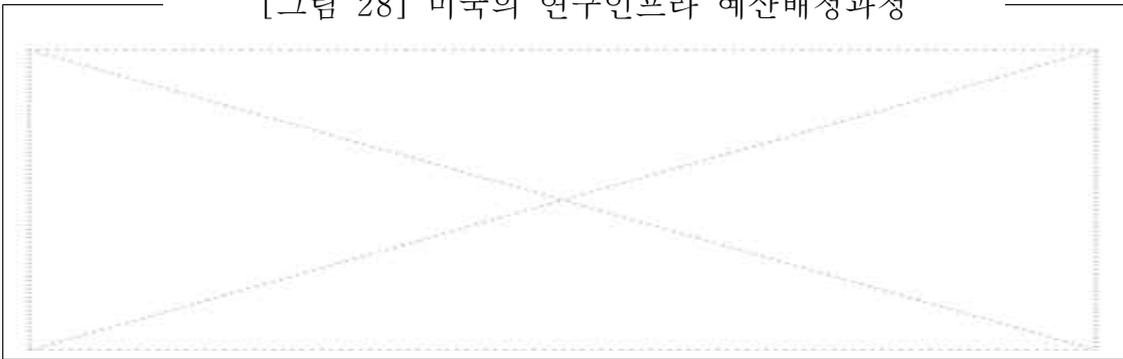
사업명	FY 2018	FY 2019	FY 2020	FY 2021
Major Research Equipment and Facilities Construction (MREFC)	182.80	295.74	243.23	241.00
Mid-scale Research Infrastructure	-	-	102.21	160.98
Major Research Instrumentation (MRI)	78.31	76.34	75.37	75.00

※ 출처 : NSF 홈페이지

- NSF의 지원프로그램은 연구 및 관련 활동(Research and Related Activities), 교육 및 인적 자원(Education & Human Resources), 연구시설 및 장치(Major Research Equipment & Facilities Construction), 기관운영 및 연구관리(Agency Operation & Award Management), 감사실(Office of Inspector General) 그리고 NSB(Office of the National Science Board)로 구분하고 있음
  - 2020년 기준으로 전체 예산의 약 3%가 대형연구인프라 구축에 지원함
- 한편 대형 기초연구인프라에 대한 전주기 단계는 각 부처(기관)별로 차이가 있으나, 대부분 규정으로 정의하고 있으며, 사전기획-설계-구축-운영으로 구분하고 있으며 대부분 에너지부(DOE, Department of Energy), 항공우주국(NASA, National Aeronautics and Space Administration), NSF에서 구축·운영하고 있음
  - DOE는 연구시설을 포함한 모든 자본획득(Asset Acquisition)과정의 투자 단계를 명시하고 있으며, 과학국(Office of Science)에서 Science user facilities(national labs)에서 투자·관리하고 있음
  - NASA의 가이드라인(NPR 7120.5E)은 모든 우주비행프로그램·프로젝트에 대한 투자단계를 명시하며 과학임무국(SMD)에서 관련 연구인프라를 관리하고 있음
  - NSF는 대형시설지침을 통해 투자단계를 명시하고 있으며 MREFC (Major Research Equipment and Facilities Construction) 예산계정을 통해 구축하고 있음
- 특히 미국은 각 부처별로 투자계획을 개별 수립하고 있으며, 구축비 뿐만 아니라 운영비, 유지보수비, 업그레이드비용까지 포괄하여 조합 투자전략을 수립
  - 이러한 관리대상은 모든 기초연구인프라에 해당하는 것이 아닌 국가 관리대상을 별도 선정절차를 통해 발굴하고 있음

- DOE는 DOE-SC(Office of Science)를 통해 국립연구소(National Labs) 및 사용자 시설(User Facility)등의 기초연구인프라 포트폴리오를 제시하고 있음
- NASA는 NASA-SMD(Science Mission Directorate)를 통해, NASA의 종합전략계획을 제시하며 이때 연구인프라에 대한 투자계획을 제시하고 있음
- NSF는 NSF-LFO(Large Facility Office)를 통해 NSF Facility Plan을 개정하며, MREFC를 통해 구축되는 연구인프라에 대한 투자계획을 수립하고, 관리대상을 지정하여 지속적인 구축 및 운영현황 관리체계를 마련하고 있음
- 미국은 기초연구인프라에 대해 총괄적인 계획을 수립하여 반영하고 있으며, DOE와 NASA는 각 부처의 목표에 맞는 연구인프라(Mission Driven)를, NSF는 연구커뮤니티가 요구하는 연구인프라(Community Driven)를 계획에 반영하고 있음
- DOE와 NASA는 각 연구인프라 구축 프로젝트의 초기단계 즉, CD-0(DOE)와 KDP-A(NASA)를 통과한 연구인프라가 투자 포트폴리오에 포함되며, 우선순위 결정
- NSF는 각 연구커뮤니티에서 요구한 연구인프라에 대해, NSB(National Science Board, NSF의 이사회)를 통해 최종 수록여부를 결정하고 있음
- 연구인프라 구축·운영을 위한 자금조달방법은 각 부처에서 연구인프라에 해당하는 예산소요를 예산관리국에 제시하며, 예산관리국은 총액관점에서 편성 가능한 금액범위를 각 부처에 제시하고 있음

[그림 28] 미국의 연구인프라 예산배정과정



※ 출처 : NFEC Polissue 16

- 각 부처는 예산 범위내에서 각 부처의 우선순위에 따른 연구인프라 예산투입, 이때 우선순위는 각 부처의 로드맵에 따라 결정됨, DOE와 NASA는 각기 다른 과제로, 반면 NSF는 동일과제를 통해 지원하고 있음

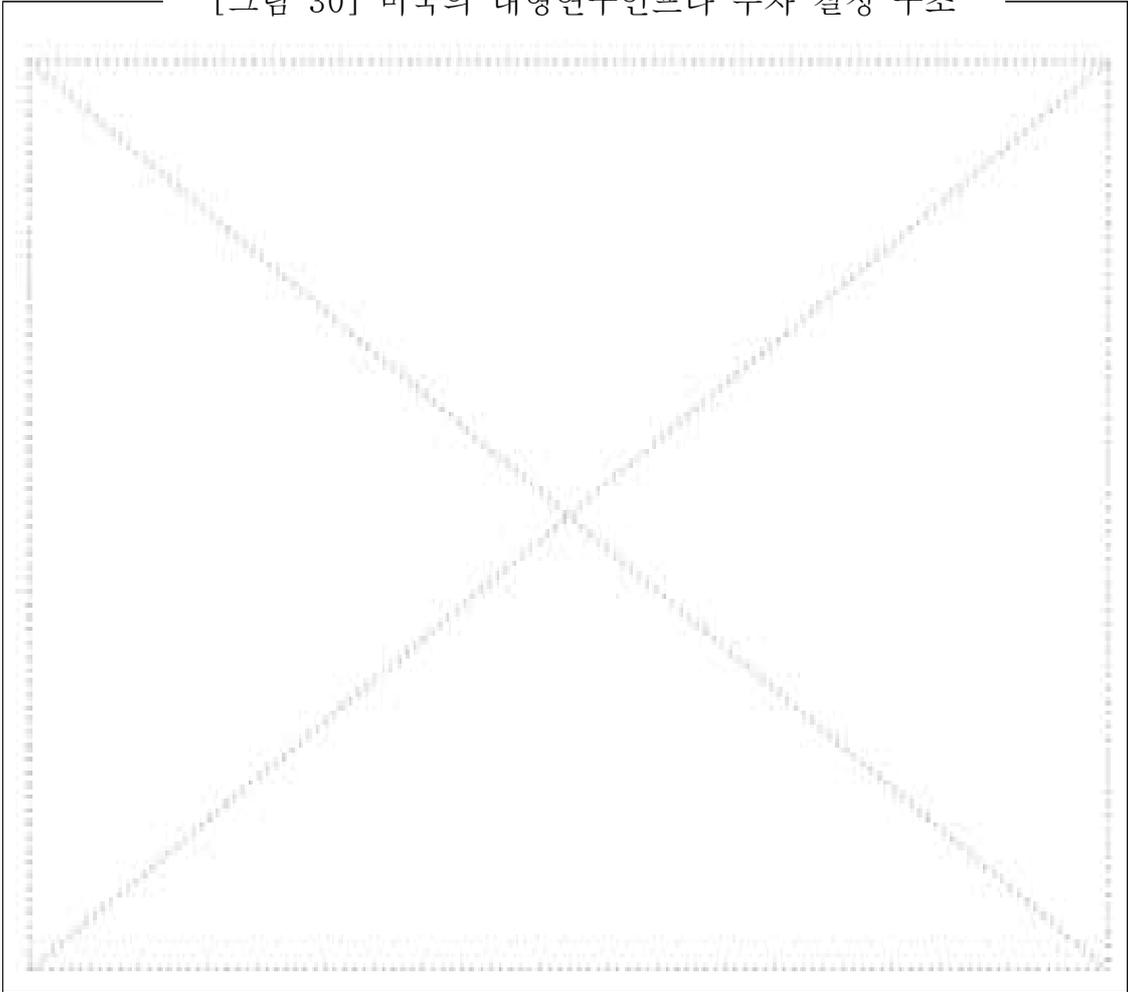
[그림 29] 미국 대형연구인프라의 단계별 투자 재원



※ 출처: William L Miller(2010)

- 미국의 각 부처(기관)는 연구인프라의 구축 시, 다음과 같이 전주기 단계별 평가 및 의사결정과정을 거치며, 초기 기획 단계부터 인프라 자체의 모니터링 수칙을 마련하고, 이에 따라 연단위로 (구축)프로젝트이행보고서를 제출하며 전문가 패널 검토를 거쳐 각 부처 최종 위원회에 제출
  - 특히, 결정단계(CD-n, KDP-n, CDR, PDR 등) 도달 시 각 부처의 의사결정기구 및 매뉴얼을 통해 그간 성과 및 향후 구축계획, 전문가 패널토론 등을 통해 계속 추진여부를 결정, 각 부처(기관)별로 연구시설 구축단계에서 발생 될 수 있는 문제(Risk)에 대해 재무적, 인력적, 과학적 대응 체계를 매뉴얼에 명기

[그림 30] 미국의 대형연구인프라 투자 결정 구조



※ 출처: William L Miller(2010)

- 미국은 연구인프라에 대해 통상 20~40년 정도의 수명이 있는 것으로 판단하며, 운영에 투입되는 비용이 구축비용을 상회하는 경우가 많아, 운영단계 진입이전에 연간 투입 예산을 예측함
  - 통상적으로 연 단위의 보고서 제출 및 이를 기반으로 운영투자평가를 실시하며 이에 대한 결과를 차년도 투입예산에 반영하고 있음
  - 보고서에는 다음 회계 연도에서 달성할 사항을 기술하는 연간업무계획 및 지난 1년간의 **추진 성과를 제시하며, 외부전문가 패널 또는 내부 상설위원회를 통한 외부평가를 실시**하고 보고서를 제출하고 있음
  - 이에 따라 부처 최종위원회는 연구인프라의 운영가능 여부 등을 파악하여, 지속운영, 추가투자, 정비, 업그레이드 및 투자회수등을 결정. 만약 투자회수가 결정된 경우 향후 추진방안(매각, 용도변경, 불용 등) 및 재정 투입계획도 결정하고 있음

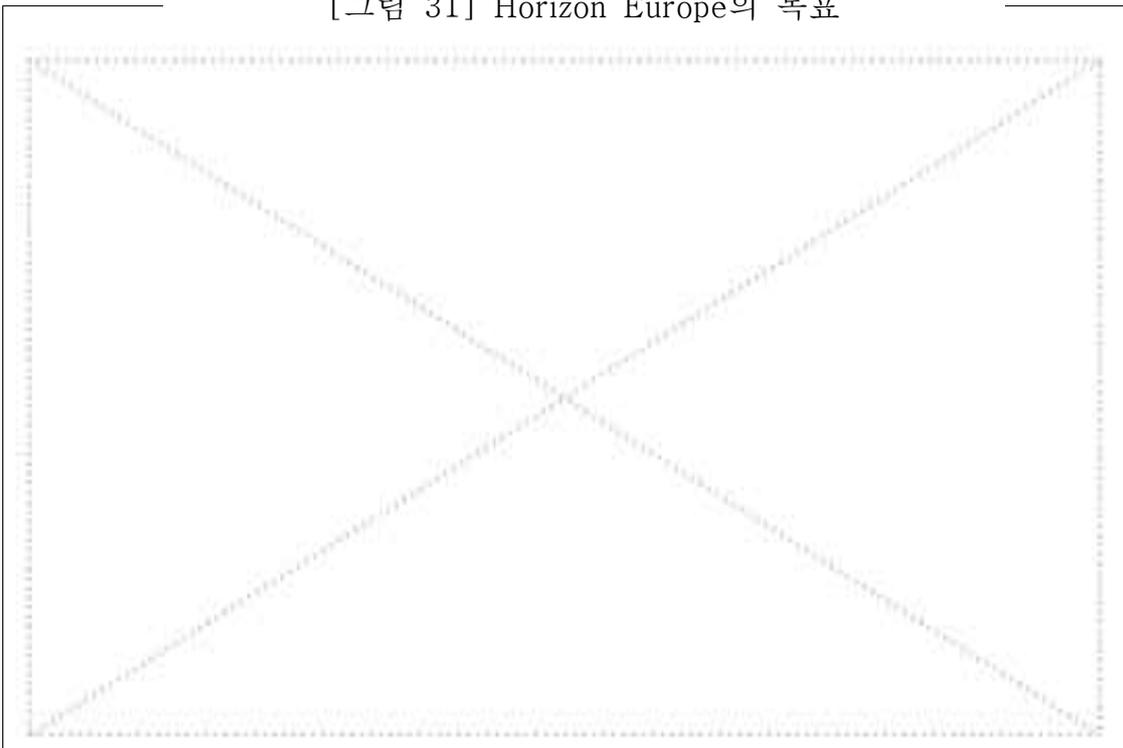
### 【 미국의 기초연구인프라 정책 】

1. 미국은 기초연구개발사업에 대해 NSF에서 주로 관리하고 있으나 각 부처의 특성에 따라 별도의 예산을 배정하고 있음
2. 미국은 연구사업과 연구인프라를 별도의 재원으로 관리하고 있으며, 별도의 투자목표에 따라 관리
3. 각 부처는 별도의 부서를 통해 연구인프라를 별도로 관리하고 있으며, 구축과 운영, 활용을 분리하고, 별도의 구축체계를 통해 인프라를 구축하며, 활용계획 등을 통해 활용극대화 방안 모색
4. 구축뿐만 아니라 현재 운영중인 기초연구인프라에 대해 국가관리대상을 지정하고, 이러한 관리대상에 대해 별도의 지원체계 마련

## □ 유럽연합

- 유럽연합(EU)에서는 기초연구라는 용어 대신 프론티어 연구라는 용어를 사용하고 는데, 미국과 마찬가지로 기초, 응용, 개발의 선형적 연결의 첫 번째 단계연구가 아닌 새로운 지식의 발견을 지칭함
  - 프론티어 연구를 하는데 있어서 유럽연구권(the European ResearchArea, ERA) 구상을 통해 유럽의 연구자들의 상호 협력연구를 강조하고 있음
- 유럽연합은 프론티어 연구를 통한 글로벌 경쟁력 확보 및 과학기술 주도권 확보를 위해 '21년부터 7년간 Horizon Europe 프로젝트를 추진중으로, 이전에도 범유럽 차원의 연구와 혁신을 장려하기 위해, '14년부터 7년간 Horizon2020 프로젝트로 800억 유로(한화 약 106조원)를 투자하고 있으며, 프론티어 연구의 핵심으로 연구인프라에 연간('20년 기준) 24억 유로(한화 3조원)를 투입하고 있음
  - 특히, Horizon Europe에서도 '우수한 연구성과'를 도출하기 위해 연구인프라에 대한 지속적인 투자를 예정하고 있으며, 통합관리·개방도 함께 도모하고 있음
- 이러한 상호협력체계의 도구로 유럽연합은 유럽연합 회원국의 연구인프라를 통합하여, 유럽연합수준, 국가수준, 지역수준으로 구분하고 있으며, 국가별 연구인프라로드맵 수립을 독려하고, 이를 종합하여 기초연구인프라 로드맵 및 투자 포트폴리오를 마련하고 있음

[그림 31] Horizon Europe의 목표



출처: Horizon Europe Homepage

- 유럽위원회(EC, European Commission)차원에서 연구인프라를 통합관리하고, 초거대 연구인프라와 공동활용이 가능한 연구인프라의 전략적 구축을 통해, 전세계 최고수준의 연구환경을 마련을 도모하는 정책조직(ESFRI, European Strategy Forum on Research Infrastructures)을 구성하였음
- 이를 통해 유럽연합의 연구인프라 정책결정에 대한 일관되고 전략적인 방법을 제안하고, 범유럽·전세계를 활용범위로 하는 연구인프라의 인큐베이터 역할을 통해 연구인프라의 활발한 활용 및 최첨단 연구로 이어지는 다자간의 이니셔티브를 촉발하고 있음
- 특히, 향후 10~20년간 구축될 연구인프라(신규, 업그레이드 포함)에 대한 유럽연합차원의 로드맵을 수립하고, 개별 연구인프라의 구축을 추진하며, 로드맵에 대한 지속적 업데이트를 추진하며 ESFRI 로드맵에 수록된 연구인프라의 구축 및 후속조치를 추진중임
- 유럽연합은 ESFRI를 통해 연구인프라의 정의 및 전주기 단계를 정의하고 있는데, 연구인프라에 대한 정의 및 범주에 대한 사전연구를 추진하여, 기초연구인프라를 '과학 기술관련 연구 커뮤니티가 연구를 수행하고 혁신을 촉진하도록 자원과 서비스를 제공하는 시설'로 정의하고, 탁월성, 개방성, 지속성과 같은 주요 개념 및 분산, 이동, 사이버와 같은 연구인프라의 주요 범주를 도출함
- 주요 과학기술 장비 및 기기세트
- 과학기술 연구데이터를 수집 보관하는 시설
- 컴퓨팅시스템 및 통신네트워크
- 외부사용자에게 개방되며 고유한 특성을 가진 연구 및 혁신인프라

[표 19] 유럽연합의 기초연구인프라 전주기 단계

1. 개념도출 (Concept Development)	개념검토, 컨소시엄구성, 활용정책 및 자금개념, 주도권 검토
2. 디자인 (Design)	설계, 비즈니스 도출, 정책·재정적 지원, 활용정책, 종합비용분석, 거버넌스 및 인력정책 마련
3. 예비 (Preparation)	구축준비, 사업 및 건설계획, 정책·재정 지원책 마련, 데이터 정책 마련, 비용관리, 법인 구성
4. 구축 (Implementation)	건설, 채용, 지식재산권 및 혁신정책 마련, 운영 및 업그레이드 계획 수립, 운영자금 확보
5. 운영 (Operation)	선도연구성과 발굴, 개방, 지속적 업그레이드, 장기운영방안 마련, 정책·재정적 지원책 마련
6. 종료 (Termination)	시설의 해체, 부지재활용, 용도변경, 합병 등

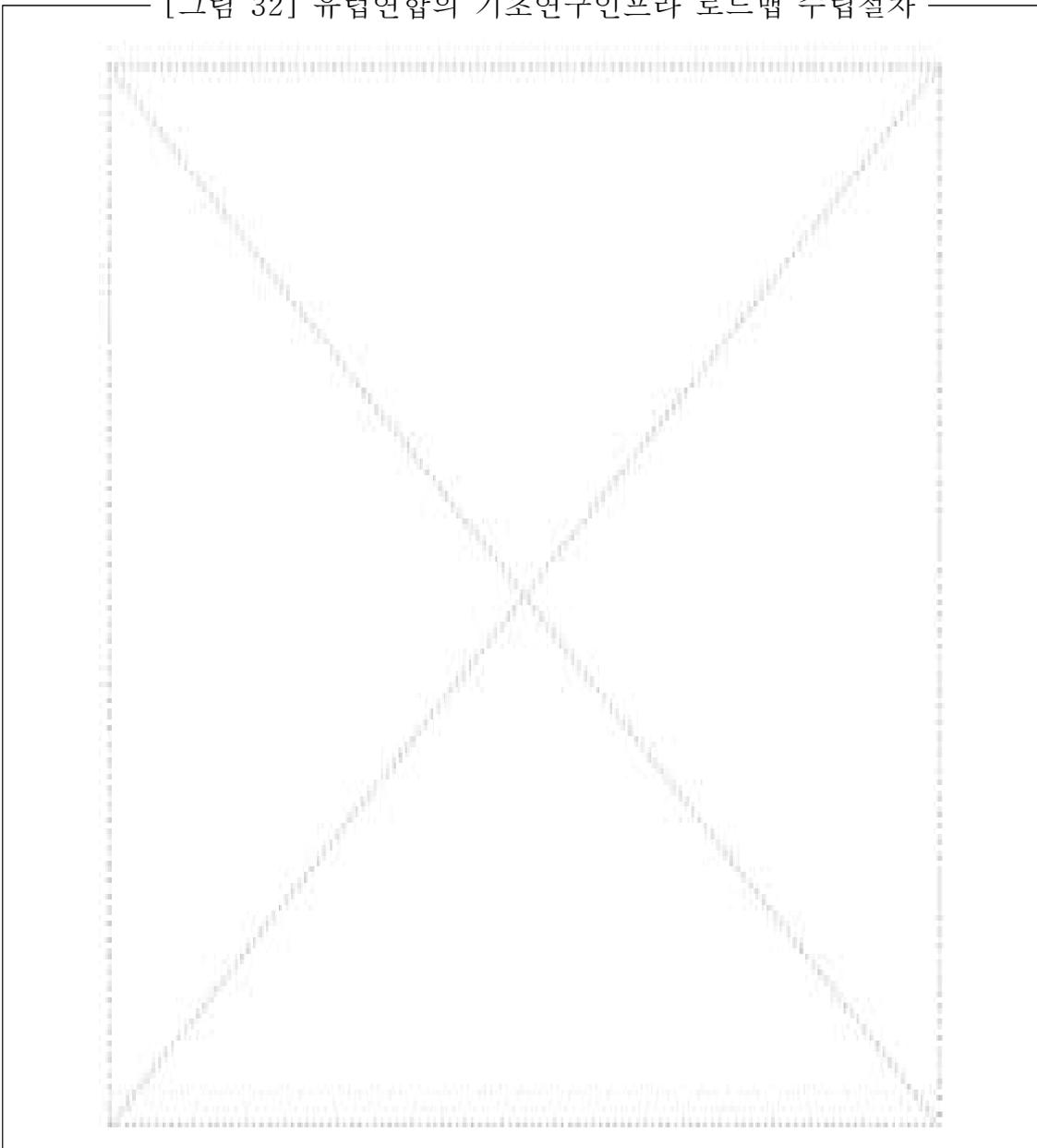
출처: ESFRI Roadmap, 2018 Edition

- ESFRI를 통해 연구인프라 포트폴리오를 수립하고 있으며, 신규수요 도출시, EU내

국가의 로드맵과 각국의 수요를 연계하여 추진. ESFRI 로드맵은 EC에서 연구인프라에 대한 권한을 위임받아 수립한 로드맵으로, '06년 최초 수립이후로 지속개정하고 있음

- '06년 로드맵 수립이후, 신규수요를 지속적으로 반영하였으며, 기 수록된 연구인프라에 대한 구축현황 및 운영비등의 모니터링을 수행하여 연구인프라 전반에 관한 포트폴리오 형태를 갖추고 있으며, '18년 기준 55개의 연구인프라 수록. 21년 12월에 5차 개정판 발간예정으로 유럽연합 내 최상위 로드맵의 역할을 수행하고 있음

[그림 32] 유럽연합의 기초연구인프라 로드맵 수립절차



출처: ESFRI Roadmap, 2018 Edition

- 로드맵의 포함여부가 자금지원과 연계되지는 않으나 진행절차상 자금지원 가능성이 높은 연구인프라 위주로 선정하여 실현가능성이 높으며 또한 현재 운영중인 인프라중 ESFRI Landmarks를 지정하여, 운영비등의 지원 및 모니터링을 추진하고 있음
  - 또한 OECD GSF(경제개발기구 전지구과학포럼), GSO(Group of Senior Officials for Research Infrastructure)와 같은 국제기구와의 협력체계 구축하여, 로드맵 수록 시 사항식(각 국가의 로드맵등을 통한) 수요파악 후, 전문가그룹을 통해 과학적 필요성 및 구축가능성을 평가하며 이를 종합하여 로드맵으로 수록하고 있음
  - 각 국가별 수요 및 연구인프라를 위한 포럼, 위원회 등을 통해 수요를 파악하면, 이를 위원회 및 포럼을 통해 1차 선정. 이때 구축 성숙도(실현가능성)가 높은 인프라를 선정하기 위해 자격요건을 부여하고, 자격조건을 이사회가 판단한 후, ESFRI 본회의의 의결을 거쳐 종합적으로 검토 시작. 이때 이를 과학적 평가를 담당하는 Lead SWG(Strategy Working Group)와 실질적인 구현가능 여부(자금조달 가능성등)를 판단하는 IGO로 이원화된 평가를 진행하고 있음
- Horizon Europe 프로젝트를 통해 주요 연구인프라의 구축 및 운영자금을 배분하거나, 유럽투자은행(EIB)의 혁신연구를 위한 InnovFin 프로젝트(Horizon2020 포함)와 유럽전략투자기금(EFSI), 유럽의 구조적 개발을 위한 ESI 프로젝트중 유럽지역개발기금(ERDF)등을 통해 자금을 지원하고 있음

[표 20] 유럽연합의 연구인프라 투자 프로그램 (단위 : 백만유로)

사업명	2014~2015	2016~2017	2018~2020
「Horizon 2020 Work Programme European research infrastructures (including e-Infrastructures)」	586	612	1,174

출처: ESFRI Roadmap, 2018 Edition

- ESFRI는 2~4년 주기로 로드맵을 업데이트 하고 있으며, 개정시 이전로드맵에 포함된 연구인프라에 대한 평가를 수행하여 지속 수록 여부를 결정하고 있음
  - 수록이 결정된 연구인프라는 최소 10년간 모니터링을 수행하며, 10년후 제외여부를 결정할 수 있음. 구축이 완료된 연구인프라는 ESFRI Landmarks로 지정 될 수 있으며 이에 대한 판단도 로드맵 수립 시 병행하고 있음
- 특히, 유럽은 미국의 선도적인 기초연구 경쟁력에 맞서 유럽만의 경쟁력 우위방안을 고려한 인프라 구축운영 전략을 마련하여 추진하고 있음
  - 유럽국가들을 중심으로 CERN과 같은 대형연구시설을 설치해 세계 각국의 우수한 연구자

들이 연구시설 및 장비 활용을 위해 유럽으로 모여 들도록 촉진하고 이들과의 연구네트워크 강화를 통해 유럽의 연구경쟁력을 강화하고 있음

- 또한 신진연구자 지원을 강화해, 우수한 기초연구인프라를 기반으로, 신진연구자들이 유럽에서 연구활동을 지속 할 수 있도록 하는 전략도 추진하고 있음

### 【 유럽연합의 기초연구인프라 정책 】

1. 유럽연합의 기금 및 회원국 자체의 예산을 통해 혁신연구(기초연구)를 지원
2. 기초연구인프라의 사용단위(지역, 국가, 범유럽)에 따라 투자 주체를 결정하고 있으며, 회원국의 기초연구인프라 투자계획(로드맵)을 종합하여 전략적 구축을 추진
3. 특히, 구체적인 구축대상과 활용지원대상을 지정하여 지속적인 모니터링 및 지원전략을 마련하고 있으며, 가용재원의 확대에 따라 관리대상을 확대
4. 이를 통해 한정적인 연구인프라 예산의 효율적 활용을 도모
5. 단순히 연구개발지원을 위한 인프라를 구축하는 것이 아니라, 우수한 연구자를 모아 네트워크를 구성하고 이를 통해 미국등의 거대자본에 경쟁력을 갖는 연구분야를 육성하는 목적으로 연구인프라를 구축·운영

## □ 중국

- 경제성장의 둔화가 지속되는 뉴노멀 시대에 대비하고자 시진핑 정부는 신중국 건립 100주년(2049년)까지 중국을 과기혁신강국으로 만들겠다는 청사진 천명함
  - "과학 굴기"로 신성장 동력을 창출하고 기존 산업을 업그레이드해, 경제 성장둔화로 야기되는 "중진국 함정"을 극복하고자 함
  - 일관성이 유지되는 과기전략과 과감한 R&D 투자에 힘입어 기술역량과 인적자원의 양적 축적을 효율적으로 추진하였으나, 과학기술의 성장동력 역할은 미흡. 특히 세계 1위의 R&D 인력, 세계 2위의 R&D 투자와 SCI 논문을 보유하고 있지만, 과학기술의 경제·사회 발전에 대한 기여도는 크지 않음
- 과기대국에서 과기혁신 강국으로 탈바꿈하고자 과거의 기술추격 패러다임에서 벗어나 어느 때보다 혁신의 뿌리인 기초·프론티어 연구 강화를 추진하고 있음
  - 자연·사회 현상에 대한 근본적 원리와 지식을 탐구하는 기초연구에 대해 중국은 이전부터 중요성을 인식하였으나 경제·사회 및 과학기술기반의 취약하여, 추격형 R&D 정책으로 대표되는 개발·응용 연구에 대한 투자를 추진하였음
  - 이는 개발·응용 연구 R&D 투자가 꾸준히 90% 이상을 유지한 반면, 기초연구의 비중은 4%~5%대에 불과한 결과로 나타났으며 이에 시진핑 정부는 기초연구를 혁신의 원천으로 강조하면서 "혁신주도형 발전 국가전략" 및 "과기혁신 5개년 계획" 등에서 기초연구 지원 확대를 제시하였음
  - 기초·프론티어 연구 강화를 통해 혁신을 뒷받침하는 원천 공급 체계를 보강하여 중국 경제·사회 및 과학기술의 지속가능 발전에 동력을 제공하기 위해 기초연구 R&D 투자 확대, 기초연구 R&D 인력의 비중 7% 향상 등 구체적 목표를 제시하고 있음
- 이에 과기 중장기 발전계획을 가이드라인으로 국가차원에서 과학기술발전 및 기초연구진흥 5개년 계획 등을 제정하여 기초연구 진흥을 위한 기본적 정책을 정립하고 있음
  - "973 계획" 중 미래를 선도하는 국가중대과학계획 추가·실시, 자연과학기금 규모 확대, '천인계획', '만인계획'과 같은 인재 확보와, 대형 기초연구인프라 확충 등을 통해 기초연구 지원을 보강하고자 함
  - 중국의 기초연구인프라 프로그램은 중대과학공정, 국가중점실험실, 국가실험실, 과학관측소 및 과학데이터 공유공정으로 대표됨
- 중국은 기초과학분야 과학기술인프라 구축과 운영을 선진국 수준에 진입하는 것을 목표로 관련 55개 연구시설 투자 계획을 수립하였으며, '국가 중대 과학기술 인프라 건설 중장기계획('12~'30)'을 마련하여 추진하고 있음
  - 이를 통해 국가중점실험실 481개, 국가실험실 7개, 초대형연구시설 40개 구축

- 중국은 4개 분야(전략유도형, 응용지원형, 선행선도형, 민생개선행)로 구분하여 22개 연구인프라의 구축을 추진하고 있으며 특히 기초연구인프라의 구축강화 및 활용 구조 개선을 추진하고 있음
- 특히, 기초·응용·개발연구의 경계가 모호해짐에 따라 전략분야의 국가실험실 설립 및 운영을 추진하여 선도연구의 중심축 형성 및 학제간 융합연구를 촉진하고 있음

[표 21] 중국의 주요 연구인프라 구축계획

분야	세부내용
전략유도형	우주환경 모니터링, 고정밀도 시보시스템, 대형저속풍동, 해저과학관측망, 우주환경 지상 시뮬레이션장치, 핵융합로 메인프레임 종합연구시설 등
응용지원형	고에너지 싱크로트론방사 광원, 고효율 저탄소 가스터빈, 초충력 원심분리 시뮬레이션 및 실험장치, 가속기 구동의 핵변환 연구장치, 미래 네트워크 실험시설 등
선행선도형	경 X선 자유전자레이저장치, 고해발 우주선 관측소, 종합 극한 조건 실험장치, 심지층 극저 방사 백글라운드 선행물리 실험실, 정밀 중력 측정 연구시설, 강자기장 중이온 가속기장치 등
민생개선행	중개의학 연구시설, 멀티모듈 바이오의학 영상시설, 모델동물 표현형 및 유전 연구시설, 지진과학실험장, 지구시스템 수치 시뮬레이터 등

출처: 국가 중대 과학기술 인프라건설 중장기계획

- 특히 기초연구인프라는 1986년에 설립된 국무원 직속 사업단위의 하나로 국가자연 과학기금위원회(NSFC)와 1949년에 설립된 중국과학원을 통해 인프라의 전략적 구축을 추진하고 있음
- NSFC는 2020년 기준 19.92억위안(3,700억)을 기초연구환경구축에 투입하고 있으며 이를 통해 기초과학센터, 국가중대과학기기연구등을 지원하고 있음
- CAS는 국가거대기초연구시설 27개와 국가중점연구실험실 및 공정센터 130개, 과학 관측소 210여개등의 인프라를 종합관리하고 있으며 12개의 거대기초연구시설에 대해 신규 구축을 추진하고 있음
- 7~10차 5개년계획 기간(1985~2005)에 총 53억 위안을 투자하여 30여대의 거대기초 연구인프라를 구축하였으며, 여기에는 베이징 전자양전자 충돌 장치(1983~1988), 난저우 중이온가속기(1988), 토카막(1984), LAMOST(2009), 상하이광원('2010) 등 세계적인 수준의 거대 기초연구인프라가 포함함
- 2005년 이후 국가차원에서 거대 기초연구인프라건설에 대한 지원을 확대하여 각각 '11·5', '12·5'기간에 12대(60억 위안), 16대 거대과학장치 건설·확충 작업을 추진하였는데 500M 거대구면 전파망원경(FAST, 2007, 7.33억 위안 투자), 단백질과학연구시

설(2008, 상하이 3억위안), 파쇄중성자원20'08, 7억위안) 등을 포함함

- 현재 중국의 운영·건설 중인 거대기초연구인프라는 40개로 '13·5' 기간에 거대과학장치의 건설·운영·활용 수준이 세계적 수준에 도달하여 기초·프론티어분야의 원천적 연구를 지원하고자함
- 이를 위해 거대과학장치 구축·보강 강화하고 에너지, 생명, 지구시스템·환경, 재료, 입자 물리·핵물리, 우주·천문 및 공학등 7개 분야에 집중하여 건설 및 운영 중인 기초연구 인프라 규모가 55개까지 확장되도록 정책을 추진함
- 중국 정부는 기존 계획의 이행과 13차 5개년의 주요 과학기술 인프라 구축 핵심사항의 명확화를 위해 「국가 주요 과학기술 인프라 건설 제13차 5개년」 계획을 재정하였음
  - 중대 과학기술 인프라 구축과 운영 수준을 2020년까지 선진국 수준으로 끌어 올리는 것을 목표로 중점 학문분야와 과학기술 발전과 관련하여 총 55개의 인프라 시설 구축을 계획함
  - 6대 중점과제로 (1)프로젝트 우선순위 선정, (2)예비프로젝트 준비 강화, (3)인프라 구축 및 성능 향상, (4)시설 선행연구, (5)시설 경제적 효과 극대화, (6)국제적 종합 국가과학 센터 설립을 제시하였음
- 최근에는 중국과학원을 중심으로 거대과학장치의 설계와 운영, 과학실험이 추진되고 있음
  - 중국과학원의 주요기술 인프라는 전용연구시설, 공공실험시설, 공공복지기술 시설로 구분됨
  - 전용연구인프라에는 베이징 전자 양전자 충돌기, 란저우 중이온 연구인프라등이 해당되며, 공공실험인프라는 상하이광원, 베이징싱크로트론방사선시설등이고, 공공 복지기술분야 연구인프라는 원격감지항공기, 장단파 타이밍 시스템 등이 있음

[표 22] 중국의 주요 연구인프라 구축계획

사업명	2018	2019	2020
기관운영	515,751	530,048	1980,137
주요 실험실 및 관련시설	198,674	215,395	
주요과학공정	140,690	176,600	
특별기초연구	238,413	398,423	
기타 기본연구지출	674,637	929,150	
합계	1,768,165	2,249,615	1980,137

출처: 중국과학원 홈페이지

## 【 중국의 기초연구인프라 정책 】

1. 국가성장동력 약화에 따른 중진국 함정을 벗어나기 위해, 국가차원의 기초 연구역량 강화를 추진하고 있으며, 단기간에 세계적수준의 거대 기초연구인프라를 구축·운영
2. 기초·응용·개발연구의 경계가 모호해짐에 따라 중국은 연구인프라를 협업연구의 중심축으로 활용하고 있으며, 이를 위해 국가중점연구센터, 국가실험실등을 지속적으로 구축하고 있음
3. 단순히 연구개발을 지원하기 위한 인프라를 구축하는 것이 아니라, 세계적 수준의 연구인프라 구축을 통해 우수한 인적자원의 확보 및 선진기술의 자연스러운 습득을 도모하고 있으며, 지속적인 협력체계 강화의 발판으로 활용. 특히 거대기초연구인프라 구축을 통해 해외 우수인력의 유치 및 공동연구를 추진하고 있으며, 해외 거대연구인프라 구축사업에도 적극적으로 참여하여, 기술패권시대에 네트워크 형성에 역량을 집중

□ 일본

- 일본의 기초연구 추진 체계는 연구자의 자유로운 발상에 기반을 두어 추진하는 학술 연구와 국가 정책에 따라 미래의 응용을 목표로 추진하는 연구의 두 개 축으로 구성됨
  - 학술연구는 국립대학법인 운영비 교부금과 사학조성 등의 기반적 경비를 통해 추진하는 과학연구비보조금제도에 의해 추진. 또한 정책적 필요에 의해 추진되는 기초연구의 경우는 경쟁적 자금 등을 활용한 전략적 창조연구추진사업을 통해 추진하고 있음
- 일본의 기초연구사업은 기본적으로 문부과학성(MEXT)에서 주관하지만, 사업관리는 기초연구 성격을 고려하여 상·하향식으로 이원화하고 있음
  - 상향식(Bottom-up)으로 자율형 연구방식으로 추진되는 과학연구비보조금사업은 일본학술진흥회(JSPS)에서 관리하고 있음
  - 하향식(Top-down) 전략형 연구방식으로 추진되는 전략적 창조추진사업은 과학기술진흥기구(JST)에서 관리, 일본학술진흥회(JSPS, Japan Society for the Promotion of Science)를 통해 추진하고 있음
  - JSPS는 1932년 비영리 재단으로 설립되었으며, 1967년부터는 문부과학성 산하의 준정부기구가 되었고, 2003년 10월 1일 독립행정기관으로 전환되었음
  - 주요 기능으로는 젊은 연구자의 육성, 국제 과학협력의 촉진, 과학적 연구에 대한 연구비 지급, 산학협력 지원, 과학연구활동 정보의 수집 및 배포 등이며 2019년도의 예산은 총 2,671억엔(한화 2조 7,579억원) 수준임
- JSPS의 지원프로그램은 그랜트의 성격으로 지원되는 연구지원 프로그램과 특별 목적연구, 연구성과 확산지원, JSPS Fellow 지원, 국제 공동연구 장려기금으로 구분하고 있음

[표 23] 일본의 기초연구개발 사업목록

프로그램	내용	지원형태
특별추진연구 (Grant-in-Aid for Specially Promoted Research)	- 개인 혹은 팀단위로 우수한 연구과제 지원 - 연구기간: 3-5년(특별한 경우 7년까지 가능) - 연구비: 과제당 2억엔-5억엔 (특별한 경우 5억엔 초과 가능)	SG
혁신분야 연구지원 (Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas)	- 연구자가 제안한 분야에서의 혁신적 연구 지원 연구기간: 5년 연구비: 1천만엔-3억엔(연간)	SG
변혁분야 연구지원 (Grant-in-Aid for Transformative Research Areas)	(A)형 - 다양한 연구자의 창의적·학제적 연구 지원 연구기간: 5년 연구비: 5천만엔-3억엔(연간) (B)형 - 차세대 연구자가 될 소형 연구자 그룹에 대한	SG

프로그램	내용	지원형태	
	지원 연구기간: 3년 연구비: 5천만엔(연간) 이하		
과학연구지원 (Grant-in-Aid for Scientific Research)	(S) - 1인/소규모 팀이 수행하는 창의적 연구 지원 연구기간: 5년 연구비: 5천만엔-2억엔(과제당)	(S)	SG
	(A), (B), (C) - 1인 혹은 소규모 팀 연구 지원 연구기간: 3년-5년 연구비 (A) : 2천만엔-5천만엔(과제당) (B) : 5백만엔-2천만엔(과제당) (C) : 5백만엔 이하(과제당)	(A)	SG
		(B)	SG
도전적 연구지원(선도형/탐구형) (Grant-in-Aid for Challenging Research(Pioneering)/(Exploratory))	- 1인/소수 연구자의 도전적인 연구 수행 지원 (Pioneering) 연구기간: 3-6년 연구비:500~3000만엔(과제당)	Pioneering	SG
	(Exploratory) 연구기간: 2-3년 연구비: 5백만엔 이하(과제당)	Exploratory	MF
신진연구자 지원(A)/(B) (Grant-in-Aid for Young Scientists (A)/(B))	- 39세 이하의 연구자 지원 연구기간: 2-4년 연구비: (A) 5백만-3천만엔(과제당) (B) 5백만엔 이하(과제당)	(A)	SG
		(B)	MF
경력 초기연구자 지원 (Grant-in-Aid for Early-Career Scientists)	- 학위수여 8년 이내의 박사학위자 지원 연구기간: 2-4년 연구비: 5백만엔(과제당)		MF
연구활동 스타트 지원 (Grant-in-Aid for Research Activity Start-up)	- 신규 채용자 혹은 육아휴직 복귀자 등이 혼자 시작하는 연구 지원 연구기간: 2년 이하 연구비: 150만엔(연간)		MF
장려연구 (Grant-in-Aid for Encouragement of Scientists)	- 기업 등에 소속된 자로서 학술진흥에 기여하는 연구를 하고자 하는 개인에 대한 지원 연구기간: 1년 연구비: 10만엔-1백만엔(과제⑨)		SG

출처: 일본 문부과학성 홈페이지

- 일본은 국가전략 차원에서 기초연구인프라의 정비 작업이 이루어지고 있으며 국립대학의 연구인프라의 정비, 첨단연구인프라의 공동활용 촉진을 위한 방안 등이 추진되고 있음
- 초대형 기초연구인프라를 국가 거대연구개발 프로젝트의 한 분야로 다루고 있으며, 철저하게 연구현장에 선택을 맡기고 그에 대한 지원을 추진하고 있음

[표 24] 일본의 대형연구시설 지원예산 (단위 : 백만엔)

사업명	2019	2020
첨단 대형연구시설 정비 및 공유	36,292	40,681
차세대 컴퓨터 후카쿠(포스트경)의 생산시스템 개발	9,910	5,975
민관 지역파트너십에 의한 차세대방사광	1,326	1,732

출처: 일본 문부과학성 홈페이지

- 일본학술회의(SCJ)는 관련 법률에 근거하여 기초연구인프라에 대한 구축계획을 포함한 ‘학술 대형연구계획 마스터플랜’을 수립하고 있음
  - ‘10년에 최초 수립 후, 3년마다 정기적으로 갱신하고 있으며 7대 연구분야(인문사회 과학, 생명과학, 에너지환경지구과학, 물질분석과학, 생물과학공학, 우주공간과학, 정보인프라)별 구축계획 및 상세 투자규모(구축비, 운영비, 인건비, 연구비)를 제시함
- 일본은 그간 첨단 연구인프라 공동활용촉진사업을 통해 인프라를 확대하였으나, 공동 활용 저하 및 노후화, 운영인력부족등의 문제가 발생
  - 이에 ‘20년부터 핵심연구시설 구축지원사업을 통해 대학·연구기관의 연구인프라를 전략적으로 활용하는 구조강화를 위해 기관당 6천만엔(6억5천만원)을 지원하고 있음
- 또한 연구자의 수요가 많은 기초연구인프라의 자동화를 지원하기 위한 연구인프라 원격화·자동화 정비사업을 추진하고 있으며, ‘20년 기준으로 30개 기관에 21억엔(224억원)을 투입하고 있음

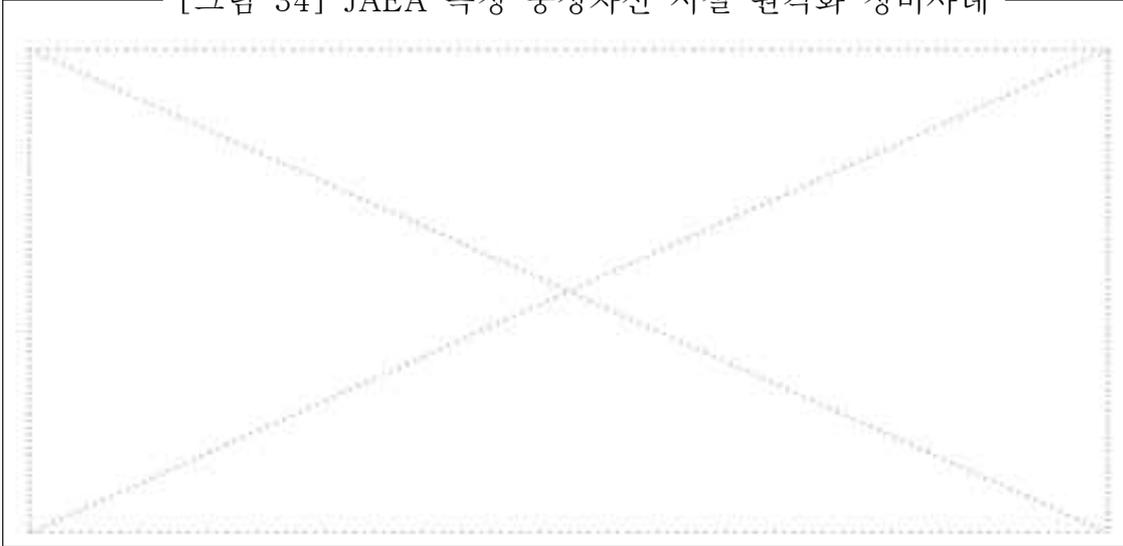
[그림 33] 일본의 연구설비자동화프로세스



출처: 일본 문부과학성 홈페이지

- 또한 국립대학이 보유한 연구인프라의 접근성을 높이기 위해 산업체의 수요가 높은 공동연구인프라에 대해 원격이용 및 실험자동화를 추진하고 있으며, ‘20년 기준 2억 9천만엔(31억원)을 투입하여 4개 시설의 자동화를 지원하고 있음

[그림 34] JAEA 특정 중성자선 시설 원격화 정비사례



출처: 일본 문부과학성 홈페이지

### 【 일본의 기초연구인프라 정책 】

1. 일본의 기초연구사업은 성격에 따라 상향식과 하향식으로 구분
2. 일본의 상향식 기초연구정책에서는 글로벌 협력과 신진연구자 지원을 중요시
3. 기초연구 인프라에 대한 투자에서도 상향식과 하향식을 적절히 조정하여 추진하고 있으나, 모든 수요에 대한 선택은 민간에 일임
4. 최근에는 연구개발분야에 기초·응용·개발로 대표되는 선형모델을 탈피하고 있으며, 연구인프라도 기초와 응용·개발연구를 구분하는 대신에 산학연이 모두 활용하는 공동연구기반으로서 역할을 부여
5. 모든 연구인프라는 개별연구목적의 단독활용이 아닌 협력의 기반으로 활용하고 있으며, 이러한 가치 하에 거대 기초연구인프라의 국제공동구축 및 활용을 추진하고, 기존 기초연구인프라에 원격활용과 같은 공동활용체계를 마련

## 1.7. 주요국의 기초연구투자와 기초연구인프라의 상관관계 분석

- 최근 글로벌 기초연구정책은 혁신기술의 거대화 및 연구개발환경 변화와 밀접히 관련되어 있고 그에 따라 전통적인 기초연구 개념이 변화하고 있으며 사회와의 관련성을 확대하고 있음
- 기초연구에 대한 개념·역할의 변화, 기술혁신의 속도의 가속화로 인해 글로벌 시장에서 혁신경쟁이 치열해지고 있으며, 이에 높은 혁신가치 창출에 기반이 되는 획기적인 기초연구에 대한 투자를 강조하고 있음
  - 전통적인 실험실 연구에서 벗어나 개념이 확대되고 획기적인 연구성과 창출을 위한 고위험·고수익 연구가 추진되고, 기초-응용-개발로 이어지는 선형모델의 파괴 등이 나타나고 있음. 이러한 변화는 연구인프라의 구축·운영환경 뿐만 아니라 인력, 평가, 투자에 이르기 까지 폭넓은 영향을 미치고 있음
  - 아울러 실험실에 머물러 있는 기초연구성과들이 빠르게 시장에 이전되어 가치를 창출할 수 있도록 이를 위한 사업화정책이 강조
- 새로운 기술혁명시대가 전개됨에 따라 초연결에 의한 빅데이터 창출과 데이터 기반의 지식가치창출이 중요한 경쟁요소로 등장하고 있으며, 이러한 변화에 기초연구활동에 영향을 미쳐 거대 연구인프라를 통한 집단연구와 인프라에서 발생한 실험데이터를 개방하여 협업연구를 도모하는 형태로 새로운 연구환경이 대두
  - 지식생산방식의 변화에 대응하기 위한 글로벌 수준의 활동이 강화되고 있고 국가 차원의 인프라 개선 정책들이 추진
- 기초연구를 통한 새롭고 다양한 지식창출을 위해 신진연구자들의 확보와 역량 제고 지원을 위한 정책들이 강화
  - 국가 간 지식경쟁이 치열해 지는 상황에서 역량있는 신진연구자를 확보하고 뛰어난 독립 연구자로 성장할 수 있도록 지원하는 것이 중요한 기초연구정책으로 추진되고 있으며, 국가간 우수한 신진연구자 확보를 위한 경쟁도 가속화
  - 이를 위한 강력한 유인책으로 대형연구인프라를 구축하고 있으며, 이를 기반으로 하는 우수연구자 유치 및 협동연구를 통해 지식의 습득을 도모
- 과학기술과 사회와의 연계성이 강화됨으로써 기초연구도 사회의 요구 및 사회문제 해결에 기여하는 연구 활동이 강조
  - 사회적 문제에 대응하기 위해 과학기술이 강조되고 있으며 이에 필요한 획기적이고 혁신적인 지식창출부문으로서의 기초연구가 강조

- 기초연구정책의 변화에 따라 기초연구인프라정책에도 큰 변화가 감지되고 있으며, 연구인프라의 활용범위를 국제-국가-지역으로 구분하여 연계 추진하는 형태를 보임
  - 전통적인 개인실험실 중심의 연구기반에서 벗어나, 개인연구자의 연구인프라는 기관이 공통으로, 지역활용성이 높은 연구인프라는 기초연구와 응용·개발연구의 구분을 지양하고 있으며, 국가수준의 연구인프라는 총량관점의 종합계획을 기반으로 구축·운영
  - 이러한 연구인프라의 구분은 주요국의 기초연구인프라 투자정책의 변화로 이어지고 있으며, 구축대상 또는 투자목표금액을 설정하고 이에 맞게 구축을 추진하고 있음
- 주요국은 국가 차원의 우수한 과학적 성과창출 및 국제적 참여를 통한 선도기술의 습득, 각종 사회문제 해결등을 위해 최첨단 연구인프라의 중요성을 강조하고 있으며 이를 위한 다양한 사업들이 추진 중임
  - 미국은 전 분야에 대한 공동 지원과 분야별 특성을 반영한 분야별 지원이 구분되어 연구인프라 지원이 이루어지고 있음. 전 분야에 대한 지원은 NSF를 중심으로 이루어지고 있으며 연구분야별 특성을 반영한 지원은 관련 부처를 중심으로 추진하고 있음
    - 기초과학 등 기초분야 관련 연구장비 지원이 많이 이루어지고 있어 지원의 주요 수혜대상을 대학으로 하는 프로그램이 많음
    - 기초연구인프라의 활용범위에 따라 MREFC사업을 기반으로 하는 대형 기초연구인프라에 대한 지원 뿐만 아니라 중소형 연구인프라 지원을 위한 프로그램이 많이 추진되고 있음. 미국 NSF의 MRI 사업은 대표적인 중형연구인프라 지원 프로그램으로 10만달러~400만달러 규모를 지원. 또한 MREFC와 MRI의 중간에 속하는 연구인프라에 대해서는 Mid-scale RI사업을 통해 구축을 지원하고 있음
    - 또한 공동활용을 목적으로 한 장비 지원 프로그램도 별도로 지원되고 있음. 미국 NSF의 MUE는 공동활용장비를 지원하는 사업으로 중소형~중형 규모의 장비를 지원하고 있음
  - 유럽연합은 기초연구인프라에 대해 상향식 수요종합체계를 마련하였으며 이를 유럽연합 혁신프로그램과 연계하여 구축 및 운영을 지원하고 있음
    - 유럽연합의 ESFRI는 유럽연합회원국의 로드맵 및 회원국내 연구자의 기초연구인프라 수요를 종합하여 로드맵을 마련하고 있으며, 기초·응용·개발이라는 선형적 연구모델에서 탈피하여, 혁신적 연구인프라를 우선순위로 지정하고 있음
    - 이러한 로드맵 수립절차를 통해 철저한 기획을 유도하고 있으며, 이러한 기획과정에서 관련연구자의 수요 및 요구를 충분히 반영하고, 관련기술의 준비여부를 판단하여, 구축지원 여부를 결정. 물론 로드맵의 수립여부가 투자와 연계되지는 않지만, 기획과정에서 나타나는 연구현장의 지지와, 충분한 수요, 기술준비상황의 파악은 성공적인 기초연구인프라 구축·활용에 기반으로 작용

- 중국은 세계적 수준의 연구인프라를 세계적 수준의 연구자를 참여시키고, 우수 연구 기관과의 공동연구를 통해 첨단기술을 내재화 하는 수단으로 활용하고 있음
  - 중대과학연구시설계획을 통해 최첨단 연구인프라의 투자우선순위를 결정하고, 구축을 지원하고 있으며, 구축지역에 대한 전략적 고려를 통해 혁신성장의 도구로 활용하고 있음
- 주요 선진국은 연구인프라의 공동활용을 도모하기 위해, 주요연구인프라에 대한 운영비를 지원하고 있으며, 통합정보서비스 및 원격활용, 데이터관리 등의 인프라를 추가적으로 지원
- 연구장비 활용의 효율성 제고를 위해 미국은 장비 구입비와 함께 장비 운영에 소요 되는 운영인력의 인건비, 훈련비 등도 지원하고 있음. 일본은 국가차원의 기초연구 인프라 활용 효율성 제고를 위해 국립대학의 연구시설장비의 정비, 안정적 유지관리, 공동이용 지원 등을 추진하고 있으며, 첨단연구시설의 산학관 연구자들의 공동이용 을 촉진하기 위해 첨단연구시설공동활용촉진사업을 추진하고 있음
- 또한 주요선진국은 핵심 기초연구인프라에 대해 전략적 확보계획을 수립하고 있으며 이를 기반으로 체계적인 구축을 유도. 이는 기술분야별, 지역별, 부처별 파편화되어 구축이 이루어지는 우리나라에 시사하는 점이 높음
- 주요선진국은 국가차원의 기초연구인프라 로드맵 및 투자포트폴리오의 수립을 통해, 체계적인 구축 및 운영에 많은 노력을 기울이고 있음
- 대형연구시설·장비에 대해 해외 주요국은 중장기적 로드맵, 사전R&D를 수행할 수 있는 트랙 등의 운영을 통해 대형연구시설·장비를 체계적으로 구축하고 있으며, 국내 대형 연구시설·장비의 구축 프로세스에 대한 개선방안을 마련할 때 해외 우수 사례를 벤치 마킹 할 필요가 있음
- 미국, 유럽, 일본 등은 대형연구시설·장비의 구축에 대한 중장기 로드맵을 수립하여 체계 적으로 구축을 추진하고 있음
  - 유럽의 ESFRI(European Strategic Forum on Research Infrastructure)는 향후 10~ 20년 동안의 연구인프라에 대한 유럽 로드맵을 설정, 구현을 촉진하고 주기적으로 업데이트를 추진하고 있음
- 일본은 현장의 연구자들로 구성된 일본학술회(SCJ)를 통해 대형연구시설·연구 프로 젝트에 대한 마스터 플랜(Master Plan)을 2010년에 처음 수립, 이후 3년 마다 주기적 으로 업데이트하고 있으며, 이를 바탕으로 문부과학성은 로드맵을 수립
- 에너지부(DOE)와 NSF는 대형연구시설·장비의 구축 이전에 주요 기술에 대한 R&D를 수행할 수 있도록 구축 사업과 별도로 DOE는 Major Items of Equipment, NSF는 R&RA를 추진하고 있음

- 우리나라는 대형연구시설·장비에 대한 로드맵인 국가대형연구시설구축지도 (NFRM)를 2010년도에 처음 수립, 2012년에 업데이트하였으나 1차와 2차 구축지도 간 연계성이 낮고 이후로는 업데이트되지 않았음
- 우리나라는 대형연구시설·장비의 주요R&D가 일반적으로 구축 사업에 포함되어 있으며, 구축 사업 이전에 R&D를 수행할 수 있는 별도 트랙은 부재함

[표 25] 우리나라와 주요국의 기초연구인프라 정책 비교

비교항목	한국	미국	유럽연합	중국	일본
기초연구인프라 로드맵수립여부	없음	없음 (재원관리)	있음	있음	있음
기초연구인프라 로드맵수립주체 및 방식	없음	중앙정부 상향식	별도위원회 상향식	중앙정부 하향식	민간 상향식
기초연구인프라 용도	연구지원	연구지원	연구지원, 협업연구, 우수인력확보, 국제네트워킹	연구지원, 협업연구, 우수인력확보, 국제네트워킹	연구지원, 협업연구, 우수인력확보, 국제네트워킹
기초연구인프라 범위	시설·장비	시설·장비, 시료관리, 데이터	시설·장비, 시료관리, 실험데이터	시설·장비, 시료관리, 실험데이터	시설·장비, 시료관리, 실험데이터
투자지원범위	구축	구축, 운영	구축, 운영	구축	구축, 운영
구축주체	활용기관	구축지정기관	구축지정기관	활용지정기관	활용지정기관
활용주체	연구자	전문인력	전문인력	전문인력	전문인력
별도재원여부	일반사업 동일	별도제원 (목표치)	별도제원 (목표치)	별도제원 (목표치)	별도제원 (목표치)
국가관리범위	구축	기획, 구축, 운영, 활용, 처분	기획, 구축, 운영, 활용, 처분	기획, 구축, 운영, 활용	기획, 구축, 운영, 활용

출처: 연구진 정리

### 【 주요국 기초연구인프라 정책에 대한 시사점 】

1. 대형연구시설·장비에 대해 해외 주요국은 중장기적 로드맵, 사전R&D를 수행할 수 있는 트랙 등의 운영을 통해 대형연구시설·장비를 체계적으로 구축하고 있으며, 국내 대형연구시설·장비의 구축 프로세스에 대한 개선방안을 마련할 때 해외 우수 사례를 벤치마킹 할 필요
2. 주요국의 경우 수월성 기초연구예산과 더불어 일반적인 지원(참여연구원 인건비, 연구지원인력등)과 연구인프라를 분리하여, 대부분 연구과제를 수행하기 위한 연구자에게 기초연구인프라를 구축하기 보다는 잘 운영하고 지원할 수 있는 곳에 인프라를 구축하는 경향이 있으며 기초연구개발사업내 연구인프라에 대한 준비여부 및 실질적 사용료를 반영하여, 공동활용을 유도하고 있음
3. 우리나라는 기초연구개발에 대한 기본적인 지원(연구인력, 연구지원인력, 인프라운영인력, 인프라운영비용)과제가 없이 대부분 일반 연구과제를 통해 모든 것을 해결해야 하는 구조로 되어 있어, 연구과제에 종속된 구축형태를 보이고 있으며, 연구성과가 뛰어난 연구자에게 기초연구인프라가 집중되는 현상을 보이고 있음
4. 특히 기초연구의 경우 수월성보다는 안정성에 치중된 경향이 더욱 강해지고 있으며, 소액위주의 안정성 과제로 구축할 수 있는 연구인프라의 규모는 한정적일 수 밖에 없음. 따라서 연구현장이 필요로 하는 연구인프라의 수요와 활용방식등을 파악하여 연구자중심의 기초연구를 뒷받침 할 수 있는 인프라 지원체계 마련이 절실

## 제3부 기초연구인프라에 대한 현장인식 및 수요

---

제1장 기초연구인프라에 대한 인식현황

제2장 국외기초연구인프라 수요현황

제3장 국내기초연구인프라 수요현황

### III. 기초연구인프라에 대한 현장인식 및 수요

#### 1. 연구자의 기초연구인프라에 대한 인식현황

##### 1.1. 기초연구를 수행하는 연구자의 인프라에 대한 인식조사 개요

- 본 장에서는 기초연구인프라에 대한 연구현장의 인식을 파악하기 위해 2016년부터 2020년까지 기초연구개발사업을 수행한 연구자를 대상으로 설문조사를 수행
  - 설문조사는 기초연구과제의 책임자를 대상으로 기초연구인프라의 구축 및 활용에 대해 조사
- 주요 설문조사항목은 연구인프라의 중요도 및 취득방법, 취득규모, 활용방식 및 운영유지 방식에 대해 조사 시행
- 국내 대학 및 정부출연연구기관의 연구인프라 현황을 분석하고, 향후 연구인프라의 확충 전략 수립을 위한 정책방안을 도출하기 위하여 설문조사를 실시
  - 구축 및 운영현황 조사는 2016년도부터 2020년도 기초연구과제를 수행한 연구책임자 631명을 대상으로 설문조사를 실시하였으며 조사 내용은 다음과 같음

[표 26] 기초연구수행자 대상 설문조사 내용

조사구분	조사항목	설문조사내용
연구자 기본정보	4개	연구연령, 성별, 연구경력, 수행과제수
연구인프라 활용정보	8개	연구인프라 활용 여부, 연구인프라 활용방법, 연구인프라 규모, 연구인프라 중요도, 구축비용 확보방법, 과제에서 인프라가 차지하는 비중, 구축방법, 연구인프라 투입시기
연구인프라 운영정보	4개	연구인프라 운영비 규모, 연구인프라 운영인력 규모, 운영인력의 고용형태, 유지보수 방법
향후 연구인프라 수요	7개	인프라명, 성능, 기술분야, 필요시기, 구축예상비용, 예상운영인력, 해외유사시설

○ 설문응답자의 대부분은 30~40대로, 10년 이상의 연구경력을 가지고 있음

[표 27] 설문에 응답한 기초연구책임자 현황

연령대	5년 미만	5년~10년	11년~20년	20년이상	총합계
30대 미만	0%	0%	0%	0%	1%
30대	5%	13%	10%	0%	28%
40대	0%	3%	33%	7%	44%
50대	0%	0%	4%	20%	24%
60대 이상	0%	0%	0%	4%	4%
총합계	6%	17%	46%	31%	100%

- 연구인프라를 구축하는 비율이 90%이며 공동활용하는 경우는 10%에 불과. 특히, 연구경력이 짧을수록 연구인프라를 구축하는 비중이 높으며, 67%가 해당과제를 통해 연구에 핵심으로 활용되는 연구인프라를 도입하고 있음. 특히 기계제조와 소재나노쪽에 연구인프라의 중요도가 높은 것으로 나타나고 있음

[표 28] 기초연구인프라 구축방법

연구인프라 활용방법	5년 미만	5년~10년	11년~20년	20년이상	총합계
해당연구과제를 통해 직접구매	5%	13%	31%	18%	67%
다른 과제를 통해 구매	0%	0%	2%	2%	5%
다른 과제를 합쳐서 구매	0%	1%	2%	1%	5%
기관의 지원을 통해	1%	2%	5%	6%	13%
연구시설장비 공동활용	0%	2%	5%	4%	10%
총합계	6%	17%	46%	31%	100%

연구분야	해당연구과제를 통해 직접구매	여러과제를 합쳐서 구매	다른 과제를 통해 구매	기관의 지원을 통해	외부공동 활용	총합계
건설교통	4%	0%	0%	0%	1%	5%
기계제조	11%	1%	1%	1%	2%	15%
기초기반	6%	1%	0%	2%	1%	9%
농림축산식품	3%	0%	0%	1%	1%	4%
생명보건의료	9%	1%	0%	2%	1%	12%
소재나노	14%	2%	1%	3%	2%	22%
에너지자원	5%	1%	0%	2%	1%	9%
우주항공해양	5%	0%	0%	1%	0%	7%
환경기상	2%	0%	0%	1%	0%	3%
ICT/SW	9%	0%	2%	1%	2%	14%
총합계	67%	5%	5%	13%	10%	100%

○ 특히 연구과제에 핵심적으로 활용된 연구인프라는 연구과제를 수행한 숫자와 연관 관계가 있음이 나타났으며, 수행과제가 적을 수록(즉 연구개발 초기) 연구인프라에 대한 필요성이 높음을 의미. 또한 해당과제를 통해 직접 구매하고 있으며, 해당 인프라의 규모와 상관없이 유사한 비율이 나타나고 있음

[표 29] 기초연구인프라 구축방법

인프라규모	수행과제수 10개미만	수행과제수 11~20개	수행과제수 21~30개	수행과제수 31개이상	총합계
소형 (3천만원미만)	100%	0%	0%	0%	100%
중소형 (3천만원~1억원)	78%	16%	6%	0%	100%
중형 (1억~10억)	72%	20%	6%	2%	100%
중대형 (10억~50억)	61%	21%	12%	6%	100%
대형 (10억~50억)	61%	24%	6%	9%	100%
초대형 (500억)	71%	7%	14%	7%	100%
총합계	69%	19%	8%	4%	100%

연구인프라 활용방법	소형 (3천만원미만)	중소형 (3천만원~1억 원)	중형 (1억~10억 )	중대형 (10억~50 억)	대형 (10억~50 억)	초대형 (500억)	총합계
해당연구과제를 통해 구매	0%	15%	29%	15%	6%	2%	67%
다른 과제를 통해 구매	0%	1%	3%	1%	0%	0%	5%
다른과제를 합쳐서 구매	0%	0%	2%	2%	0%	0%	5%
기관의 지원을 통해	0%	0%	5%	4%	3%	1%	13%
다른기관의 연구시설장비 공동활용	0%	0%	4%	4%	1%	1%	10%
총합계	1%	16%	43%	26%	10%	4%	100%

- 연구과제에서 연구인프라의 중요성은 60%정도로 응답하였으나, 연구과제를 많이 수행한 연구자일수록 연구인프라의 중요성이 높다고 응답하고 있음. 아울러 연구인프라의 중요성은 연구분야마다 차이가 있는 것으로 나타나고 있음

[표 30] 기초연구인프라의 중요성

행 레이블	10개미만	11~20개	21~30개	31개이상	총합계
건설교통	54.1	55.0			54.3
기계제조	54.3	66.5	42.5	70.0	56.1
기초기반	67.8	65.0	57.5	76.7	67.1
농림축산식품	53.9	52.5		90.0	56.1
생명보건의료	59.1	54.0	30.0	50.0	56.9
소재나노	64.9	49.1	53.9		61.1
에너지자원	64.3	32.0		90.0	59.5
우주항공해양	67.3	72.0	50.0	80.0	69.3
환경기상	80.0	72.5	80.0		76.7
ICT/SW	58.6	57.1	44.0	95.0	58.4
총합계	61.3	56.7	50.6	80.0	60.3

인프라규모	10개미만	11~20개	21~30개	31개이상	총합계
소형(3천만원미만)	48%				48%
중소형(3천만원~1억원)	61%	51%	43%		58%
중형(1억~10억)	58%	57%	43%	63%	57%
중대형(10억~50억)	59%	52%	54%	86%	58%
대형(10억~50억)	77%	69%	43%	80%	74%
초대형(500억)	77%	70%	85%	100%	79%
총합계	61%	57%	51%	80%	60%

- 과제에 필요한 연구인프라가 과제 시작 후 1년 이내에 구축되는 비율은 80.68%로 대부분 과제에 바로 투입이 되지만 1년 이후에 도입되는 비율도 18%에 이르며 소재나노의 도입 기간이 가장 긴 것으로 파악되고 있음

[표 31] 기초연구인프라의 투입시기

기술분야	과제 시작 후 바로	과제 시작 후 6개월 이내	과제 시작 후 6개월 ~ 1년	과제 시작 후 2년 이후	총합계
건설교통	0.90%	0.45%	1.36%	0.90%	3.62%
기계제조	1.36%	4.98%	3.62%	4.52%	14.48%
기초기반	3.17%	2.26%	2.71%	0.90%	9.05%
농림축산식품	0.45%	1.81%	0.90%	0.90%	4.07%
생명보건의료	2.26%	3.62%	3.17%	4.52%	13.57%
소재나노	4.98%	10.41%	7.24%	2.71%	25.34%
에너지자원	2.26%	1.81%	0.90%	2.71%	7.69%
우주항공해양	1.81%	0.90%	3.17%	1.36%	7.24%
환경기상	0.45%	0.90%	1.81%	0.00%	3.17%
ICT/SW	0.00%	4.07%	6.33%	1.36%	11.76%
총합계	17.65%	31.22%	31.22%	19.91%	100.00%

인프라 규모	과제 시작 후 바로	과제 시작 후 6개월 이내	과제 시작 후 6개월 ~ 1년	과제 시작 후 2년 이후	총합계
소형(3천만원미만)	0.00%	0.00%	0.90%	0.00%	0.90%
중소형(3천만원~1억원)	1.36%	8.60%	2.71%	3.17%	15.84%
중형(1억~10억)	2.71%	12.67%	16.29%	6.33%	38.01%
중대형(10억~50억)	7.24%	8.60%	7.24%	5.43%	28.51%
대형(10억~50억)	4.98%	1.36%	4.07%	3.17%	13.57%
초대형(500억)	1.36%	0.00%	0.00%	1.81%	3.17%
총합계	17.65%	31.22%	31.22%	19.91%	100.0%

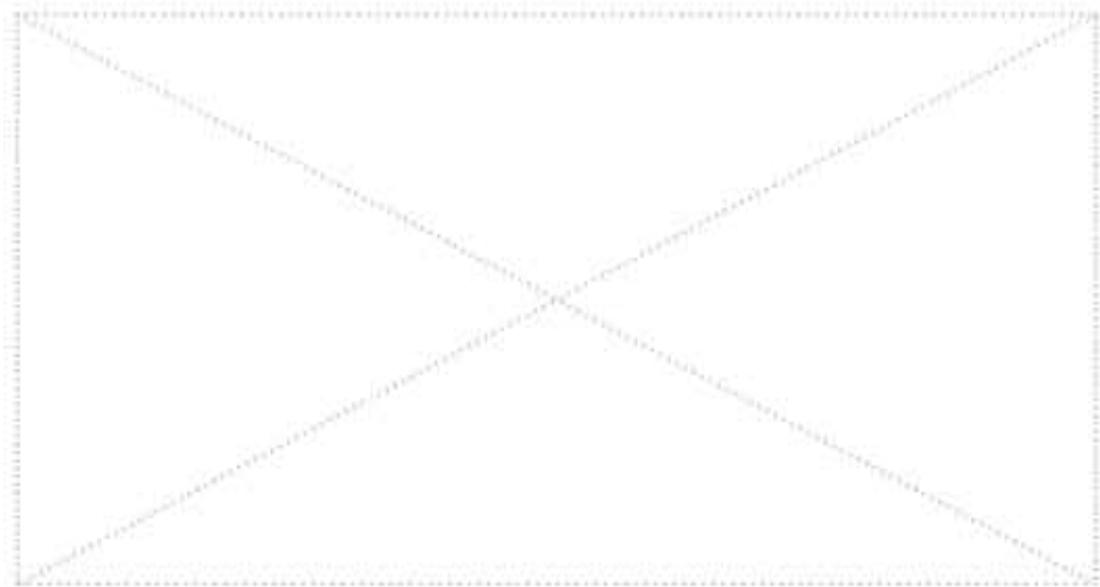
구매방식	과제 시작 후 바로	과제 시작 후 6개월 이내	과제 시작 후 6개월 ~ 1년	과제 시작 후 2년 이후	총합계
연구를 지원하는 연구과제를 통해 직접구매	14.70%	33.22%	28.60%	23.48%	100.0%
해당연구과제와 다른과제를 합쳐서 구매	22.58%	9.03%	56.77%	11.61%	100.0%
다른 과제를 통해 구매	7.81%	75.00%	0.00%	17.19%	100.0%
기관의 지원을 통해	58.99%	1.70%	23.76%	15.55%	100.0%
다른기관(또는 동일기관내 다른부서)의 연구시설장비 공동활용	13.23%	43.58%	26.07%	17.12%	100.0%
총합계	20.55%	30.64%	27.98%	20.83%	100.0%

- 연구인프라의 운영인력은 5명미만이 배치되어 있으며, 인프라 구축규모에 따라 전담운영 인력이 배치되는 것으로 조사되고 있음

[표 32] 기초연구인프라의 운영인력

기술분야	10개미만	11~20개	21~30개	31개이상	총합계
건설교통	4.00	4.00	0	0	4.00
기계제조	3.11	3.67	3.75	2.00	3.24
기초기반	3.24	3.50	2.67	1.00	3.00
농림축산식품	3.00	4.00	0	0	3.33
생명보건의료	2.50	3.63	4.00	1.00	2.76
소재나노	3.00	3.50	3.75	0	3.17
에너지자원	3.25	3.00	0	3.00	3.20
우주항공해양	3.64	2.33	3.00	4.67	3.56
환경기상	1.33	1.75	1.00	0	1.50
ICT/SW	2.93	3.43	3.40	2.50	3.05
총합계	3.05	3.37	3.39	2.70	3.12

연구인프라 규모	없음	연구인력	연수인력 (포닥, 대학원생등)	전담운영인력 (기술직)	총합계
소형(3천만원미만)	0	1.00	0	0	1.00
중소형(3천만원~1억원)	0	2.94	3.84	1.00	3.43
중형(1억~10억)	1.00	2.57	3.23	3.14	2.88
중대형(10억~50억)	4.50	2.69	3.43	3.17	3.01
대형(10억~50억)	0	4.25	0	3.94	4.04
초대형(500억)	5.00	4.50	4.00	3.00	4.00
총합계	3.75	2.78	3.49	3.25	3.12



- 연구인프라의 운영비용은 구축비용과 비례하여 연구개발사업을 통해 운영비를 조달. 이는 필요한 연구인프라의 규모가 클수록 연구개발사업에서 차지하는 비중이 높음을 의미하며, 연구과제의 규모가 일정한계가 있는 것을 감안할 때 연구현장의 부담으로 작용됨을 알 수 있음

[표 33] 기초연구인프라의 운영비용

운영비용	소형	중소형	중형	중대형	대형	초대형	총합계
운영비용 미소요			2.50			1.00	2.00
100만원 미만		3.50	2.67	3.00			3.00
100만원이상~500만원미만	1.00	3.00	2.76	2.71			2.78
500만원이상~1천만원미만		2.67	2.41	3.20			2.63
1천만원이상 ~ 3천만원 미만		3.38	2.71	2.46	5.00		2.88
3천만원이상~1억원미만		4.78	2.77	2.68	3.09	2.00	3.01
1억원 이상			4.60	3.60	4.83	5.25	4.25
총합계	1.00	3.43	2.88	3.01	4.04	4.00	3.12

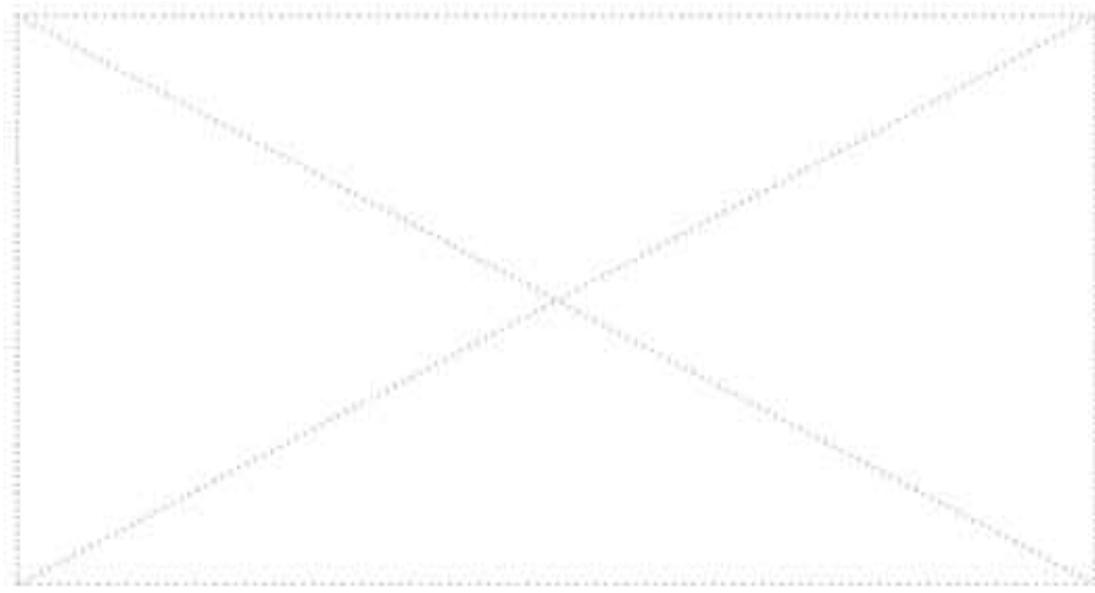
연구분야	운영비용 미소요	100만원 미만	100만원이상 ~500만원미만	500만원이상 ~1천만원미만	1천만원이상 ~ 3천만원 미만	3천만원이상~1억원미만	1억 원 이상	총합계
건설교통	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	5%
기계제조	0%	1%	2%	2%	3%	4%	2%	15%
기초기반	0%	0%	1%	1%	1%	2%	4%	9%
농림축산식품	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	4%
생명보건의료	0%	1%	2%	2%	2%	4%	2%	12%
소재나노	0%	0%	2%	5%	6%	5%	4%	22%
에너지자원	0%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	9%
우주항공해양	0%	0%	0%	2%	0%	2%	2%	7%
환경기상	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	3%
ICT/SW	1%	1%	2%	2%	2%	2%	4%	14%
총합계	2%	4%	12%	16%	19%	24%	23%	100%

- 연구인프라의 운영인력은 연구인프라의 구축규모가 작을수록 연수인력이 운영하고 있으며, 구축규모가 클수록 전담운영인력을 통해 운영되고 있음

[표 34] 기초연구인프라의 운영인력

연구분야	소형 (3천만원미만)	중소형 (3천만원~1억원)	중형 (1억~10억)	중대형 (10억~50억)	대형 (10억~50억)	초대형 (500억)	총합계
건설교통		2.00	4.14	4.00	5.00		4.00
기계제조		4.00	2.59	3.27	2.00	4.00	3.24
기초기반		2.50	3.09	2.33	4.67		3.00
농림축산식품		2.00	3.50	3.50	6.00		3.33
생명보건의료		4.67	2.35	1.88	4.50	3.50	2.76
소재나노		3.44	2.85	2.93	3.67	7.00	3.17
에너지자원		3.00	2.69	3.50	4.67	5.00	3.20
우주항공해양			3.00	4.17	4.00		3.56
환경기상			1.00	1.75	2.00		1.50
ICT/SW	1.00	2.00	3.26	3.13	2.00	1.00	3.05
총합계	1.00	3.43	2.88	3.01	4.04	4.00	3.12

연구인프라 규모	없음	연구인력	연수인력 (포다, 대학원생등)	전담운영인력 (기술직)	총합계
소형(3천만원미만)	0	1.00	0	0	1.00
중소형(3천만원~1억원)	0	2.94	3.84	1.00	3.43
중형(1억~10억)	1.00	2.57	3.23	3.14	2.88
중대형(10억~50억)	4.50	2.69	3.43	3.17	3.01
대형(10억~50억)	0	4.25	0	3.94	4.04
초대형(500억)	5.00	4.50	4.00	3.00	4.00
총합계	3.75	2.78	3.49	3.25	3.12



## 1.2. 조사결과 분석

- 설문조사 결과 대부분이 연구분야와 연구자에 따라 중요하게 활용한 연구인프라의 규모가 차이가 있음을 확인함
  - 연구인프라의 취득방법은 규모가 작을수록 직접 구매를, 규모가 커질수록 기관의 지원을 받아 활용하는 것으로 파악되고 있음
  - 신규연구자일수록 연구인프라 구축에 관심을 보이고 있으며, 과제수가 많을수록 연구인프라의 구축에 많은 노력을 기울이지 않는데, 이는 과제가 많을수록 많은 수의 연구인프라가 충분하게 구축되어 있는 것으로 유추할 수도 있음
    - 핵심적으로 활용되는 연구인프라의 규모가 작거나(중소형 미만), 매우 클 경우(대형이상) 과제에 바로 활용되어 과제 지연이 발생하지 않지만 중대형 장비의 경우 외부장비를 활용하는 경우가 많으며, 연구에 투입되는 시점이 계획보다 6개월이상 지연되는 경우가 발생되는 것으로 분석되고 있음
- 기초연구에 투입되는 연구인프라는 중형(1억원~10억원미만)규모의 인프라가 활용되는 것으로 응답. 이는 실 데이터와 어느 정도 일치하는 것으로 파악되고 있음
  - 중형연구인프라에는 평균 2명정도의 운영인력이 투입되는 것으로 파악되며, 연구인력 또는 연수인력과 같은 연구진이 직접 연구인프라를 운영하는 것으로 파악. 기초연구인프라의 규모가 클수록 전문인력을 활용하여 운영하는 것으로 조사되고 있음
- 대부분의 기초연구과제 수행연구자는 과제를 통해 연구인프라를 구축하고 있으며, 과제의 규모가 크거나, 첨단연구를 수행할수록 대형연구인프라를 공동활용하고 있음
  - 과제 수행경력이 적을수록 작은 규모의 연구인프라를 활용하며 연구경력이 높을수록 고가의 연구인프라를 활용하는 경향을 보임
- 대부분의 연구과제에서 연구인프라를 중요한 요소로 보고 있으며, 하나의 과제로 구축이 어려운 경우가 많아 기관의 지원을 받거나 타과제와 결합하여 연구인프라를 구축. 하지만 고가의 연구인프라를 활용함에도 대부분 단독활용으로 파악되고 있음
  - 단독활용의 이유는 연구자의 소유욕이라고 판단할 수 있으나 적절한 운영인력 및 운영비용, 유지보수체계가 미흡한 것이 주된 원인으로 분석되고 있음
  - 대부분의 기초연구인프라가 규모와 관계없이 4명이내의 운영인력으로 가동되고 있으며 운영비용은 연구과제를 통해 조달하고, 유지보수에 많은 어려움이 있는 것으로 파악되고 있음

한편, 연구기관은 초대형 연구인프라를, 기초연구자는 중대형 연구인프라를 요구하고 있는 것으로 파악되며, 빠른 시일내에 운영이 필요하다라고 답변. 이는 기초연구인프라의 체계적 수요파악 및 구축 연계가 시급함을 의미하고 있음

- 고가 기초연구인프라에 대한 수요는 있으나, 현재 예산부족 등 제도적으로 이를 구축할 수 있는 장치가 마련되어 있지 않아 각 기관, 특히 대학에서 필요한 연구인프라를 제대로 파악하거나 구축하지 못하고 있는 실정임
- 그 결과 지원예산 범위 내에서 허용되는 저가 연구인프라 중심으로 구매와 관리가 이루어지는 실정이며, 고가의 연구인프라가 도입된 이후에도 운영 및 유지보수가 어려운 원인으로 작용되고 있음
- 고가 연구인프라의 도입과 활용을 위해 전문성을 갖춘 운영 인력 확보 및 인력의 **운영을 위한** 고용환경 등 제도적 개선방안 마련이 필수적이고 시급하게 요구되는 사안으로 파악됨

### 【 연구현장 인식조사결과 분석요약 】

1. 연구개발에 연구인프라의 중요성이 높으며, 특히 규모가 클수록 중요성은 상승
2. 연구를 수행한 횟수와 필요연구인프라의 규모는 비례. 즉 연구수준이 높아질수록 고가의 연구인프라를 요구
3. 기초연구에 활용되는 연구인프라는 소규모의 연구인력에 의해 운영되고 있으며, 별도의 운영비를 지원받기보다는 연구과제를 통해 조달
4. 연구인프라가 고가임에도 연수직등 비전문인력에 의해 운영되는 경우가 많아, 효율의 극대화를 위해선 별도의 지원체계를 위한 제도적 개선방안이 필요

## 2. 국외 기초연구인프라에 대한 수요현황

### 1.3. 주요국의 연구인프라 수요현황

- 본 장에서는 주요국의 기초연구인프라 구축·운영 추진현황 및 국내 기 수립 로드맵 추진 현황 분석을 통해, 국내 기초연구인프라 구축수요에 대한 비교 및 전략적 연계를 도모하고자 함
- 이를 위해 최근 5년 이내에 수립된 5개국(미국, EU, 일본, 중국, 독일)의 기초연구인프라 로드맵과 구축계획 분석을 통해 국외 기초연구인프라 구축 동향을 파악하였음
- 유럽연합
  - 유럽연합은 ESFRI를 통해 기초연구를 포괄하는 혁신연구 추진을 위한 연구인프라 로드맵을 수립하고 있으며 이를 기반으로 전략적 구축 및 관리를 추진하고 있음
  - 유럽연합의 로드맵은 회원국별 수립된 로드맵 중 범유럽 관점에서 활용이 필요한 연구인프라와, 개인연구자 또는 기관의 제안을 통합하여, 관련 연구자의 토론과 합의를 통해 수록 여부를 결정하고 있음
    - 구축금액에 따른 일정규모, 예를 들면, 초대형 연구인프라를 대상으로 하는 것이 아닌 범유럽 연구자가 활용할 수 있는 모든 연구인프라를 로드맵 수립대상으로 포함하고 있음
    - 로드맵에 수록되는 연구인프라의 선정기준은 과학적 중요성과 개념 및 사업의 성숙도로, 과학적 중요성은 범유럽차원의 과학적 최첨단 수요를 판단하며 구체적으로는 잠재적 효과, 과학연구에 대한 새로운 방법 제시, 유럽 연구분야의 강화에 기여하는 정도를 판단하고 있음
    - 기술 및 사업의 성숙도는 구축계획의 타당성으로 대표되는 기술 재정적 측면에서의 실현가능성(기술적 컨셉)과 타당성(기술적 기회와 위험 포함), 구축·운영·시험비용·구축일정의 타당성 등을 평가하고 있음
  - 유럽연합의 ESFRI 로드맵은 현재 2018년 기준로드맵이 발간되어 있으며, 본 보고서 완료 이후 신규 로드맵(2021년 12월)이 발간될 예정임
    - 로드맵의 기술구분은 크게 6개 분야로 분류(사회과학과 인문과학, 환경과학, 에너지, 생물과학과 의과학, 재료시설과 분석시설, IT인프라)하고 있으며 각 분야별 유럽의 과학기술 정책 또는 주요사업과 연계하여 수록되고 있음
  - 2018년 로드맵에는 총 21개의 신규인프라 구축계획이 마련, 2021년 기준으로 6개 인프라의 구축이 완료되었으며, 15개의 인프라가 구축 진행 하고 있음

○ 2021년에는 추가로 11개 신규인프라 구축계획이 포함될 예정임

- 신규 연구인프라는 EBRAIN(뇌연구인프라), EIRENE RI(환경노출평가인프라), ET(중력관측소), EuPRAXIA(유럽형 플라즈마 연구용 가속기), GGP(사회과학분야의 인구조정에 대해 과학적 데이터 제공 목적의 빅데이터인프라), GUIDE(비교출생 코호트 조사인프라), MARINERG-i(해양재생에너지 테스트인프라로 분산형인프라), OPERAS(학술연구를 위한 오픈데이터 연구인프라), RESILIENCE(종교연구를 위한 빅데이터 연구인프라), SLICES(컴퓨터통신실험연구를 위한 대규모인프라), SoBigData++ RI(소셜 플랫폼 데이터마이닝 및 연산을 위한 인프라)가 추가 예정

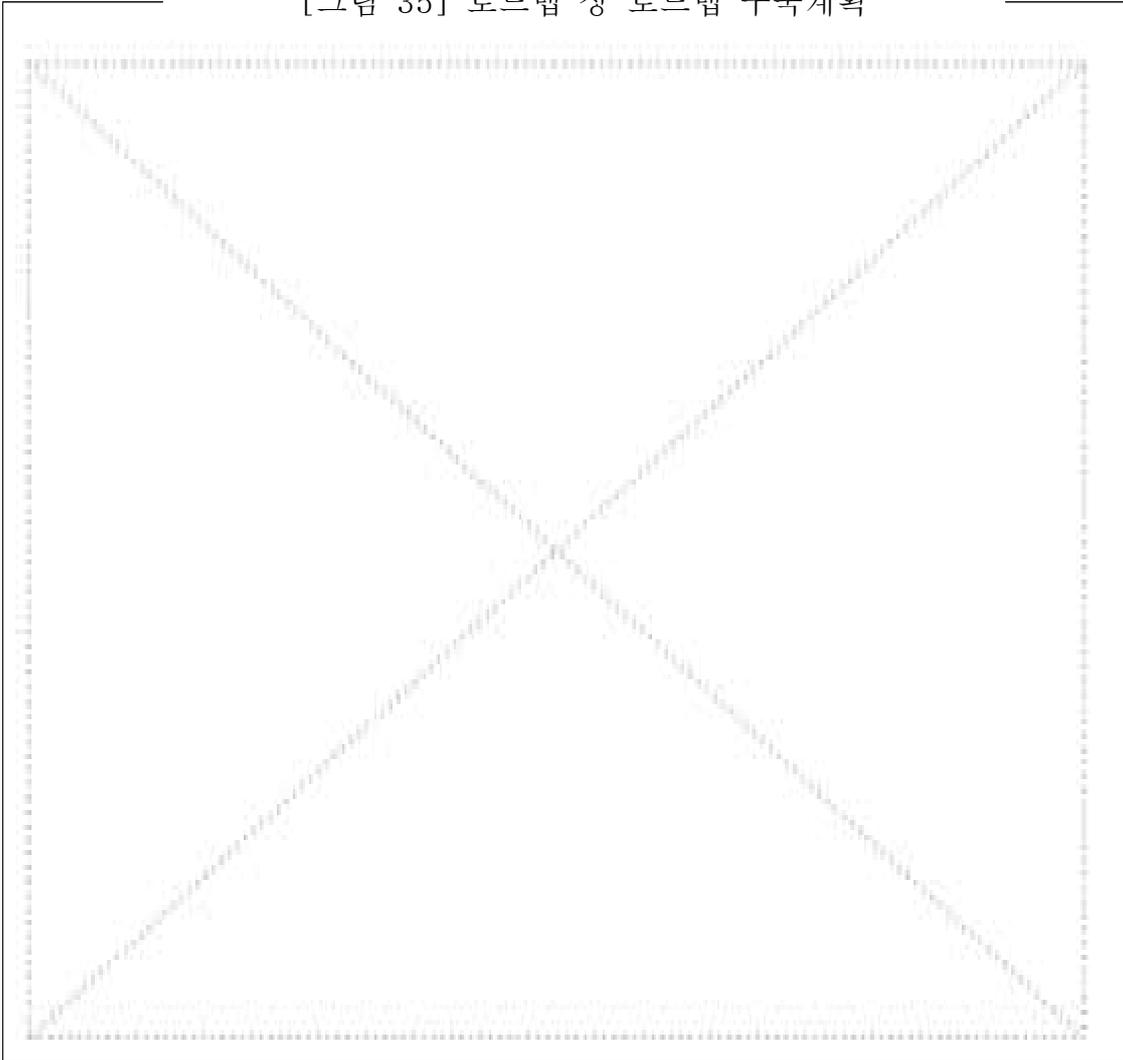
[표 35] ESFRI 2018 로드맵 수록시설

순번	중점투자분야 분류	대형연구인프라명	운영예정 년도	구축금액 (억원)
1	10.기초기반	European Spallation Source ERIC	2025	23,959
2	10.기초기반	HL-LHC (High-Luminosity Large Hadron Collider)	2026	18,304
3	3.에너지/자원	MYRRHA (Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications)	2027	17,576
4	7.우주/항공/해양	ELT (Extremely Large Telescope)	2024	14,560
5	7.우주/항공/해양	SKA (Square Kilometre Array )	2027	13,000
6	3.에너지/자원	IFMIF-DONES (International Fusion Materials Irradiation Facility - DEMO Oriented NEutron Source)	2029	5,460
7	10.기초기반	CTA (Cherenkov Telescope Array)	2024	5,200
8	7.우주/항공/해양	EST (European Solar Telescope)	2029	2,600
9	9.환경/기상	ACTRIS (Aerosols, Clouds and Trace gases Research Infrastructure)	2025	2,470
10	10.기초기반	ESRF EBS (European Synchrotron Radiation Facility Extremely Brilliant Source)	2023	1,664
11	9.환경/기상	eLTER (Integrated European Long-Term Ecosystem, critical zone and socio-ecological system Research Infrastructure)	2026	1,222
12	9.환경/기상	DiSSCo (Distributed System of Scientific Collections)	2025	772
13	10.기초기반	E-RIHS (European Research Infrastructure for Heritage Science)	2025	260
14	10.기초기반	FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research)	2025	164
15	2.생명/보건의료	EU-IBISBA (Industrial Biotechnology Innovation and Synthetic Biology Accelerator)	2025	143

유럽연합의 연구인프라 로드맵은 사회적 문제해결을 위한 다양한 분야를 지원하는 연구인프라를 구축하고 있으며, 최근 빅데이터 및 인공지능 기술이 전체 연구영역에 확산됨에 따라 이를 위한 IT기반 인프라의 확충이 눈에 띄게 증가하고 있음

- 기술 분야별 연구인프라를 네트워크 형태로 결합하여 가상적으로 통합하는 지원사업을 마련하고 있으며 이를 통해 연구자간 협업연구를 촉진하는 기반으로 활용
- 유럽연합 연구인프라는 초거대 연구인프라부터 소규모의 사회과학 네트워크인프라까지 다양한 규모 및 분야를 수록하고 있으며, 장기계획(10년 이상)까지 포괄한 인프라를 구상

[그림 35] 로드맵 상 로드맵 구축계획



※ 출처 : ESFRI Roadmap 2018

유럽연합의 로드맵은 단일 연구인프라의 단순한 구축이 아닌 연구인프라의 구축목적에 명확하게 하고 있으며, 학제간 융합을 촉진하는 도구로 활용

- 활용하는 연구단계(기초·응용·개발) 또는 연구기관 유형을 구분하지 않고, 연구인프라의 구축목적에 따라, 융합연구를 촉발하는 매개체로 활용

□ 중국

- 중국 국가발전개혁위원회 주도로 세부추진방안을 지속적으로 보완하고 있으며, 7대 분야(에너지, 생명, 지구시스템·환경, 재료, 입자물리와 핵물리, 우주와 천문, 공학기술) 연구시설 대한 구체적인 투자 포트폴리오 제시
- 중대 과학기술인프라 구축과 운영을 선진국 수준에 진입하는 것을 목표로 중점 과학 기술 발전과 관련된 관련 55개 연구시설 투자 계획 수립
  - 중국의 기초연구인프라는 국가중대실험실, 과학관측소와 같은 거점을 형성하여 협업 연구를 장려하는 형태로 추진
  - 따라서 국가수준의 로드맵에서는 초대형 연구인프라에 대한 계획만을 수립
- '12년 '국가 중대 과학기술 인프라 건설 중장기계획('12~'30)'을 수립하고, 추진계획으로 '중대 과학기술 인프라 구축 13·5 계획(國家重大科技基礎設施建設"十三五"規劃)'을 마련
  - 중국의 기초연구인프라 구축 계획은 실제 구축으로 연결하고 있으며, 1건이 구축되면 바로 바로 가동하는 원칙에 따라 순차적으로 구축 추진
  - 구축계획에 포함된 연구인프라는 다음과 같음
    - (1) 공간환경 지반 모니터링 네트워크(Chinese Meridian Project 2기)
    - (2) 대형 광학 적외선망원경(Infrared telescope)
    - (3) 심층 지하 배경 저방사(Background low radiation) 첨단 물리실험시설
    - (4) 대형 지진프로젝트 시뮬레이션 연구시설
    - (5) 핵융합로 본체 핵심시스템 종합 연구시설
    - (6) 고성능 동기화 방사 광원
    - (7) 경질 X선(Hard X-ray) 자유전자 레이저장치
    - (8) 다중방식·다척도 바이오의학 이미징시설
    - (9) 초중력 원심분리 시뮬레이션과 실험장치
    - (10) 정밀 지반 타이밍 시스템
- 기 구축된 연구인프라의 업그레이드 및 이전 55개 연구시설투자계획에 포함된 미구축 연구인프라를 포괄한 구축예정 초대형 연구인프라는 총 19개로 파악

[표 36] 중국에서 추진중인 국가로드맵 수록시설

순번	중점투자분야 분류	대형연구인프라명	운영 예정 년도	구축금 액 (억원)
1	10.기초기반	Shanghai Kaijian Free Electron Laser Device	2025	17,000
2	10.기초기반	CFETR (Comprehensive Research Facility for Fusion Technology)	2030	11,000
3	10.기초기반	HEPS (High Energy Photon Source)	2025	8,276
4	10.기초기반	BISOL (Beijing Isotope Separation On-Line Neutron Rich Beam Facility)	2030	5,950
5	10.기초기반	CHIEF (초중력 원심분리 시뮬레이션과 실험장치)	2026	3,706
6	2.생명/보건의료	다중모드·다척도 바이오의학 영상시설	2026	2,890
7	7.우주/항공/해양	우주환경지상시뮬레이션장치	2030	2,550
8	8.건설/교통	대규모 지진 공학 시뮬레이션 연구 시설	2023	2,550
9	3.에너지/자원	CLEAR (China LEAd-based Reactors ADS)	2030	2,300
10	9.환경/기상	지구시스템 디지털시뮬레이터	2023	2,125
11	7.우주/항공/해양	중국남극천문대	2030	1,700
12	3.에너지/자원	중력정밀측량연구시설	2024	1,530
13	10.기초기반	SEL (Station of Extreme Light)	2024	1,200
14	3.에너지/자원	고효율저탄소 가스터빈 실험장치	2023	1,105
15	7.우주/항공/해양	동반구 우주환경 종합모니터링	2023	850
16	9.환경/기상	대기환경 시뮬레이션 시스템	2030	850
17	10.기초기반	심층 지하 배경 저방사 첨단 물리실험시설	2023	600
18	6.농림수산/식품	작물 발현형체학 연구시설	2030	510
19	10.기초기반	HIAF (High Intensity Heavy-ion Accelerator Facility)	2024	442

- 로드맵 및 계획을 통한 중국의 연구인프라는 10년이상의 초장기 계획을 수립하고 있으며, 중국과학원 및 일반연구자의 수요를 종합하여 숙의하는 기간을 거쳐 최종적으로 수록
- 타 국가의 사례와는 다르게 연구인프라 로드맵의 수록이 연구인프라에 대한 투자로 연결되며, 연구인프라에 대한 투자를 지방정부와 분담하는 형태로 추진

[그림 36] 중국의 연구인프라 구축계획 산포도



※ 출처 : 중대 과학기술 인프라 구축 13·5 계획 및 55 연구시설 투자 계획 종합

□ 일본

- 일본학술회의(SCJ)와 관련 법률에 근거하여 연구시설에 대한 구축계획을 포함한 ‘학술 대형연구계획 마스터플랜’(第24期 學術の大型研究計畫に關する マスタープラン, マスタープラン2020)을 수립
- 2010년 최초 수립 후, 3년마다 정기적으로 갱신되고 있으며, 7대 연구분야별(인문·사회과학, 생명과학, 에너지·환경·지구과학, 물질·분석과학, 생물·화학공학, 우주공간과학, 정보인프라 등 계획 수립) 구축 계획 및 세부적인 투자규모(구축비, 운영비, 인건비, 연구비)를 제시
  - 일본의 로드맵은 대형연구인프라를 별도로 분리하는 것이 아닌 ‘학술 대형연구계획 마스터플랜’의 대형연구과제로 연구인프라의 구축 계획을 수록
  - 일본은 자체 구축 계획 및 국제공동 구축 계획을 종합하고 있으며, 유럽연합과 유사하게 사회문제해결 및 학제 간 연구를 촉진하는 연구인프라를 다수 구축

[표 37] 일본에서 추진 중인 국가로드맵 수록시설

순번	중점투자분야 분류	대형연구인프라명	운영예 정년도	구축금액 (억원)
1	10.기초기반	국제 선형 입자가속기(ILC) (International Linear Collider)	2035	179763
2	10.기초기반	전자이온충돌기(EIC)	2030	31,200
3	9.환경/기상	위성을 활용한 전지구 관측 시스템	2032	16,785
4	10.기초기반	핵자 붕괴 및 중성미자 진동실험을 위한 대형 첨단 감지기	2028	15,565
5	10.기초기반	Super B-Factory at KEK	2029	8,594
6	7.우주/항공/해양	차세대 대형 센티미터 파 간섭계 ngVLA	2035	6,714
7	9.환경/기상	국립오키나와 자연사박물관	2030	5,405
8	9.환경/기상	지진메카니즘 연구인프라	2030	5,382
9	7.우주/항공/해양	30m 광학 적외선 망원경 계획 TMT	2031	5,125
10	7.우주/항공/해양	우주인프라 정비를 위한 수송인프라연구시설	2032	4,812
11	1.ICT/SW	차세대 연구데이터 플랫폼	2024	4,700
12	10.기초기반	high-intensity proton beams	2035	4,543
13	10.기초기반	차세대 방사광 시설(민관협력)	2027	4,028
14	10.기초기반	파워레이저 통합 인프라	2027	3,917
15	7.우주/항공/해양	ALMA2 (Atacama Large Millimeter / submillimeter Array 2)	2036	3,827
16	7.우주/항공/해양	차세대 적외선 천문 위성 (SPICA)	2032	3,357
17	7.우주/항공/해양	공동활용 실험 항공기	2026	3,021
18	7.우주/항공/해양	X-선 분광 이미징 위성	2024	2,988
19	10.기초기반	중성자 뮤온 연구인프라	2031	2,798
20	8.건설/교통	실내 대형 스톱 시뮬레이터 및 기상재해 사이언스파크	2028	2,563
21	3.에너지/자원	비행정	2025	2,518
22	10.기초기반	물질, 장비, 시스템 공동연구센터	2025	2,350
23	7.우주/항공/해양	Subaru 2 (Super Wide Field Large Optical-Infrared Telescope)	2033	2,350

순번	중점투자분야 분류	대형연구인프라명	운영예 정년도	구축금액 (억원)
24	10.기초기반	초밀도 핵물질 연구를 위한 J-PARC	2030	2,238
25	6.농림수산/식품	스마트 메가스케일 식물공장	2025	2,238
26	7.우주/항공/해양	아시아 거점 해양 신재생 에너지 종합 연구실험 시설	2029	2,160
27	9.환경/기상	지구행성 연구자료의 아카이빙 및 큐레이션시스템	2026	2,126
28	2.생명/보건의료	통합계놈 과학 정보연구인프라	2027	2,048
29	1.ICT/SW	코스모 시뮬레이터	2030	1,846
30	7.우주/항공/해양	태양 관측 위성 Solar-C; 자외선 극 자외선 고감도 분광 망원경 (Solar-C EUVST) (Solar-C EUV High Throughput Spectroscopic Telescope)	2027	1,813
31	7.우주/항공/해양	CTA 국제 우주감마선 천문대	2028	1,701
32	7.우주/항공/해양	PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal Plasmas in the X-region)	2030	1,690
33	7.우주/항공/해양	소형 JASMINE (적외선 위치 천문 관측 위성)	2026	1,679
34	7.우주/항공/해양	스마트 마린 시스템 연구인프라	2025	1,589
35	7.우주/항공/해양	도쿄 대학 아타 카마 천문대 (TAO) 계획	2023	1,567
36	7.우주/항공/해양	광대역 X 선 고감도 영상 분광 위성 FORCE	2029	1,511
37	7.우주/항공/해양	solar-terrestrial system	2024	1,421
38	7.우주/항공/해양	심해난류관측인프라	2028	1,399
39	2.생명/보건의료	바이오 이미징 센터	2029	1,343
40	7.우주/항공/해양	1 평방 킬로미터 전파 망원경 (제 1 기)	2026	1,343
41	10.기초기반	RI 빔 팩토리 개선	2027	1,119
42	8.건설/교통	6자유도 가력장치	2025	1,072
43	6.농림수산/식품	차세대 바이오매스 연구인프라	2024	1,063
44	7.우주/항공/해양	KAGRA (Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope)	2025	1,014
45	7.우주/항공/해양	대형 서브 밀리 파 망원경	2033	1,007
46	10.기초기반	ALFA (Attosecond Laser Facility)	2024	985
47	2.생명/보건의료	다차원 뇌 생체 이미징 센터	2029	901
48	4.소재/나노	아시아 최첨단 하이브리드 물질 연구센터	2029	895
49	1.ICT/SW	전자파 활용을 위한 규제과학센터	2025	862
50	2.생명/보건의료	BSL-4 감염병 연구시설	2030	845
51	10.기초기반	고휘도 대형 강입자 충돌기(HL-LHC)활용한 소립자 실험 시설	2028	783
52	3.에너지/자원	정상고온 핵융합 플라즈마 장치	2028	783
53	4.소재/나노	대강 저속 양전자 빔에 의한 표면, 계면 과학 연구인프라	2024	783
54	10.기초기반	비평형 및 극한상태 플라즈마 연구네트워크	2028	727
55	7.우주/항공/해양	중성자 시설 네트워크	2027	727
56	10.기초기반	방사광 연구인프라 네트워크	2026	671
57	7.우주/항공/해양	해양관측정보인프라	2026	615
58	7.우주/항공/해양	미세심해수족관	2026	593
59	6.농림수산/식품	글로벌 건강식품혁신 인프라	2027	560
60	7.우주/항공/해양	해양구호를 위한 인프라	2025	560
61	7.우주/항공/해양	대형 국제 X 선 천문대 Athena	2031	560
62	10.기초기반	슈퍼현미경 네트워크	2028	492
63	10.기초기반	통합레이저 연구인프라	2028	448
64	6.농림수산/식품	천연물활용 기반 농업혁신 생산수단	2025	448
65	10.기초기반	통합강자기장 연구시설	2031	414
66	7.우주/항공/해양	중성미자 연구를 위한 슈퍼카미오칸데	2029	392

순번	중점투자분야 분류	대형연구인프라명	운영예 정년도	구축금액 (억원)
67	7.우주/항공/해양	근적외선 광 시야 서베이 우주 망원경 WFIRST	2027	367
68	6.농림수산/식품	Spring-8을 활용한 방사광 생명농업 연구인프라	2025	356
69	10.기초기반	IceCube-Gen2 국제 중성미자 관측소	2024	336
70	9.환경/기상	곤충자원인프라	2025	336
71	6.농림수산/식품	신품종 개발시설	2024	280
72	2.생명/보건의료	첨단과학기술 기반 의료사회시스템의 과학평가분석센터	2024	106
73	1.ICT/SW	차세대 데이터 플랫폼	2025	43

○ 일본은 구축규모와 활용 연구분야가 매우 다양한 연구인프라 구축계획을 수립

[그림 37] 일본의 연구인프라 구축계획



※ 출처 : 학술 대형연구계획 마스터플랜(2020)

□ 미국

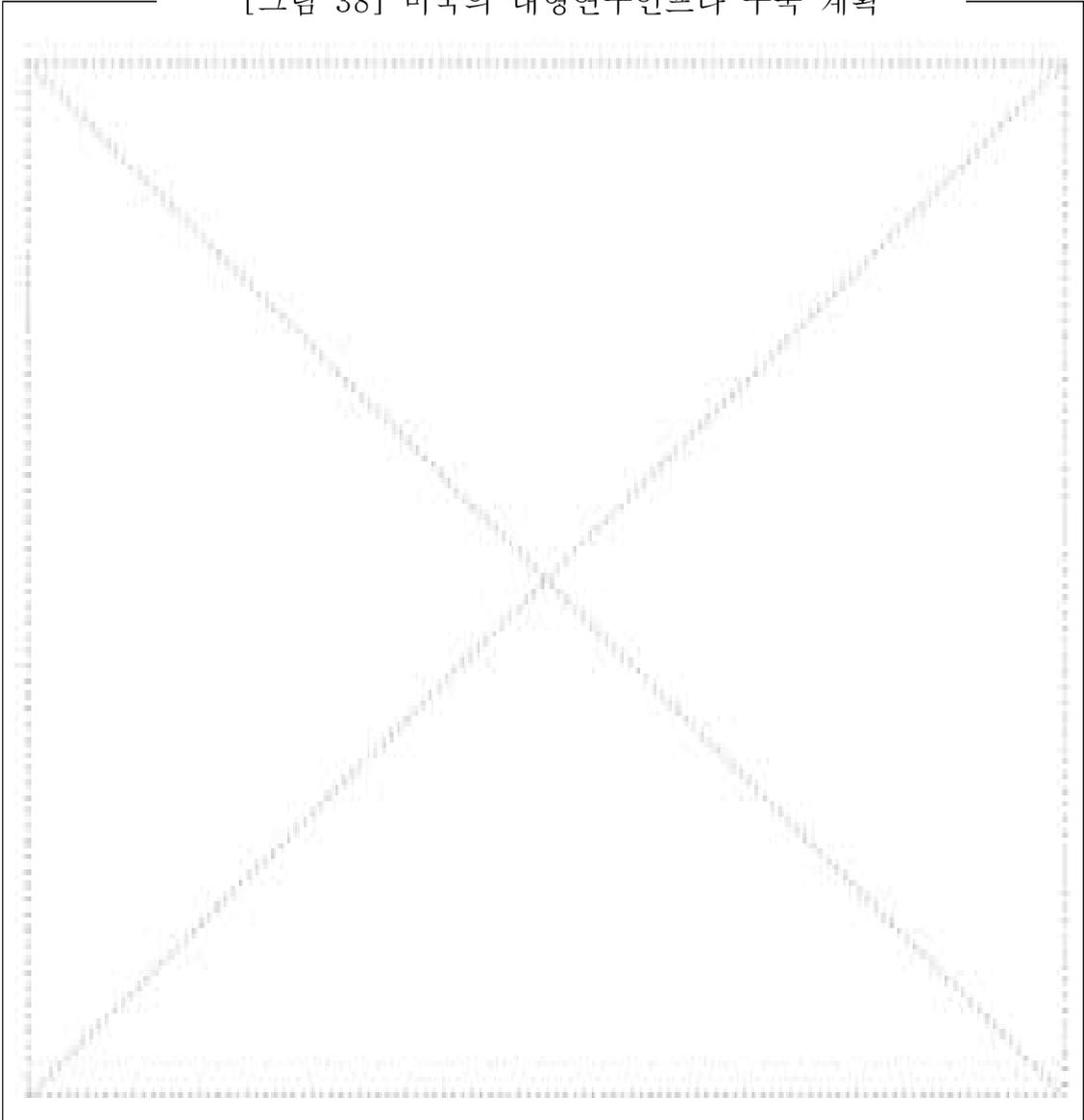
- 미국의 연구인프라 로드맵은 별도로 마련되어 있지 않으며, 개별 인프라의 수요에 대해 학술커뮤니티의 자율영역에 의해 추진. 이러한 과정을 통해 충분한 타당성 및 수요가 검증될 때 구체화(기획단계)단계로 진입하여, 부처의 관리체계로 편입
- NSF, DOE, NASA에서 관리단계에 편입되어 추진되는 시설은 총 15개로 초거대 연구프로젝트에 포함된 경우가 많음

┌────────── [표 38] 미국에서 추진 중인 국가로드맵 수록시설 ─────────┐

순번	중점투자분야 분류	대형연구인프라명	운영예 정년도	구축금액 (억원)
1	10.기초기반	Advanced Photon Source (APS) Upgrade	2024	10,200
2	7.우주/항공/해양	WFF (Wallops Flight Facility)	2032	9,600
3	10.기초기반	ESnet6 (Energy Sciences Network Upgrade)	2023	6,468
4	10.기초기반	Antartic Research Vessel	2030	6,348
5	10.기초기반	Vera C. Rubin Observatory(formerly Large Synoptic Survey Telescope)	2024	5,676
6	7.우주/항공/해양	AIMS (Antarctic Infrastructure Modernization for Science)	2023	4,920
7	7.우주/항공/해양	DFRC (Dryden Flight Research Center)	2029	4,800
8	7.우주/항공/해양	WSTF (White Sands Test Facility)	2032	4,800
9	10.기초기반	ALS-U (Advanced Light Source Upgrade)	2028	4,200
10	10.기초기반	Daniel K. Inouye Solar Telescope	2024	4129
11	7.우주/항공/해양	GDCS (Goldstone Deep Space Communications)	2034	3,600
12	10.기초기반	ATLAS Detector High Luminosity Upgrade	2027	1,836
13	10.기초기반	CMS Detector High Luminosity Upgrade	2027	1,723
14	1.ICT/SW	LCCF (Leadership-Class Computing Facility)	2030	720
15	7.우주/항공/해양	RCRV (Regional Class Research Vessel)	2030	412

○ 구축단계로 편입된 연구인프라는 대부분 초거대 연구인프라로 다양한 기간 및 금액으로 산포

[그림 38] 미국의 대형연구인프라 구축 계획



### 3. 국내 기초연구인프라에 대한 수요현황

#### 1.4. 국내 기초연구인프라 수요조사 개요

- 국내 기초연구인프라에 대한 수요를 파악하여 향후 연구인프라의 확충 전략 수립을 위한 정책방안을 도출하기 위하여 다양한 기관을 대상으로 설문조사를 실시

[표 39] 기초연구인프라 수요조사 절차

단계 (추진일자)	조사대상 (검증주체)	내용	도출결과
1차 수요파악 (‘21.6~‘21.7)	연구인프라를 보유한 비영리기관. 416개	향후 10년 이내에 구축 착수가 필요한 기초연구인프라에 대한 수요파악 (상향식 수요조사 및 관련 정보 조회)	128개
2차 수요파악 (‘21.8 ~‘21.9)	관련 학회 12개	학회차원의 필요 기초연구인프라에 대한 수요 파악	92개 추가
조사결과검증 (‘21.9)	연구진	수요제시 내용에 대해 중복여부검증 및 해외 사례검증	210개중 58개 필터링
전문가 검증 (‘21.10)	기술분야별 전문가	연구진 검증결과에 대한 기술관점의 실현가능 성 검토	최종 49개 도출

- 학회, 국공립연구기관, 정부출연연구기관 및 기초연구개발사업을 수행한 경험이 있는 연구자를 대상으로 2021년 6월 14일부터 7월 16일까지 4주간 실시. 이후 기초연구분야 12개 학회를 대상으로 1달간 추가조사 실시
  - 1차조사시 기관담당자를 우선으로 확인하여 이메일로 설문지를 배포하였으며, 회신된 응답 중 부족한 사항에 대해 전화문의를 병행하여 이메일로 최종확인하였으며, 2차 조사는 관련학회에 의뢰하여 학회차원의 응답 또는 학회회원의 온라인 응답으로 수요파악
- 수요조사는 50억이상의 대형연구시설에 대해 구축시기 및 필요사항, 구축비용을 중심으로 조사하였으며 구체적인 조사항목은 다음과 같음

[표 40] 기초연구인프라 수요조사 내용

조사구분	조사항목	설문조사내용
기본정보	11개	제안연구인프라명, 예상소관부처, 활용분야, 활용소분야, 연구인프라유형, 구축소요기간, 착수예상년도, 운영시작년도, 예상수명, 구축예상비용, 제안연구인프라명
제안자정보	4개	제안자 성명, 부서명, 직위, 연락처
관련정책정보	5개	법적근거, 관련중장기계획, 연계정책, 예비타당성조사 관련성, 전주기단계
구축 및 운영상세정보	8개	상세활용분야, 구축소요년도, 구축착수년도, 운영시작년도, 예상수명, 총 구축예상비, 운영비용, 운영인력

## 1.5. 조사결과 분석

- 기초연구인프라 수요과약 결과 1조원 이상의 초거대 연구인프라부터 50억원의 대형 연구인프라까지 다양한 규모가 과약되었으며, 대부분 기초기반분야의 연관

[표 41] 기초연구인프라 수요조사 내용

순번	중점투자분야	대형연구인프라명	운영예정 년도	구축금액 (억원)
1	10.기초기반	파쇄 중성자원	2039	15,000
2	10.기초기반	중성미자 관측소	2028	3,500
3	7.우주/항공/해양	차세대 쇄빙연구선	2028	3,250
4	7.우주/항공/해양	심해 극한해역 무인 탐사로봇 선단	2030	2,500
5	10.기초기반	대기/우주방사선 영향시험 플랫폼	2030	2,100
6	1.ICT/SW	국가슈퍼컴퓨터	2028	2,000
7	10.기초기반	100 MeV 양성자가속기 성능 향상	2026	1,800
8	10.기초기반	자기응용과학 연구센터	2026	1,600
9	10.기초기반	차세대 레이저-가속기 융합 시설	2027	1,500
10	10.기초기반	하나로 연구용 원자로 업그레이드	2028	1,500
11	10.기초기반	국가 고자기장 연구소	2028	12,000
12	10.기초기반	국가자기공명센터	2026	675
13	4.소재/나노	진단과학연구센터	2026	500
14	7.우주/항공/해양	극초음속 풍동	2026	500
15	9.환경/기상	표준대기챔버	2030	500
16	7.우주/항공/해양	천해지반탐사 시추선	2028	480
17	2.생명/보건의료	바이오 분자이미징 센터	2026	460
18	10.기초기반	초정밀 지구연대측정 센터(확장)	2025	300
19	10.기초기반	정밀질량분석 표준화센터	2027	300
20	2.생명/보건의료	고성능 GPU 기반 슈퍼컴퓨팅 클라우드센터	2028	300
21	4.소재/나노	방사광가속기 기반 극자외선(EUV) 광원 발생장치	2028	290
22	4.소재/나노	반도체공동연구소 업그레이드	2026	284
23	7.우주/항공/해양	이어도호 대체 종합해양연구선	2026	270
24	7.우주/항공/해양	심해 수중환경 재현 시뮬레이터(챔버)	2027	270
25	7.우주/항공/해양	친환경대체연료 해상테스트베드	2031	270

순번	중점투자분야	대형연구인프라명	운영예정 년도	구축금액 (억원)
26	3.에너지/자원	다목적 중이온빔 활용시설	2028	250
27	7.우주/항공/해양	우주복합관	2026	250
28	9.환경/기상	대기질 관측용 항공기	2026	250
29	1.ICT/SW	연구데이터 플랫폼 인프라	2024	200
30	2.생명/보건의료	국가바이오빅데이터 사업 인체자원 저장시설	2024	200
31	7.우주/항공/해양	해양연구지원시설	2024	200
32	7.우주/항공/해양	차세대 우주광학 연구센터	2025	200
33	9.환경/기상	다목적 방사선 차폐시설	2026	200
34	9.환경/기상	생태계 기후변화 대응 시설	2028	200
35	7.우주/항공/해양	230GHz 대역 KVN 21m 전파망원경	2026	160
36	4.소재/나노	방사광 가속기 화학 결정학 빔라인	2024	150
37	10.기초기반	초저온 전자현미경	2024	80
38	4.소재/나노	가속기질량분석기	2024	80
39	7.우주/항공/해양	빙해수조	2027	80
40	10.기초기반	구면수차보정투과전자현미경	2024	50
41	10.기초기반	양전자 빔 발생 시설	2026	50
42	3.에너지/자원	광물물리 방사광가속기 빔라인	2030	50
43	4.소재/나노	고자기장 시설	2024	50
44	4.소재/나노	액체상 투과전자현미경	2024	50
45	4.소재/나노	고분해능 TEM	2025	50
46	4.소재/나노	고분해능 x-ray 단층 촬영기	2026	50
47	4.소재/나노	고성능 투과전자현미경	2035	50
48	2.생명/보건의료	바이오이미징시스템	2025	50
49	7.우주/항공/해양	중형광학망원경	2030	50

- 수요조사를 통해 파악된 기초연구인프라의 구축금액은 5.5조원이며 평균구축금액은 1,126억원이고 초대형(500억이상) 15개와 대형 34개로 파악

[표 42] 미래 기초연구인프라 수요조사 내용


- 대부분의 수요가 2024년에 구축 착수 및 10년 이내에 운영을 제시하고 있으며, 타 국가사례 대비 소규모와 중단기 관점의 연구인프라 수요를 제시

[그림 39] 로드맵 상 로드맵 구축계획



- 국내조사를 연구자, 연구기관, 학회등 주요 수요자에게 설문조사를 시행하였으나, 대부분의 응답에서 중형미만의 연구인프라에 대한 수요를 응답하였으며 대형 및 초대형 연구인프라에 대한 수요는 크게 제시되지 않음
- 제안된 대부분의 기초연구인프라가 특정 연구분야에 치중되어 있으며, 구축시기 또한 단기간인 경우가 많아 실질적인 활용수요로 제시되기에는 무리가 있음
- 이는 대형 및 초대형 연구인프라는 개인연구자가 제안하기 힘든 영역으로, 다양한 채널을 통해 수집된 아이디어를 여러 연구자의 숙의를 거쳐 구체화시키는 과정이 필요하나, 현재 이러한 과정이 마련되지 않아 전략적 접근이 어려움을 의미

□ 1,2차 국가대형연구시설구축지도(NFRM, 1차 2010, 2차 2012)을 통해 파악된 구축규모(6조원, 평균 891억원)와 수요조사결과 파악된 규모는 큰 차이가 없으나, 1,2차 로드맵에 제시된 수요와 일부 차이가 있는 것으로 조사

○ 1,2차 로드맵에서 수록되었으나 구축이 추진되지 않은 연구인프라는 49개중 8개가 제시되었으며, 41개는 신규 수요로 파악

[표 43] 1,2차 로드맵 수록 연구인프라 목록 및 추진여부

수록로드맵	시설명	구축비용	구축기간	추진여부
2차로드맵 (13)	하나로 연구용 원자로 및 활용시설(업그레이드)	500	8	추진
	10MW급 풍력부품종합시험센터	625	6	추진
	국가고자기장센터	2,770	9	
	대형 적외선 우주망원경	500	10	
	국가이미징센터	2,100	8	
	핵융합로공학 연구시설	1,200	7	추진
	장파 표준시 방송국	500	5	추진
	다목적 저에너지 방사광시설	800	5	추진
	고기능 3차원 융합해저 물리 탐사선	1,200	4.5	추진
	평방킬로미터배열 거대전파망원경	1,000	13	
	강력 펄스 중성자원(업그레이드)	7,500	11	
	대형 심해저 해양공학수조	506	6	추진
	지하 고에너지물리 실험시설	4,950	12	추진
1차로드맵 (11)	4세대 방사광가속기	4,260	4	추진
	국가고자기장센터	940	6	
	국가바이오NMR센터	1,050	4	
	그린카전용 전자파 적합성 평가분석시스템	350	2	추진
	극지미량환경분석센터	100	3	
	대형우주망원경근적외선카메라	280	8	
	무색수차투과전자현미경	150	4	
	수관기중기	99	2	
	실내공간청정시험용 대형챔버	50	2	
	실차 환경풍동	300	4	
	안테나 정밀측정 및 RF 성능시험 시설	150	2	추진
	연료전지 환경영향 평가시설	50	2	
	우주측지통합기준센터	300	5	
	장파표준시방송국	450	5	추진
	지하우주실험시설	200	5	추진
	차세대 다목적 3.5GeV 방사광가속기	5,000	6	추진
	차세대 일렉트론 홀로그래피 시스템	50	2	
	차세대 중성미자 검출시설	400	4	
	첨단 생체분자영상센터	600	6	
	초정밀광기계센터	270	3	
하나로 연구용 원자로(업그레이드)	570	8	추진	
3대 고속공동수조시설	739	5	추진	
3차원 웨이퍼본더 시스템	500	5		

수록로드맵	시설명	구축비용	구축기간	추진여부
	4차원초고속전자현미경	100	2	
	국가전자현미경센터	670	5	
	극지우주환경관측시스템	435	7	
	남극대륙 기후변화 정밀관측동	100	5	
	대구경 천체망원경 광학계 제작시설	200	6	
	마우스표준표현형분석센터	200	3	추진
	열수력 종합효과 실험시설(업그레이드)	95	5	
	중대형실험동물 영상진단센터	376	2	
	지하 고에너지물리 연구시설	5,000	5	추진
	차세대 초전도 핵융합연구장치(업그레이드)	4,172	18	추진
	테스트 블랭킷 모듈 연구시설	200	9	
	펄스형 파쇄중성자원 및 중성자빔 이용시설	7,500	6	
	평방킬로미터배열 거대전파망원경	500	9	
	한국대형적외선망원경	50	2	
	한국종합해양관측망	500	5	
	항공우주 비행체 전기체 구조시험설비(업그레이드)	87	4	추진
	해양에너지수조	500	3	
	CMS실험 Tier-1센터	74	4	추진
	ITER 시스템 연구개발 시설	200	6	추진
	가스터빈 연소기 성능시험설비(업그레이드)	50	2	추진
	가스터빈엔진 고공환경 성능시험설비(업그레이드)	300	4	추진
	고체 핵자기공명 및 관련 분광기	600	5	
	구면수차보정 환경 FE-(S)TEM	80	2	
	그린자동차용 첨단 주행시험 평가시설(업그레이드)	1,000	10	추진
	그린카 충돌안전성 분석시설	100	3	추진
	극초음속 비행체 시험용 충격파 터널	300	2	
	남극 빙하시추 돔 기지	300	4	
	대형가스터빈 개발용 공기 공급장치	400	3	추진
	메존빔연구시설	400	3	
	모의극지해양생태계	100	3	
	바이오리파이너리 집적시설	200	3	
	선박용 종합화재시험설비	180	2	
	에너지 저장시스템 안전성 평가시설	100	4	
	은실가스연구시설	600	5	
	우주환경관측위성	450	5	
	위성 국내자력발사용 해외 다운레인지 추적소	300	5	추진
	인체 에너지대사 측정시설	60	2	
	전자선/X선 검용가속기	144	3	
	질량분석용 정전가속기	100	6	
	차세대 광원용 다중이온발생시설	250	5	
	태양전파영상관측어레이	500	10	
	터보펌프 대형 상사시험설비	145	3	추진
	표준 방사광	500	5	
	하이브리드 컴퓨팅	50	4	

수록로드맵	시설명	구축비용	구축기간	추진여부
	항공교통관리 테스트베드	65	3	
	핵융합로공학 연구시설	1,500	7	추진

□ 1,2차 국가대형연구시설구축지도와 국외 로드맵에 수록된 연구인프라중 수요조사결과와 유사한 연구인프라 목록을 매핑한 결과 49개중 8개의 인프라가 기존수요와 중첩되는 것으로 파악

[표 44] 기초연구인프라 수요조사와 타 로드맵 유사시설

순번	대형연구인프라명	수록로드맵	유사인프라명
1	파쇄 중성자원	1차로드맵	펄스형 파쇄중성자원 및 중성자빔 이용시설
		2차로드맵	강력 펄스 중성자원(업그레이드)
		EU	European Spallation Source
2	중성미자 관측소	1차로드맵	차세대 중성미자 검출시설
		일본	중성미자 연구를 위한 슈퍼카미오칸데
		일본	KAGRA
3	차세대 채빙연구선	미국	Antartic Research Vessel
4	국가슈퍼컴퓨터	미국	LCCF
5	100 MeV 양성자가속기 성능 향상	일본	high-intensity proton beams
6	하나로 연구용 원자로 업그레이드	1차로드맵	하나로 연구용 원자로(업그레이드)
		2차로드맵	하나로 연구용 원자로 및 활용시설(업그레이드)
7	국가 고자기장 연구소	1차로드맵	국가고자기장센터
		2차로드맵	국가고자기장센터
8	바이오 분자이미징 센터	1차로드맵	국가바이오NMR센터
		2차로드맵	국가이미징센터

□ 조사 인프라 중 100억원 미만의 13개 인프라는 기관차원의 구축운영이 가능한 인프라로 판단

[표 45] 기초연구인프라 수요조사 내용

순번	중점투자분야	대형연구인프라명	운영예정 년도	구축금액 (억원)
1	10.기초기반	초저온 전자현미경	2024	80
2	4.소재/나노	가속기질량분석기	2024	80
3	7.우주/항공/해양	빙해수조	2027	80
4	10.기초기반	구면수차보정투과전자현미경	2024	50
5	10.기초기반	양전자 빔 발생 시설	2026	50
6	3.에너지/자원	광물물리 방사광가속기 빔라인	2030	50
7	4.소재/나노	고자기장 시설	2024	50

순번	중점투자분야	대형연구인프라명	운영예정 년도	구축금액 (억원)
8	4.소재/나노	액체상 투과전자현미경	2024	50
9	4.소재/나노	고분해능 TEM	2025	50
10	4.소재/나노	고분해능 x-ray 단층 촬영기	2026	50
11	4.소재/나노	고성능 투과전자현미경	2035	50
12	2.생명/보건의료	바이오이미징시스템	2025	50
13	7.우주/항공/해양	중형광학망원경	2030	50

## 1.6. 주요국의 연구인프라 수요분석 및 동향 파악

- 비교 대상 국가는 기초연구인프라에 대한 연구현장의 수요 또는 아이디어를 조사한 후, 분야별 전문가 그룹을 구성하여 충분한 숙의과정을 거치는 제도를 운영
- 아이디어로 제시된 연구인프라에 대해 관련 전문가 또는 커뮤니티를 통해 숙의과정을 거치는데 이를 연구과제 형태로 추진하여 연구비를 지원
- 연구결과에 대해 로드맵 수립위원회를 통해 단계별로 검증하며, 의사결정기구를 통해 최종안이 도출되는데 이러한 시스템을 통해 도출된 연구인프라 수요는 충분한 수요 및 기반기술 준비여부가 검증되기 때문에, 적시구축이 가능하며, 이러한 인프라는 장기적 과학기술전략, 사회적 문제해결, 학제간 연구를 촉발하기 위한 전략적 도구로 활용
  - 대부분의 연구인프라가 명확한 목적을 가지고 있으며, 단일분야가 아닌 다양한 분야 및 순차적인 연구단계(기초·응용·개발)를 파괴하는 연구인프라를 구축하고 있음

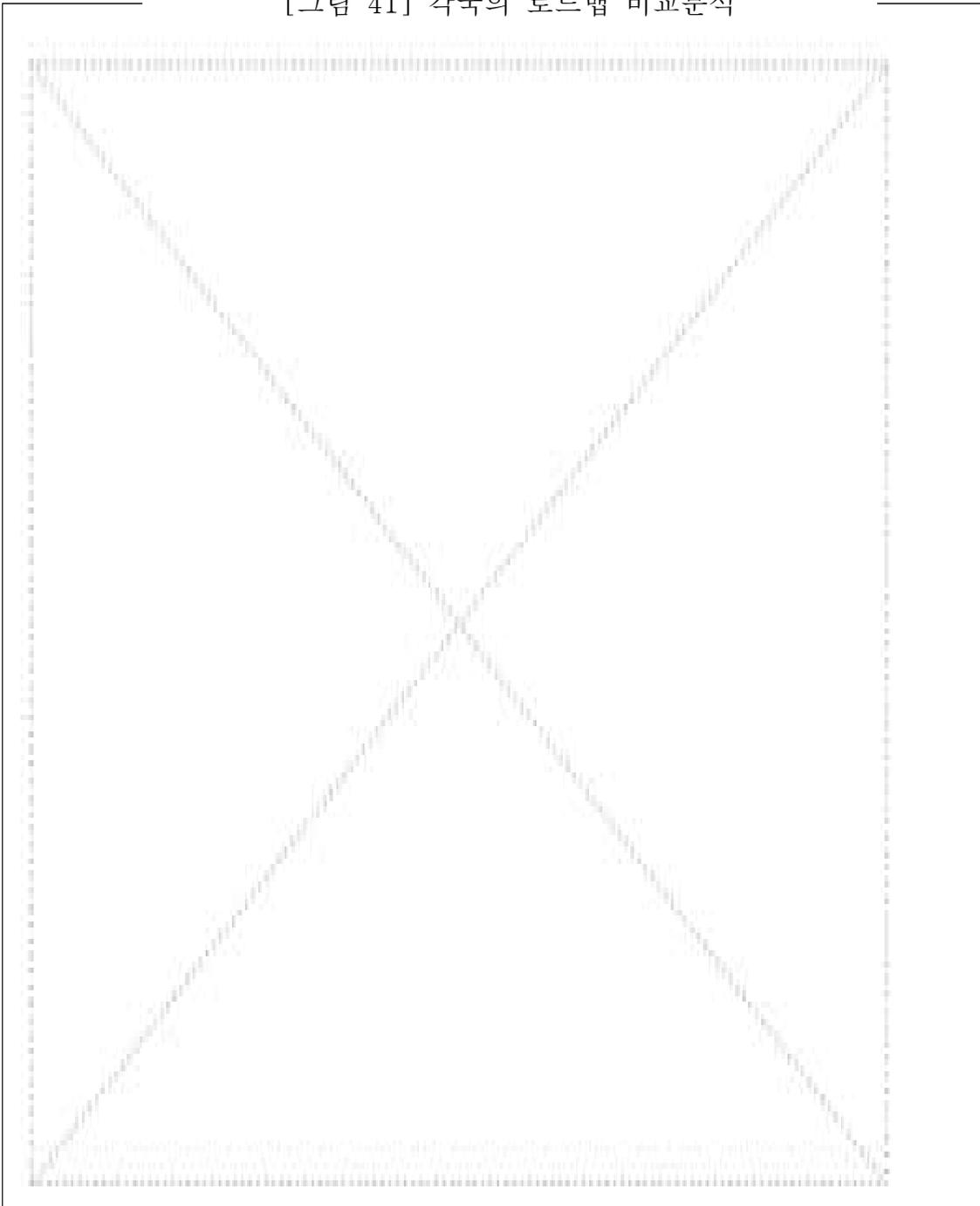
[그림 40] 전체국가의 구축계획 종합



※ 출처 : 각국의 로드맵 분석결과

- 비교국가의 사례는 현재 일부연구자의 아이디어를 선별적으로 지원하고 이를 지원하는 방식으로, 구축을 추진하고 있는 우리나라의 현실에 시사하는 바가 큼
- 우리나라와 주요국의 수요를 비교해보면 대부분 단기구축에, 소규모의 연구인프라를 요구하고 있음. 또한 수요에 대해 객관적 검증체계가 마련되어 있지 않아 보완이 필요

[그림 41] 각국의 로드맵 비교분석



※ 출처 : 각국의 로드맵 분석결과

□ 비교대상 국가 이외에도 다양한 국가들이 기초연구 또는 국가차원의 과학기술원천연구를 위한 인프라 수요를 도출하여 로드맵으로 마련하고 있음

[표 46] 분석대상 이외국가의 로드맵 현황

국가	포트폴리오 (수립기관)	최근 수립연도	포함된 시설수	총투입금액	대상 기간	비 고
독일	Statement on Large-Scale Facilities for Basic Science Research (BMBF)	2002년	9개	€6,683M (약 9조원)	20년	◦ 헬름홀츠-라이프니츠-막스플랑크 연구협회 등에서 요구된 세계 최초의 대형 연구시설장비 구축로드맵
	Science-based evaluation of extensive research infrastructure projects for the national roadmap	2017년	10개	€2,026M (약 2.6조원)	20년	◦ 국가수준에서 필요한 연구시설에 대한 로드맵 (유럽수준에서 활용가능한 연구시설은 ESFRI Roadmap과 연계)
영국	Large Facilities Roadmap (UKRI)	2005년	32개	£3,032.3M (약 5조원)	20년	◦ 세계적 수준의 연구시설 구축으로 다학제간, 국가간 공동연구 촉진을 위한 연구시설장비 로드맵 ※ 대규모 연구시설장비를 구축하기 위한 별도의 사업기금 조성
		2007년	60개	£4865.4M (약 9조원)		
		2008년	65개	£8,527M (약 15조원) €5,418M (약 8조원)		
		2010년	60개	£6,440M (13.5조)		
		2020년	수립중			
호주	A Decade Plan for Australian Astronomy (NCAAAS)	2005년	3개	A\$125M/Y (약 1,300억원)	10년	◦ 천문학 분야의 발전을 위해 30여 개 연구기관, 공학자들로 구성된 9개의 작업그룹에 의해 수립된 대형연구시설·장비 로드맵
		2015년	7개	A\$55M/Y (약 600억원)	10년	
	Strategy Roadmap For Australian Research Infrastructure (NCRIS)	2008년	25개	A\$500M (약 5,100억원)	10년	◦ 전 과학기술 분야(천문학 분야 포함)의 대형 연구시설·장비 구축을 위해 6개 작업그룹으로 나누어 수립된 로드맵
		2016년	23개	A\$1900M (약 16,100억원)		
스웨덴	The Swedish Research Council's Guide to Infrastructure (RFI)	2006년	24개	650M SEK (약 1,000억원)	3년	◦ 과학기술 전 분야에서 중장기적 수요가 있고 최첨단 연구시설에 대한 투자 가이드라인으로서, 예산 신청이 가능한 연구시설과 아직 기획 및 설계가 더 필요한 연구시설 운영비지원이 필요한 연구시설로 구분
		2008년	25개	92,733M SEK (약15조원)		
		2012년	86개	12,369MKR (약21조원)		
		2018년	37개	6,400MKR (약8.6조원)		
프랑스	Research Infrastructures for France (MHER)	2008년	90개	-	20년	◦ 과학기술 전 분야에서 세계 수준의 연구시설 구축을 위하여 국가적으로 구축한 연구시설 투자포트폴리오
		2018년	99개	-		

※ 출처 : 각국의 로드맵 분석결과

## 1.7. 국내 시사점

- 우리나라는 개인연구자 차원의 기초연구인프라의 구축·운영에 중점을 두고 있으나, 주요국은 상향식으로 국가차원의 종합수요를 파악하여 이를 거점형태의 공동활용 체계로 종합하거나 초대형 연구인프라로 구체화하는 프로세스를 마련하고 있음
  - 우리나라는 기초연구인프라에 대한 구축수요를 종합하는 체계가 별도로 마련되어 있지 않아, 개별수요로 파악이 가능하고, 이를 중·소규모의 연구인프라로 구축하고 있음
  - 일부 학회 또는 연구기관은 초대형 연구인프라의 수요를 제기하고 있으나, 대부분의 학회 또는 연구기관은 공동활용이 가능한 중대형 규모의 연구인프라를 수요로 제기됨
  - 현재의 체계에서 파악된 기초연구인프라 수요는 개인연구자 또는 소규모 연구그룹에서 관리 가능한 범위의 연구인프라 수요로 판단할 수 있으며, 혁신적 연구성과와 밀접한 관련이 있는 초대형 연구인프라에 대한 수요 제기는 현재의 시스템 상 한계가 있음
- 기초연구인프라에 대한 투자목표 또는 가용예산범위가 불분명한 상황에서, 실질적 수요파악 및 구체적인 구축계획 마련이 어렵고, 이는 연구인프라의 무분별한 구축·운영으로 연결됨
  - 중소형이하의 기초연구인프라는 개인연구자 중심의 활용 및 운영체제와 연계되기 때문에 전문적 운영이 어려우며, 활용연구자의 연구수행여부에 따라 인프라 활용도가 좌우. 특히 대학의 연구인프라는 운영인력이 대부분 연수인력(대학원생, Post-Doc)으로 연구인프라의 안정적 운영 및 연속성을 담보하기 어려우며, 이는 인프라의 비효율적 운영으로 연결됨
  - 대형기초연구인프라는 대부분 하향식 정책관점으로 구축이 결정되기 때문에, 정확한 수요 및 기반기술 준비여부가 파악되지 않아, 구축 지연 또는 예산증액, 구축 후 활용도 저하로 연결됨

[표 47] 대형연구인프라 구축사업 추진 현황

연번	시설명	부처	당초		변경		비고
			기간	총사업비	기간	총사업비	
1	이사부호	산업부	'10~'13	962억원	~'15(+2년)	1,067억원(+105억원)	완료
2	대전력시험설비	산업부	'11~'15	1,672억원	~'16(+1년)	1,682억원(+10억원)	
3	심해공학수조	산업부	'13~'16	690억원	~'20(+4년)	779억원(+89억원)	
4	4세대방사광가속기	과기정통부	'11~'14	4,000억원	~'15(+1년)	4,038억원(+38억원)	
5	광주전력변환시험센터	과기정통부	'15~'17	230억원	~'20(+3년)	638억원(+408억원)	
6	한국형발사체	과기정통부	'10~'22	1조5,449억원	-	1조 9,572억원(+4,123억원)	진행중
7	중입자가속기	과기정통부	'10~'15	1,950억원	~'24(+9년)	2,598억원(+648억원)	
8	중이온가속기	과기정통부	'11~'17	1조 4,445억원	~'21(+4년)	1조 5,183억원(+738억원)	
9	수출용신형연구로	과기정통부	'12~'16	2,900억원	~'23(+7년)	4,389억원(+1,489억원)	
10	3/4D물리탐사연구선건조	산업부	'18~'23	1,725억원	-	1,873억원(+148억원)	

※ 출처 : 대형연구시설구축 내실화를 위한 사업추진 개선 방안(안)(과학기술정보통신부, 2021)

- 주요국은 상향식 수요를 적극 발굴하여, 연구커뮤니티를 통해 구체화 하고 있으며, 연구 인프라에서 발생하는 데이터 및 자원을 관리하는 인프라도 구축관리대상으로 파악하고 있음
- 대형연구인프라는 과학커뮤니티의 충분한 지지 및 기반기술 준비 여부에 따라 성공적 구축 및 활용성을 담보할 수 있기 때문에, 주요국에서는 연구자의 아이디어를 기반으로 전문가 및 커뮤니티의 1~2년간이 숙의를 거쳐 로드맵등으로 수요를 구체화하고 있음
- 이러한 절차는 해당시설에 대한 충분한 연구수요 및 기술적 준비단계를 파악할 수 있어, 최근 이슈가 되고 있는 초거대 연구인프라의 구축지연을 예방할 수 있음. 또한 해당 연구인프라를 위한 선행 R&D 및 관련인력양성을 추진할 수 있어 구축이후 활용성 제고에도 영향을 미침
- 아울러, 연구인프라의 수요 도출시 연구인프라에서 발생하는 데이터 및 이를 활용하기 위한 기반 인프라도 충분히 고려하여 추진이 가능함

### 【 타국가 사례의 시사점 종합 】

1. 기초연구인프라에 대해 파편화된 구축보다는 전략적 구축이 우선시
2. 인프라의 규모와 상관없이 활용대상자의 범위(국제-국가-지역-개인)에 따라 추진방식을 다르게 설정
3. 하향식 로드맵설계가 아닌 철저한 연구자 중심의 계획마련 및 이를 통한 추진
4. 국가전략과의 일치, 사회적 현안 해결, 협업연구 촉진을 위해 연구인프라를 활용

## 제4부 기초연구인프라 핵심이슈 및 개선방안 도출

---

제1장 기초연구인프라 향후 투자유형 및 방향

제2장 종합

# I. 기초연구인프라 핵심이슈 및 개선방안 도출

## 1. 기초연구인프라 향후 투자유형 및 방향

### 1.1. 기초연구인프라 분석결과에 따른 핵심이슈 도출

- 2부에서 분석한 내용은 기초연구인프라의 투자현황에 대한 분석과 주요국의 기초연구인프라 투자방식을 비교할 때 표48과 같이 요약될 수 있음

[표 48] 우리나라와 인프라현황 및 주요국 비교

현황구분	한국	주요국
기초연구비 규모	증가	증가
기초연구인프라 투자규모	유지 (중소형 확대)	증가 (초대형 확대)
기초연구인프라 주요투자대상	개인연구자의 중소형장비, 범용 대형연구인프라	첨단 대형연구인프라 구축, 이를 활용하는 공동연구 촉발
기초연구인프라 범위 관리범주	시설·장비의 구축	시설·장비, 시료, 데이터의 전주기 관리
국가차원의 계획	없음	로드맵과 별도재원의 포트폴리오

출처: 연구진 정리

- 국내 기초연구인프라 구축현황 및 국외 정책비교에서 도출된 핵심이슈는 혁신적 선도 연구를 위한 기초연구인프라의 체계적 확보방안 마련이 도출
- 3부에서 분석한 내용은 기초연구인프라에 대한 연구현장의 인식현황 및 국내외 기초연구인프라 수요현황으로 표49과 같이 요약될 수 있음

[표 49] 연구인프라에 대한 현장인식 및 주요 수요

현황구분	한국	주요국
기초연구인프라 중요도	높음	-
기초연구인프라 운영방식	연구자 직접운영 및 운영비 조달	전문운영 및 별도재원
향후 수요가 있는 인프라	단기간/대형	장기간/초대형
향후 필요연구인프라의 활용범주	지역, 국가	국제
국가지원계획	없음	연계

출처: 연구진 정리

- 3부에서 도출된 핵심이슈는 구체적인 계획수립을 통해 장기적 관점의 구축·운영·활용체계 마련이 핵심이슈로 정리

### 1.1. 1.2 기초연구인프라의 체계적 확보 방안

- 연구자 주도의 기초연구예산의 확대라는 정책 방향에 따라 해당 사업에 대한 투자가 큰 폭으로 증가하고 있으며, 이에 연구자 수혜율과 논문 성과가 증가하는 등 투자확대에 따른 지원효과가 나타나고 있음
- 기초연구분야는 통상적으로 타 연구 분야보다 연구인프라의 성능이 우수한 연구 성과와 연결되기 때문에 고가의 연구인프라를 구축하여 연구에 활용되고 있음
- 하지만 2부의 기초연구사업을 통한 연구인프라 구축에서 본바와 같이 기초연구인프라의 개별단가는 점차 하락하고 있는 상황으로 평균가격비교에서도 2015년 이전까지는 타분야보다 고가의 장비를 활용하다가 2016년부터 타분야와 평균금액에서 역전

[그림 42] 기초연구분야와 응용·개발연구분야의 인프라평균가격



※ 출처 : ZEUS 등록데이터, 연구진 분석

- 2017년부터 추진한 연구자 중심의 기초연구사업의 확대는 중소형 미만의 기초연구인프라 확대로 이어졌으며, 이는 기초연구사업의 보편성이 확대된 것으로 볼 수 있음

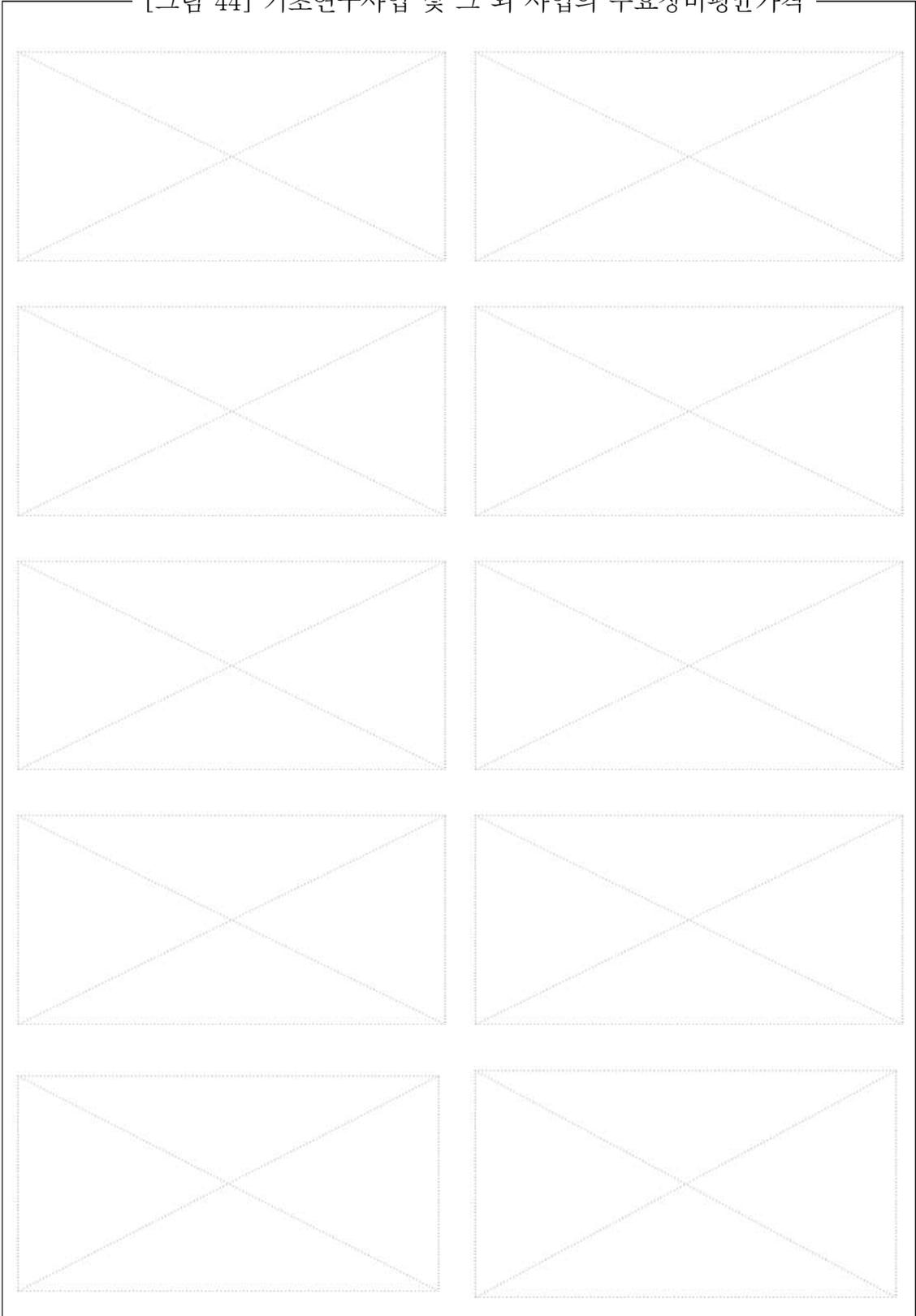
[그림 43] 기초연구사업의 연구인프라 구축수 증감현황



※ 출처 : ZEUS 등록데이터, 연구진 분석

- 연구현장에서 보편적으로 활용되는 범용 연구인프라의 평균 구축금액을 기초연구사업과 그외 사업으로 분류하여 비교해보면 기초연구사업이 좀 더 저가의 장비를 활용하는 것으로 분석

[그림 44] 기초연구사업 및 그 외 사업의 주요장비평균가격



※ 출처 : ZEUS 등록데이터, 연구진 분석

- 기초연구인프라의 소형화는 개인연구자 주도형 기초연구사업의 확대와 연관이 있는 것으로 파악되며, 대형기초연구인프라의 확대를 위해선 지금부터 체계적인 계획 마련이 필요
  - 본 연구의 제안요청에도 기초연구인프라에 대한 국내 수요분석 및 과학적 합의과정 도출에 대한 요구가 있었으나, 타 국가의 사례에서도 알 수 있듯이 단순한 수요파악으로는 연구인프라의 구축, 활용수요의 타당성 및 실현성을 담보할 수 없음
  - 따라서 기초연구인프라의 규모 및 활용범위를 종합적으로 고려한 구체적인 확보 및 활용방안 제시가 필요함
- 연구인프라는 과학기술 연구개발 혁신성과 창출의 기반으로 연구개발 수행에 있어 반드시 필요한 핵심요소(연구과제, 연구인력, 연구인프라)로, 기초연구인프라는 세계적인 연구성과 도출과 연구경쟁력 확보를 위한 가장 중요한 수단으로 노벨과학상 수상의 근원임
  - 특히 대형 기초연구인프라는 국가경제성장에 크게 기여할 뿐만 아니라, 경제·사회적으로 지대한 파급효과를 창출하기 때문에, 안정성과 수월성을 종합 지원하는 기초연구 정책 기조에 맞추어, 기초연구인프라의 규모에 따른 선별적 정책 마련이 필요함
  - 중형미만의 연구인프라는 충분하게 구축되고 있는 것이 파악되고 있으나, 전체투자 규모에 비해 많은 비중을 차지하고 있으며, 개인단위로는 효율적인 운영이 어려운 점을 감안할 때, 기관단위의 공동활용체제로 구축·운영을 유도할 필요가 있음
  - 중대형 연구인프라는 일정 구축규모가 유지되고 있으나, 연구인프라의 구축비용이 점차 상승하고, 수요가 점차 증가하며, 지역 또는 국가단위로 활용되는 특성을 고려하여 거점 단위의 구축·운영을 유도하는 정책 마련이 필요함
  - 대형연구인프라는 연구인프라 활용단위가 국가수준이며 개인 또는 기관단위의 수요 제기로 구축이 어려운 점을 감안하여 국가단위의 수요파악 및 이를 구체화하는 체계와 총량관점의 구축목표를 설정하여, 구축 및 활용을 추진하는 정책 마련이 필요함
  - 특히 연구인프라의 평균구축금액이 상승하고 있으며 이에 따라 활용범위가 변화하고 있는 현실을 감안하여 개인-기관-국가의 활용단위로 연구인프라의 활용범위를 설정하고 이에 따른 기초연구인프라 구축정책 마련이 필요함

## 1.2. 기초연구인프라의 규모 및 활용범위에 따른 확보 및 활용 방안

- 기초연구인프라는 연구인프라의 구축규모와 더불어 활용단위에 대한 고려가 필요함
  - 현재의 구축규모 관점의 연구인프라 분류기준은 투자중심의 분류기준으로 활용목적과는 차이가 있음. 특히 기초연구인프라는 연구자가 수행하는 연구의 수월성에 따라 연구인프라 규모 차이가 매우 큼. 따라서 연구인프라의 활용단위를 개인-기관-지역-국가단위로 설정하고 이에 따른 선별적 투자정책을 제안함
- 개인·그룹단위 기초연구인프라
  - 개인·그룹단위 기초연구인프라는 주로 독점적 연구에 활용되며, 활용수요가 매우 적거나 매우 많아 개별 활용이 유리한 경우에 해당됨
  - 연구수준에 따라 소형 인프라부터 초대형까지 다양하게 분포하며, 주로 연구과제를 통해 구축하는 경우가 많고 운영형태는 연구자가 직접 운영하며, 공동활용보다는 단독 활용형태로 운영되며 운영비 또한 연구과제를 통해 조달하고 있음
- 기관단위 기초연구인프라
  - 기관단위 기초연구인프라는 주로 범용인프라로 초기연구 또는 일상적 분석에 활용되며, 활용수요가 많지 않고 운영비가 많이 투입되는 경우로 기관단위 운영이 유리한 경우에 해당됨
  - 연구수준과는 크게 관련이 없으며 중형인프라가 주로 해당됨. 주로 연구과제를 통해 구축하는 경우가 많고 운영형태는 연구자가 직접 운영하며, 공동활용보다는 단독활용형태로 운영되며 운영비 또한 연구과제 또는 기관을 통해 조달하고 있음
- 거점단위 기초연구인프라
  - 거점단위 기초연구인프라는 고성능의 범용연구인프라가 해당. 주로 안정적인 초기 연구에 활용되며, 활용수요가 기관 또는 지역으로 결합할 수 있음
  - 연구수준에 따라 중형부터 중대형까지 해당되며, 주로 개별연구과제 보다는 집단과제 또는 기관지원사업을 통해 구축하는 경우가 많고 운영형태는 연구자가 직접 운영하며, 연구자가 운영하기보다는 전문운영인력을 통해 운영되며 운영비는 기관의 지원을 통해 조달하고 있음
- 국가단위 기초연구인프라
  - 국가단위 기초연구인프라는 첨단성능을 보유한 연구인프라로 주로 선도적 연구에 활용되며, 활용수요가 매우 적어 국가수준 또는 국제적 수준에서 수요 관리가 가능함
  - 주로 초대형 인프라가 해당되며, 국가의 전략적 목표에 의해 구축되고, 전문기관을 통해 운영하며, 국가가 별도의 운영비 지원이 필요함

- 연구인프라는 초기에는 특정목적용(선도연구인프라)으로 연구에 활용되다가 점차 시간이 흐르면서 다양한 분야에서 사용가능한 보편목적용(범용연구인프라)으로 활용되고, 이어 다시 시간이 흐르며 교육용(교육연구인프라)으로 활용되는 속성을 지님

[표 49] 연구인프라의 성능별 변화주기

구분	(초기) 선도연구인프라	(중기) 범용연구인프라	(말기) 교육연구인프라
기능 수준	세계 최초최고 수준의 첨단적인 사양과 성능	활용되는 분야가 넓어 수요가 높음 사양과 성능	새로운 지식 창출보다는 기존 지식의 확인에 적합한 사양과 성능
활용 목적	(선도형) 독보적이고 획기적인 연구데이터 또는 새로운 영역의 연구데이터 창출	(추격형) 세계 최초는 아니지만, 유사연구가 활발하게 이루어지는 활용성이 높은 연구데이터 창출	(전파형) 기존 지식을 확인·검증 하거나 전파를 위한 연구데이터 창출
주 이용자	해당 연구분야를 선도하는 Power User 그룹	다양한 연구분야의 많은 연구자 및 산업분야 종사자	기존 지식의 보급과 관련된 교육자 및 교육생
선정 방식	(Top-down형) 관련분야의 통찰력 있는 전문가 그룹 검토 방식	(Bottom-up형) 관련분야 연구자 대상 수요조사 방식	(Hybrid형) 교육용으로 활용하기 위한 공급자와 수요자의 매칭 방식

- 기초 연구인프라의 고도화를 지원하기 위해선 기초연구사업의 중점방향 및 활용범위 활용방식 및 성능을 고려한 지원방식의 충분한 고려가 필요함

### 1.3. 중형이하(10억원 미만) 기초연구인프라 고도화 지원방안

- 중형이하 기초연구인프라는 기초연구에 종속되어 운영되는 특성을 가지고 있으며, 주로 범용장비로 해당 연구개발사업 종료이후에도 지속적으로 활용될 수 있음
  - 이러한 중형이하 기초연구인프라는 일방적, 편의적 구축 역제가 아닌 분야별 특성을 반영토록 하여, 최대한 연구자 자율에 맡기되 심의등을 통해 R&D 추진 방향 등의 고려가 투영된 투자유도가 필요. 이는 최근 감소하고 있는 연구인프라 투자규모에도 적절한 대책으로 작용할 수 있음
  - 이를 위해 기초연구개발 전체 투자규모에서 연구인프라의 적정투자 목표를 설정함으로써 연구인프라의 총 투자비용을 고정시키고, 제한된 범위 내에서 연구자간 경쟁 및 우선순위에 따른 구축을 유도하여 투자 효율성을 강화시킬 수 있음
  - 결정된 연구인프라의 투자규모에 따른 세부적인 연구인프라 구축 여부의 결정은 현재의 심의체계를 활용하여 효율적인 투자결정을 수행할 수 있음
- 투자규모의 결정은 별도의 연구인프라 구축사업을 편성하는 것이 아닌 순수 기초연구 사업에서 구축하는 연구인프라에 대해 최대한 연구책임자의 자율성을 보장하며, 과제 활용 이후 전문적 운영이 가능한 곳으로 집적화를 유도하는 정책 필요
  - 중소형 연구인프라는 개인·그룹이 활용하는 연구인프라는 주로 개별 사업목적으로 활용되고, 단독활용의 비중이 높으며, 전문적인 운영 및 체계적인 유지보수가 어려운 경우가 많음
  - 중소형 기초연구인프라는 사업예산 편성시 심의를 통해 활용가능성을 평가하고, 활용은 개인연구자에게 자율성을 부여하는 방식으로 운영하여, 연구현장의 자율성 및 연구인프라의 효율성을 높임
  - 중형(1억원~10억원) 기초연구인프라는 목적상 단독활용 및 개인 또는 기관이 운영하는 경우가 많기 때문에 개인 또는 기관 내 공동활용 집적시설을 통해 운영할 수 있도록 유도함
    - 별도의 사업을 마련하는 것이 아닌 기존 기초연구기반구축사업의 세부사업을 강화하는 방향으로 추진 가능함
    - 이는 현재 과학기술정보통신부와 교육부에서 추진 중인 핵심연구지원시설(Core Facility) 또는 대학의 공동실험실습관 등을 통해 사전에 수요를 파악하고, 연구인프라의 필요성 뿐만 아니라 전문적 운영가능성을 복합적으로 고려하여 구축지원이 필요함
    - 이를 위해, 연구기관내 수요파악절차 마련이 필요하며 충분한 수요 및 전문적 운영가능성 여부를 현행 심의제도를 통해 종합적으로 판단하여 지원하는 제도가 필요함

#### 1.4. 중대형 기초연구인프라의 고도화 지원방안

- 중대형 기초연구인프라의 경우 연구자 주도의 기초연구예산 확대에 따라 공동활용이 가능한 연구인프라의 구축 지원 및 이를 운영하기 위한 연구기관의 육성 및 활용이 필요함
- 기초연구사업의 규모가 급속히 확대됨에도 중대형이상의 기초연구인프라가 확보되지 못하는 이유로는 기초연구인프라를 전문적으로 지원하는 사업이 전무하기 때문임
  - 미국 NSF의 MRI사업의 경우 1억원에서 40억원~60억원 수준까지 지원하고 있음. 그러나 우리나라의 경우 연구인프라 금액이 10억원을 초과하는 경우 취득수가 급격히 감소하고 있음
  - 이러한 현상은 중대형 연구인프라에 대한 수요가 중형미만에 비해 상대적으로 적기 때문이기도 하지만 중대형 연구인프라를 지원하는 통로가 예비타당성 평가를 받는 대형 연구개발사업에 한정되어 있기 때문임
- 이를 위해 (가칭)‘기초연구인프라 고도화지원사업’의 신규편성이 필요. 사업의 기본 방향은 기초연구인프라 지원전략의 질적 전환을 목표로 구축과 초기운영지원을 병행
  - 그간 연구목적에 의해 구축을 지원하는 방식에서 벗어나 중대형 연구인프라의 경우 수요를 파악하고 전문적으로 운영이 가능한 기관에 지원하는 체계가 필요로 함
  - 아울러 현재 구축중심의 연구개발체계에서 연구인프라가 즉시 활용되지 못하는 현실을 고려하여 철저하게 공동활용이 가능하고, 수준 높은 서비스를 제공할 수 있는 기관(조직)을 거점으로 육성하는 정책의 병행이 필요
  - 이전 정책에서도 이러한 거점육성 정책이 있었으나, 거점기관이 연구기능을 보유함에 따라 결국 외부지원보다 내부연구에 치중하는 문제가 발생되었음. 따라서 거점기관에는 철저한 외부지원기능으로 임무 고정이 필요하며, 전문운영인력에 대한 체계적 지원이 필요. 이는 지역별로 혼재된 공동활용 연구인프라의 통합과 연계되는 부분
- (가칭)‘기초연구인프라 고도화지원사업’의 목표는 대학 및 연구기관의 특성화된 첨단 연구 활성화를 위한 공동활용 연구인프라의 구축 및 전문적인 운영체계 구축임
  - 대학 및 연구기관의 특성화방향과 연계된 연구장비 중심의 인프라 구축 지원을 강조 하며, 이를 통해 지역의 특화분야의 기초원천연구역량 및 혁신역량 제고와 이를 기반으로 한 지역산업발전 기여를 목표로 함
  - 특히 중대형 연구인프라의 경우 전문적인 운영관리가 안정적 운영의 필수요소이기 때문에 활용분야별 기초연구인프라 거점을 지정하고 전문적 운영능력의 강화를 명시적으로 지원해야 함. 이는 향후 인프라 활용의 생태계를 육성하여 자립운영으로 연결되는 요소

- (가칭)‘기초연구인프라 고도화지원사업’의 지원대상은 대학과 공공연구기관을 기본 대상으로 함. 다만, 전문적인 운영능력과 안정적인 운영환경이 보장되어야 하기 때문에 개별 기관지원보다는 지역거점을 지정하고 이를 육성하는 형태로 추진하는 것이 필요함
- 지역의 거점기관은 지역 내 기초연구 수행기관과 네트워크를 형성하여, 기관내 공동활용 인프라의 전문운영을 지원하고, 기초연구인프라 생태계의 중심역할을 담당하고 있음
- (가칭)‘기초연구인프라 고도화지원사업’의 추진방법은 다음의 두 가지 방안을 전략적으로 고려하여 추진할 필요가 있음

**(1) 제1안 : 지역별 특성화대학교를 지역거점으로 육성하는 방향**

- 각 지역별로 산재한 특성화 대학들이 각기 특성화 전략을 갖고 기초연구인프라를 구축하는 것이 아니라 지역 특성화 분야와 관련된 분야에 대해 지역 내 공동활용인프라들이 특성화대학을 거점으로 상호 연계하여 기초연구인프라를 구축하도록 지원하는 방법임
- KAIST, GIST, DGIST 등 지역 소재 특성화대학교를 핵심 거점기관으로 하여 주변의 국립대학, 공동활용시설등과 함께 연계하여 기초연구인프라를 구축하는 방법임
  - 특성화대학교의 경우 국립대학교에 비해 상대적으로 구축운영 환경이 우수하므로 특성화 대학교를 핵심거점으로 하여 공간적으로 가까운 국립대학의 관련 분야에 세부적 특화 분야를 발전시킬 수 있음
- 지역 소재 대학들이 각기 경쟁하는 체제에서 벗어나 서로 연관된 분야의 공동발전을 통해 상호 시너지 효과를 창출하기 위한 지원 방법임

**(2) 제2안 : 출연연의 지역분원을 지역 기초연구인프라 거점으로 육성하는 방향**

- 중대형 연구인프라의 안정적 운영에는 연구인프라를 구축·운영할 수 있는 공간과 전문지식을 보유한 운영인력, 안정적 고용환경을 보장하는 기관이 중요한 요소로 작용됨
- 한국기초과학지원연구원이 지역 기초연구인프라의 핵심거점으로 역할을 수행하였으나, 지역 내 경쟁적인 공동활용인프라의 구축으로 인해 역할이 퇴색하고 있음. 하지만 3부의 설문조사와 2부의 통계분석 결과에서 알수 있듯이 중대형 연구인프라의 수요가 지속적으로 증가하고 있음
- 기초과학연구원의 출범으로 중대형 기초연구인프라의 구축은 증가하였으나 대부분 자체 연구단의 연구수행을 위한 인프라로, 현장의 공동활용 수요를 만족시키지 못함
- 따라서 활용분야별 기초연구인프라 거점을 육성하고, 철저한 활용관점의 서비스 및 전문운영체계를 마련하여 기초연구 역량강화를 지원하는 방법임
- (가칭)‘기초연구인프라 고도화지원사업’의 성공을 위해서는 체계적인 수요파악과 안정적 구축·운영 그리고 성과평가를 통한 효율성 제고가 필수요소임
- 또한 기초연구사업 내 연구인프라 공동활용비를 편성하고 사업선정시 구축보다는 공동 활용비 편성을 유도하기위해 연구인프라의 즉시 활용가능여부를 판단하는 것이 중요함

## 1.5. 대형 및 초대형 기초연구인프라의 고도화 지원방안

- 대형 및 초대형 기초연구인프라의 고도화는 앞의 중소형 연구인프라의 큰 방향과 유사하게 두 가지 단계로 진행될 수 있음. 첫 번째로 전체 국가연구개발사업 내 대형기초연구인프라의 적정규모를 산정하여 투자하는 것이고, 두 번째로 거대과학기술분야별 특성을 반영하여 대형 기초연구인프라의 적정규모를 안배하는 것임
- 국가연구개발사업 전체 규모에서 대형 기초연구인프라의 적정 투자 규모를 설정함으로써 대형 기초연구인프라에 대한 총 투자비용을 제한시키고, 제한된 범위 내에서 전략적·정책적으로 우선순위가 높은 인프라부터 단계적 투자에 따른 구축을 유도하여 투자의 효율성을 강화시키는 방안임
- 또한 대형 기초연구인프라에 직접적인 연관관계가 있는 거대과학기술별 안배를 통한 사업별 특성 반영을 통하여 하나의 분야에 편향적으로 구축되지 않도록 조정을 실시하는 것임
- 결정된 대형 기초연구인프라의 투자규모에 따른 세부적인 인프라 구축 여부의 결정은 현재의 국가연구시설장비심의위원회 중심의 심의체계가 아닌 대형기초연구인프라의 구축을 정확히 판단할 수 있는 ‘대형연구시설전문위원회’를 통해 효율적인 투자결정을 수행해야 함
- (적정규모 산정) 대형 및 초대형 연구시설에 대한 국가투자목표를 설정하고 이를 이행하기 위한 별도 재원의 구분을 제안
  - 대형 기초연구인프라의 경우 중대형 기초연구인프라와는 달리 다년간 구축이 진행되며, 총 구축비가 경직되어 있는 특징이 있음
  - 이러한 문제에도 주요 선진국들은 기초과학 발전 및 기술 도약 등 막대한 파급효과를 목적으로 경쟁적으로 구축하고 있으며, 별도의 회계계정 마련을 통한 일정비율을 유지하는 특징을 지님
  - 대형 기초연구인프라는 중대형 기초연구인프라와 달리 여러 해 동안 지속적으로 예산이 투입되어 구축되며, 사업 중단에 따른 피해가 없는 일반적인 연구개발사업과 달리 대형 기초연구인프라 구축사업은 기 투자된 비용의 대부분이 손실 되고 더구나 진행 중이던 인프라의 해체 및 환경처리, 계약 파기 등에 따른 매몰비용이 추가로 발생하는 경우가 많아 사실상 구축을 중단하는 결정이 매우 어려움
  - 예산에 따라 사업의 목표 및 범위를 유동적으로 변경할 수 있는 일반 연구개발사업과 달리, 대형 기초연구인프라는 초기 목표에 따라 건설 및 시설·장비 구축이 시작되므로 총 구축비의 변경이 어려운 경우가 많음

- 대형 기초연구인프라의 투자규모를 일정비율로 제한하는 개념은 일시적으로 많은 인프라가 구축되어 일반 연구개발의 예산까지도 압박하는 문제를 최소화 시킬 수 있음
  - 우리나라의 경우 선진국들과 비교할 때 아직 기초과학 수준이 낮은 상황을 감안할 때 대형 기초연구인프라 구축에 보다 선제적인 투자를 할 필요가 있을 것으로 판단되며, 과거의 투자비중을 고려하여 그 범위를 설정할 필요가 있음. 실제 기초연구사업비에 미국의 기초연구인프라 투자 비용 3%를 적용할 경우 연간 6천억원 정도를 적용할 수 있음
  - 그러나 앞장의 대형 기초연구인프라의 구축비에 대한 현황분석과 위의 투자 전망은 대형 기초연구인프라 구축에 대한 사업비가 아닌 실제 소요되는 구축비의 통계로 대형 기초연구인프라의 사업비 개념으로 접근할 경우 그 투자금액이 보다 증가할 수 있음
  - 또한 대형 기초연구인프라 구축 사업의 사업예산 편성에 대한 별도의 기준이 없으므로, 구축사업의 편성 시 필요한 예산항목만이 반영될 수 있도록 지침 제정이 필요함
- 대형 기초연구 인프라는 구축비용뿐만 아니라 지속적인 운영유지 예산이 투입되는 만큼 이에 대한 관리비용이 고려되어야 함
- 대형 기초연구인프라의 균형투자를 위해선 반드시 선행되어야 하는 것이 바로 대형 기초연구인프라의 투자사업의 별도 계정 설정 및 거버넌스의 구축임
  - 미국의 경우 대형 기초연구인프라 구축 및 운영을 위한 MREFC라는 별도의 계정을 운영하고 있으므로, 자연스럽게 균형투자의 개념이 형성되고 있음
  - 별도의 대형 기초연구인프라 만을 위한 회계계정으로 인하여 대형 기초연구인프라에 대한 정확한 현황 파악이 가능할 뿐만 아니라, 대형 기초연구인프라 구축 로드맵과 연계한 전략적 투자를 통해 타 일반 연구개발사업의 예산 압박 등의 문제 발생의 사전 차단 효과를 거둘 수 있음
- 또한 전체 대형 기초연구인프라의 투자규모와 함께 거대과학기술분야별 대형 기초연구인프라의 투자규모를 결정할 수 있는 역할을 ‘대형연구시설전문위원회’를 통해 R&D 예산조정을 수행하는 부처의 전문기구로 활용할 수 있음
  - ‘대형연구시설전문위원회’는 현재 대형연구시설구축사업의 단계별 검토역할을 담당하고 있으나, 전문위원회의 조정의견을 받아 그 결과를 취합하여 밸런스를 조정하는 역할을 수행하게 할 수도 있음
- 투자과급효과가 큰 대형 기초연구인프라를 선별하여 투자하기 위해서는 현재 사업 관점 위주인 예비타당성조사 방식과 차별화된 대형 기초연구인프라 사전타당성조사를 도입하고, 500억원 이하의 대형 기초연구인프라(50억원 이상)도 조사 대상에 포함시켜 모든 대형 기초연구인프라의 투자를 효율적으로 관리할 필요가 있음

- 또한 구축된 대형 기초연구인프라를 제대로 활용하기 위하여 적절한 운영예산의 투입 및 성과의 일괄 관리 체계가 필요함
  - 구축비를 신청한 대형 기초연구인프라의 예산을 조정하려면 대형 기초연구인프라 마다 평가가 필요한데, 요약 자료와 제한된 시간만으로 평가가 수행되어야 하는 제약이 있어 타당성 평가 등과는 다른 방식이 필요함
- (전략적 로드맵 수립 및 이행방안 마련) 대형 및 초대형 기초연구인프라는 향후 로드맵과 같은 전략수립에도 구체성 및 이행력 보장을 위한 법적 위상 마련 및 체계적인 수립방안 마련이 필요
- 2부에서 조사된 바와 같이 유럽연합은 기초연구인프라를 타국가에 대해 전략적 우위를 점할 수 있는 분야로 특성화하여 구축하며, 이를 통해 우수인력의 확보 및 기술적 수월성을 확보하는 전략을 추진하고 있음
  - 기초연구인프라 로드맵의 수립 및 우선순위 부여를 위해, 관련분야의 연구인력과 연구 단체를 종합한 수립절차를 마련하고 이에 대한 이행력을 강화하는 방안 검토 필요
    - 구체적으로 로드맵 수립 시 한국과학기술한림원과 같은 우수과학기술인과 과총과 같은 과학기술단체의 종합적인 참여가 필요하며, 로드맵에 대해 ‘기초연구법’에 목적 및 활용 방안에 대한 조항을 추가하는 방안을 제안
  - 아울러 대형 기초연구인프라의 고도화를 위해서는 전략적, 정책적, 사회적 고려가 충분이 투영 될 필요가 있으며, 이를 위해 로드맵 수립을 위한 선행연구가 필요
    - 전략적 고려는 매년 거대과학 기술분야별 투자 방향을 고려하여 해당 분야 연구개발 사업의 발전방향을 적용시키는 것이며, 정책(사회)적 고려는 지역적 안배, 국가안보(안전), 미래 활용기술 등 다양한 형태에 대하여 조정함으로써 연구분야 간의 밸런스 조정이 이루어지게 하는 것임
    - 대형 기초연구인프라은 대규모 예산이 상당 기간 투입되는 특수성으로 인하여 구축 기간이 겹치는 여러 개의 대형 기초연구인프라가 추진되는 경우 오랜 동안 예산 편성의 문제를 일으킬 수 있으므로 대형 기초연구인프라의 구축을 결정하는 일관된 체계가 필요
    - 실제로 수요과약을 통해 조사된 대형 기초연구인프라를 동시에 구축 추진할 경우 연간 1조 1천억원이 추가로 발생할 수 있음
  - 따라서 로드맵을 수립하고, 이에 따른 연차별 투자계획(포트폴리오)을 별도로 마련하여 신규 구축비용과 현재 운영비, 유지보수비, 성능개선등과 같은 고정비용의 산출 및 배분이 필요함

## 1. 종합

### 1.6. 우리나라 기초연구인프라의 투자는 증가하나 개별규모는 감소

- 우리나라의 기초연구인프라는 일반연구자 또는 연구기관의 아이디어를 선별적으로 지원하고 이를 구축하는 방식으로, 우리나라와 주요국의 수요를 비교해보면 대부분 단기구축에, 소규모의 연구인프라를 요구하고 있음. 또한 수요에 대해 객관적 검증체계가 마련되어 있지 않아 보완이 필요
- 우리나라는 개인연구자 차원의 기초연구인프라의 구축·운영에 중점을 두고 있으나, 주요국은 상향식으로 국가차원의 종합수요를 파악하여 이를 거점형태의 공동활용 체계로 종합하거나 초대형 연구인프라로 구체화하는 프로세스를 마련
- 기초연구인프라에 대한 투자목표 또는 가용예산범위가 불분명한 상황에서, 실질적 수요파악 및 구체적인 구축계획 마련이 어렵고, 이는 연구인프라의 무분별한 구축·운영으로 연결
- 주요국은 상향식 수요를 적극 발굴하여, 연구커뮤니티를 통해 구체화 하고 있으며, 연구인프라에서 발생하는 데이터 및 자원을 관리하는 인프라도 구축관리대상으로 파악
- 기초연구인프라에 대해 파편화된 구축보다는 전략적 구축이 우선시되며, 인프라의 규모와 상관없이 활용대상자의 범위(국제-국가-지역-개인)에 따라 추진방식을 다르게 설정
- 하향식 로드맵설계가 아닌 철저한 연구자 중심의 계획마련 및 이를 통한 추진하여 국가전략과의 일치, 사회적 현안 해결, 협업연구 촉진을 위해 연구인프라를 활용
- 연구자 주도의 기초연구예산의 확대라는 정책 방향에 따라 해당 사업에 대한 투자가 큰 폭으로 증가하고 있으며, 이에 연구자 수혜율과 논문 성과가 증가하는 등 투자확대에 따른 지원효과가 나타나고 있으나, 기초연구인프라의 개별규모는 감소
- 2017년부터 추진한 연구자 중심의 기초연구사업의 확대는 중소형 미만의 기초연구인프라 확대에 이어졌으며, 이는 기초연구사업의 보편성이 확대
- 일반적인 기초연구사업으로 구축하기 어려운 중대형 기초연구인프라 구축사업은 2014년 종료(고가연구장비구축사업) 되었으며, 대형기초연구인프라 구축사업은 가속기를 기반으로 하는 공동활용연구인프라 구축에 집중됨

## 1.7. 기초연구인프라의 규모에 따른 고도화 방안 마련

- 기초연구인프라는 연구인프라의 구축규모와 더불어 활용단위도 감안하여 차별화된 투자전략 마련이 필요
  - 현재의 구축규모 관점의 연구인프라 분류기준은 투자중심의 분류기준으로 활용목적과의 차이가 있음. 특히 기초연구인프라는 연구자가 수행하는 연구의 수월성에 따라 연구인프라 규모 차이가 매우 큼. 따라서 연구인프라의 활용단위를 개인-기관-국가단위로 설정하고 규모와 활용범위에 따른 선별적 투자정책을 제안
  - 중형이하 기초연구인프라의 고도화를 위한 균형투자는 크게 두 가지 단계로 진행될 수 있음. 첫 번째로 전체 기초연구사업 내 연구인프라의 적정규모를 산정하여 투자하는 것이고, 두 번째로 연구분야별 특성을 반영하여 연구인프라의 적정규모를 안배
  - 투자규모의 결정은 별도의 연구인프라 구축사업을 편성하는 것이 아닌 순수 기초연구사업에서 구축하는 연구인프라의 구축을 연구책임자의 자율에 맡기는 방식으로 추진
  - 중대형 기초연구인프라의 경우 연구자 주도의 기초연구예산 확대에 따라 공동활용이 가능한 연구인프라의 구축지원 및 이를 운영하기 위한 연구기관의 육성 및 활용이 필요. 이를 위해 (가칭)‘기초연구인프라 고도화지원사업’의 신규편성이 필요. 사업의 기본 방향은 기초연구인프라 지원전략의 질적 전환을 목표로 함
  - (가칭)‘기초연구인프라 고도화지원사업’의 지원대상은 대학과 공공연구기관을 기본 대상으로 함. 다만, 전문적인 운영능력과 안정적인 운영환경이 보장되어야 하기 때문에 개별기관지원보다는 거점을 지정하고 이를 육성하는 형태로 추진하는 것이 필요함
  - 대형 및 초대형 기초연구인프라의 고도화는 앞의 중소형 연구인프라의 큰 방향과 유사하게 두 가지 단계로 진행될 수 있음. 첫 번째로 전체 국가연구개발사업 내 대형 기초연구인프라의 적정규모를 산정하여 투자하는 것이고, 두 번째로 기초연구분야의 로드맵의 실행력과 위상을 제고하기 위한 수립체계와 법적근거를 마련하는 것임
  - 대형 기초연구인프라의 투자규모를 일정비율로 제한하고 연차별 종합투자계획을 수립하는 개념은 일시적으로 많은 인프라가 구축되어 일반 연구개발의 예산까지도 압박하는 문제를 최소화
  - 대형 기초연구인프라의 균형투자를 위해선 반드시 선행되어야 하는 것이 바로 대형 기초연구인프라의 투자사업 별도 계정 설정 및 거버넌스의 구축으로 투자과급효과가 큰 대형 기초연구인프라를 선별하여 투자하기 위해서는 현재 사업관점 위주인 예비타당성조사 방식과 차별화된 대형 기초연구인프라 사전타당성조사를 도입하고, 500억원

이하의 대형 기초연구인프라(50억원 이상)도 조사 대상에 포함시켜 모든 대형 기초 연구인프라의 투자를 효율적으로 관리할 필요

- 아울러 기초연구인프라 로드맵에 대한 실행력 강화 및 위상제고를 위해, 우수한 기초 연구자가 참여하는 로드맵 수립체계 마련 및 법적 위상 제고를 제안

## 2. 연구의 한계 및 향후 연구과제

- 본 연구는 기초연구인프라의 중장기지원을 위해 국내외 기초연구지원을 위한 연구시설 현황분석을 실시하고자 하였으나, 기초연구분야라는 구분의 모호성으로 인해 원래 목표 하였던 분석이 충분하게 이루어지지 않았다는 한계가 있음
  - 국내외 기초연구시설의 종류 및 확보 현황, 사용자 현황은 전체시설로 한정하여 파악이 가능하나 이를 기초연구단계로 구분하는 것에는 한계가 있음. 아울러 연구인프라별 특성에 따라 인프라의 활용방식 및 사용자의 극명한 차이가 있어, 일부 연구인프라로 한정하여 시사점을 도출하는데 한계가 있었음
  - 따라서 본 연구에서는 국내의 전체연구사업과 기초연구사업으로 구축한 연구시설·장비현황으로 한정하여, 구축추이를 분석하고, 기초연구를 수행한 연구자를 대상으로 설문조사를 실시하여 간접데이터를 파악하였음
  - 또한 국외 연구시설현황은 자료수집 방식의 한계로 인해 향후 수립계획 및 전망, 관련정책으로 대체 분석하였으며, 국내 데이터와 비교는 정성적인 판단에 근거할 수 밖에 없었음
  - 하지만, 기초연구인프라의 구체적 투자목표가 설정된다면 이에 대한 연구는 꼭 필요하기 때문에 향후 구체적 연구방안을 마련하여 수행이 필요
- 본 연구의 주요목표는 기초연구시설의 미래수요조사 및 분석이 목표였으나, 수차례 수요조사에도 불구하고 객관적 자료가 확보되지 않아 구체적인 수요를 제시하지 못한 한계가 있음
  - 연구계획에서도 제시한 출연연, 대학, 학회(연구커뮤니티), 연구자 대상수요조사를 실시하였으나, 연구관점의 접근에 따른 낮은 회신률 및 단기간에 개인적 관점에서 필요한 연구수요를 제시하여, 객관적 수요로 판단하기 어려웠음. 이는 해외 사례와의 비교에서도 명확하게 판단가능한 부분
  - 향후, 기초연구인프라 또는 국가차원의 연구인프라 로드맵의 법적 근거 마련 및 합의체계 강화를 통해 실천력 및 이행력을 강화한다면, 과학적 합의 도출이 가능한 로드맵 수립이 가능할 것으로 판단됨. 단기간에 이에 대한 제도적 보완 방안을 마련하여 이행이 필요
- 본 연구의 목표중 하나는 향후 수요를 기반으로 제한된 재원을 고려한 우선순위를 결정하는 것이었으나, 일차적으로 객관적인 수요가 파악되지 않았으며 이차적으로 제안된 예산범위를 설정할 수 없는 한계가 있었음
- 이를 위해 본 연구에서 제안한 규모 및 활용분야에 따른 기관-거점-국가적 집적인프라의 육성 및 대형·초대형인프라 투자계획 마련을 구체화하기 위해, 세부 이행계획 수립에 대한 추가 연구가 필요함

□ 기초연구인프라 투자현황에 대한 성과분석 또한 향후 투자방향 결정에 있어 매우 중요한 요소이나, 별도의 성과측정 방법에 대한 추가연구가 필요함

○ 성과는 생산성(productivity), 비용 대비 효과성(cost-effectiveness)과 같은 결과적 가치만이 아니라 성취의 과정을 포함하여 운영의 효율성(Operational efficiency), 이용자의 만족도(Satisfaction), 서비스의 질(Service quality)등의 다차원적(Multi-dimensional)개념임

○ 공공목적의 연구인프라는 각각의 구축운영목표가 있으며, 이에 따라 연구시설의 운영을 수행함. 이러한 연구시설의 성과에 대해 과학적 성취(논문, 특허 등)나 투자에 대한 재정적 수익창출을 주로 활용하는 전통적인 성과측정 방식만으로 평가하기에는 무리가 있음.

○ OECD GSF는 연구시설의 성과평가가 어려운 점은 다음과 같이 설명함.

① 연구시설의 구축목적은 과학기술 커뮤니티에 최첨단 연구개발을 촉진하는 양질의 서비스를 제공하는 것이며 이에 많은 결과가 연구시설 자체가 아니라 연구자가 직접 생성하고 있기 때문에 산출되는 성과는 간접적으로 나타남. 따라서 연구자의 성과를 온전한 시설의 성과로 측정하기는 어려움

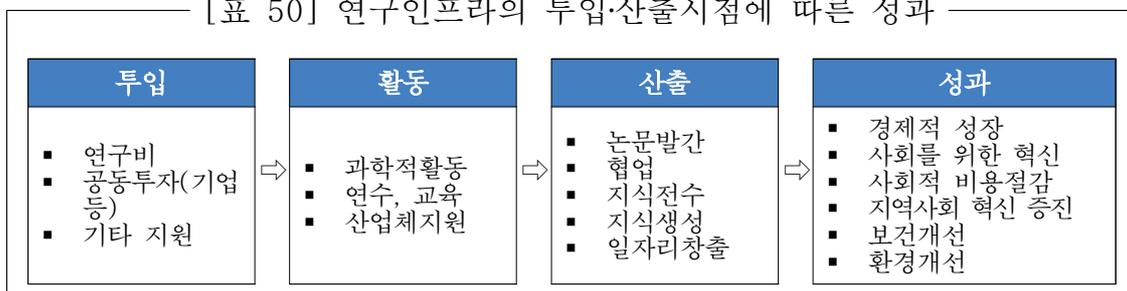
② 연구시설에는 서로 다른 전략적 비전과 목표를 가진 여러 이해 관계자가 있으며, 유사한 연구시설 라도 구축목적이 다름. 아울러, 사용자마다 다른 기대치를 가지고 있기 때문에 성과측정이 어려움

③ 연구결과는 불확실하고 비선형적일 수 있으며, 결국 동일한 과학적 결과일지라도 연구 시설에 따라 달라질 수 있음. 따라서 특정 연구시설 내에서 생성 된 성과를 평가하기가 어려울 수 있음

④ 연구에 따라 소요되는 시간의 차가 매우 크다. 실험과 발견 사이에 오랜 시간이 걸릴 수 있기 때문에 시설의 성과를 특정 기간으로 판단하는 것은 온전한 성과측정을 방해함

○ 아울러 연구시설의 성과는 전주기 단계에 따라 수집시기가 달라질 수 있음

[표 50] 연구인프라의 투입·산출시점에 따른 성과



※ 출처 : Adapted from CSIRO (Barratt, Wang and Binney, 2016). 연구진 재작성

- 기초연구인프라의 성과평가를 위해서, 기존 국내사례를 파악하고자 하였으나, 성과 측정자료는 대부분 민감한 자료로 측정방식 및 결과가 대외에 공개되지 않으며, 기초 연구인프라에 대한 구분기 명확하지 않은 상태에서 성과측정은 시도할 수 없음
- OECD GSF은 연구시설의 과학적, 사회적 경제적 성과측정을 위해 다음과 같이 연구시설의 성과를 정의하였고 58개의 표준지표를 제시

연구시설의 성과는 연구시설의 구축운영을 통해 발생하는 긍정적, 부정적 또는 의도하거나 의도되지 않은 효과 및 예상되는 정도 이다.

출처 : Reference framework for assessing the scientific and socio-economic impact of research infrastructure (OECD GSF, 2019). 연구진 재작성

- OECD는 지표를 도출하기 위해 다양한 이해관계자 대상으로 인터뷰를 실시하였으며, 다양한 지표 도출을 위해 <표 4>와 같은 연구시설의 전략적 목표를 도출하였다. 이를 통해 연구시설이 과학적, 기술적, 교육적, 경제적, 사회적 파급효과가 있음을 도출하였다.

[표 51] 연구인프라의 전략목표

순번	전략
1	국가적, 세계적으로 과학을 리드하고 지원하는 연구시설
2	혁신을 지원하는 연구시설
3	지역클러스터나 지역전략과 통합되어 지역의 연구협업을 촉진시키는 허브
4	교육적 봉사활동 및 지식의 이전 촉진
5	공공정책을 위한 과학적 지원제공
6	데이터의 생산 및 활용과 개방을 위한 정책
7	사회적 책임의 인지 및 이행

출처 : Reference framework for assessing the scientific and socio-economic impact of research infrastructure (OECD GSF, 2019). 연구진 재작성

- 이러한 전략적 목표에 따라 성과측정을 위한 지표를 도출. 지표는 25개의 핵심지표와 58개의 표준지표로 구성되어 있으며, 세부적인 내용은 다음과 같음

[표 52] 연구인프라의 성과지표

분류	지표	지표설명
과학적 성과(S)	논문수	시설을 통해 발생된 과학적 논문
	인용횟수	관련 논문수와 질

분류	지표	지표설명
	상위 피인용저널 논문수	최고수준의 저널이 수록된 논문수
	수행한 과제수	연구시설을 통해 수행하는 과제수
	연구시설의 매력	연구시설의 사용신청건수 및 비과학적 사용건수
	과학적 사용자 수	사용자수 및 우수과학자수, 국가분포
	사용자만족도	연구시설사용자를 대상으로 하는 사용자 만족도
	사용자의 과제 우수성	총 과제수대비 과제 비용의 비율과 과제내 세부과제수
	과학적 협업 우수성	총 응용프로그램수 및 공동보조금등
	과학커뮤니티 결성기여	연구시설을 통해 결성된 과학적 커뮤니티수
	동일 지역대학과 공동저술논문	시설이 위치한 지역의 대학과 공동연구로 발간한 논문수
	오픈데이터의 생산과 사용	개방 데이터 건수 및 활용건수
	데이터 개방성	연구시설 데이터의 사용건수 및 접근 권한부여건수
	디지털 자원의 개방성	디지털 자원의 접속건수 및 디지털 자원 요청건수
기술적 성과(T)	국가연구비	국가 연구비 수 및 총액
	국가전략산업과의 협업	국가기업 또는 주요 기업과의 협업과제수
	특허	특허출원건수
	상업적 용도의 특허	특허를 통한 경제적 가치
	기업과 공동특허	기업과의 공동특허건수
	기업과 공동 개발한 혁신	기업과 공동 개발한 혁신의 수
	기업과의 공동기술개발 과제	기업과 공동개발한 기술건수
	산업체 근무 연수생	민간부분에서 근무하는 학생수
	기업이 자금을 지원하는 과제	기업이 자금을 지원하는 과제건수
	기업파트너와 협력과제	기업과의 협력과제 건수
	시설을 사용하는 지역기업	지역기업의 사용건수
	지역기업파트너와의 협력과제	지역파트너 기업과의 협력과제 건수
	데이터 공유	공공 및 민간에서의 데이터 요구건수 및 사용수
	상업적 데이터서비스	상업적 데이터의 건수 및 매출액
상업적 데이터 사용량	브라우저나 다른 방법등을 통한 사용량	
경제적 성과(E)	지역에서의 총 지출	지역내 기업등과의 공급계약등 지역내 총지출액
	공공조달 및 계약	지역내 기업에 대한 공공조달건수
	총 방문자 및 사용자	유상 사용자 및 방문자수
	신규 납세자	최소 3년이상 지역에 거주하는 지역
	시설의 지역 정규직원	연구시설에서 근무하는 지역에서 선발된 정규직원수

분류	지표	지표설명
	지역내 공급업체수	동일지역내 공급업체수
	직원수	전체 정규직원수
	연구시설에서 분사된 기업수	연구시설을 통해 분사된 기업수
교육훈련 성과(H)	연수생의 만족도	연수생의 설문조사를 통해 도출된 만족도
	훈련을 위한 데이터사용건수	교육훈련을 위해 사용된 데이터 사용건수
	지역 내 졸업생수	연구시설을 사용하는 지역대학의 석·박사 재학생수
	시설에서 훈련받은 학생의 경력	시설에서 훈련받은 학생의 경력
	연수생을 위한 보조금	연수생에게 지급되는 보조자금 규모
	연수생의 분포	연수생의 분포 및 교육받은 학생의 수
	우수학생을 위한 프로그램수	석박사 과정생을 위한 프로그램수
	교육적 외부활동	외부인을 위한 과학적 공개활동
사회적 성과(O)	공공정책 지원을 위한 전문가활동	공공정책지원관련 컨설팅 및 보고서수
	공공정책지원을 위해 사용되는 자원	공공정책의 지원을 위해 사용되는 시설 자원
	공공정책을 지원하는 시설연구자수	공공정책 지원을 위해 참여한 연구자수
	공공정책 지원을 위해 사용되는 데이터 수	공공정책의 지원을 위해 사용되는 데이터베이스 같은 자원
	대중의 인식	연구시설의 웹사이트등을 방문하는 사용자수
	대중공개횟수	온라인, 미디어등에 공개된 횟수
	연구시설의 인기도	연구시설 소셜미디어 팔로우 수
	지식공유건수	연구시설에서 진행한 세미나등에 참여한 참여자수
	일반대중 개방건수	연구시설이 진행한 외부 이벤트 참여자수
	에너지 사용량	에너지 절약관점에서 연구시설의 에너지 사용량
	폐기물 관리	환경보호관점에서의 폐기물 관리성과
	성균형과 다양성	직원의 성별분포 및 직원 구성의 다양성
사회적 책임 척도	시설의 윤리적 지침 및 내부 설문조사 등	

출처 : Reference framework for assessing the scientific and socio-economic impact of research infrastructure (OECD GSF, 2019). 연구진 재작성

- 이러한 다양한 지표를 활용하여 연구인프라의 성과를 측정할 수 있으나, 이러한 데이터 수집 시 연구행정이 과도하게 소요되기 때문에 이러한 성과분석은 후속연구로 추진함

## 참고문헌

---

Ammon J Salter et. al.(2000), 「Talent, not technology: the impact of publicly funded research on innovation in the UK」

Nelson, R.(1959), 「The Simple Economics of Basic Science」, Journal of PoliticalEconomics, 6. pp. 304-305」

Arrow, K. J.(1962), 「Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention」,The Rate and Direction of Incentive Activity, Princeton Universtiy Press, p. 618.」

이민형·김계수(2008), 「기초연구 투자 확대에 따른 기초연구사업 관리체제 발전 방안」, 과학기술정책연구원

윤수진, 함선영, 윤성용, 손미림.(2020), 「기초연구 유형별 중장기지원 전략 연구」, 한국과학기술기획평가원

신애리·윤수진(2017), 「신정부의 기초연구 투자를 위한 정책제언」, 한국과학기술기획평가원

과학기술정보통신부(2018), 「2019년도 기초연구사업 시행계획」

과학기술정보통신부(2020), 「대형가속기 장기로드맵 및 운영전략(안)」

과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원(각 연도), 「국가연구개발사업 조사·분석보고서」

과학기술정보통신부·국가연구시설장비진흥센터(각년도), 「국가대형연구시설 실태조사 보고서」

과학기술정보통신부·국가연구시설장비진흥센터(각년도), 「국가연구시설장비 조사·분석 보고서」

과학기술정보통신부·한국연구재단(각년도), 「과학기술정보통신부 기초 연구사업 추진 방향」

과학기술정보통신부·한국연구재단(각 연도), 「과학기술정보통신부 주요 연구개발 사업 성과분석보고서」

관계부처합동(2018), 「문재인정부의 기초연구진흥 기본방향, -제4차 기초연구진흥중 장기계획('18~'11)(안)」, 국가과학기술자문회의 심의회의

관계부처합동(2018), 「국가연구시설·장비의 운영·활용 고도화계획(안)(2018~2022)」

교육부·한국연구재단(각 연도), 「교육부 학술연구지원사업 성과분석보고서」

국가과학기술위원회·국가연구시설장비진흥센터(2010), 「국가대형연구시설구축지도」

국가과학기술위원회·국가연구시설장비진흥센터(2012), 「국가대형연구시설구축지도」

권명화 외(2018), 「연구현장 중심 기초연구지원 전략에 관한 연구」, 한국과학기술 기획평가원

김가윤(2019), 「미국 과학기술정책과 우리나라에의 시사점」, 정보통신정책연구원

문부과학성·JSPS(2018), 「Grants-in-Aid for Scientific Research Creating New Knowledge. For Shaping and Transmitting World-leading Knowledge Assets」

박광균 외(2015), 「학문분야별 특성을 고려한 기초연구 지원 사업 개선」, 미래창조과학부

박귀순 외(2018), 「대학의 연구자 주도 기초연구에 대한 주요 정책 이슈 고찰」, 기술혁신학회지, 21(3), 938-968

박귀순·김해도·장경수(2018), 「대학의 연구자 주도 기초연구에 대한 주요 정책 이슈 고찰」, 기술혁신학회지, 21(3), 938-968

박철승 외(2019), 「기초연구 분야별 지원체계 구축 연구」, 한국연구재단

서행아(2016), 「중국 「13차 5개년 국가 과학기술혁신 계획」 특징과 시사점」

신애리 외(2018), 「재정소요 전망에 따른 기초연구분야 중장기 투자포트폴리오 수립 연구」, 한국과학기술기획평가원

유경만 외(2010), 「대형 연구시설·장비 로드맵 수립에 따른 활용방안 연구」 유경만, 원동규, 이훈현, 윤동훈, 김동우, 황은정, 명보미, 조장현(2012),

윤대상(2018), 「중국 과학기술혁신 정책 동향과 한·중 협력방안」, 한국과학기술기획평가원

이윤빈 외(2015), 「학문분야별 특성을 고려한 개인기초 연구과제 지원 방안 연구」, 한국과학기술기획평가원

이찬구(2015), 「기초연구 분야 연구장비 관리체계 발전방향」, 사회과학연구, 26(1), 269-296

한국과학기술기획평가원(2018), 「일본의 연구개발 동향」

국가연구시설장비진흥센터(2011), 「대형연구시설 매뉴얼 Large Facility Manual(NSF)」

국가연구시설장비진흥센터(2012), 「대형연구시설의 역할과 부가가치」

국가연구시설장비진흥센터(2014), 「기초연구 인프라 정의·범위 및 중요성」

국가연구시설장비진흥센터(2015), 「국가대형연구시설의 구축현황 조사·분석」

국가연구시설장비진흥센터(2017), 「해외 주요국의 연구 시설장비 관리체계 현황」

국가연구시설장비진흥센터(2020a), 「국가별 연구인프라 투자결정 및 모니터링 체계 분석 및 중요이슈 도출 - 투자 거버넌스 체계를 중심으로」

국가연구시설장비진흥센터(2020b), 「국가연구시설의 예산투입 구조분석과 효과적 투자전략 모색」

한국연구재단(2009), 「미국과학재단(NSF) 평가백서 Merit Review Process 2009」

한국연구재단(2018b), 「JSPS의 학술시스템연구센터와 PO제도」

한국연구재단(2019a), 「미국 및 일본의 연구비 지원제도 소개」

한국연구재단(2019b), 「미중일의 과학기술정책 및 연구개발 동향 비교」

한국연구재단(2019c), 「주요국의 과학기술정책 및 연구개발 동향 (1) 중국」

한국연구재단(2020), 「기초연구사업 투자성과 분석」



## 부록

---

## &lt; 안내문 &gt;

안녕하십니까?

국가연구시설장비진흥센터 기초연구분야 인프라 정책담당자입니다. 본 센터에서는 기초연구분야 연구인프라의 활용현황 및 향후 수요에 대한 정책적 지원방안에 대한 연구를 진행하고 있으며, 이에 기초연구 수행경험이 있으신 분을 대상으로 과거 연구시 연구인프라에 대한 활용형태에 대한 조사를 실시하고자 합니다.

바쁘시더라도 귀한 시간을 내어 주셔서 이번 설문조사에 응해주시기를 부탁드립니다. 귀하의 소중한 의견이 정책 수립에 유용하게 반영될 수 있도록 많은 협조와 지원을 당부 드립니다.

(조사대상) '16~'20년도 기초과학분야 연구과제의 연구책임자

(조사기간 및 문의처)

- 조사기간 : **2021년 9월 6일(월) ~ 9월 24일(금) 18:00까지**
- 회신방법 : 온라인 설문조사
- 조사문의 : [facility@nfec.go.kr](mailto:facility@nfec.go.kr)

2021년 9월 6일  
국가연구시설장비진흥센터

## ① 응답자 정보



④ 귀하께서 기초연구과제를 수행하면서 활용하신 연구시설·장비의 운영비용 및 운영인력, 유지보수 방법에 대해 기입해주시기 바랍니다.

구분	설문내용
연평균 연구시설·장비 운영비용규모	<input type="checkbox"/> 100만원 미만 <input type="checkbox"/> 100만원이상~500만원미만 <input type="checkbox"/> 500만원이상~1천만원미만 <input type="checkbox"/> 1천만원이상 ~ 3천만원 미만 <input type="checkbox"/> 3천만원이상~1억원미만 <input type="checkbox"/> 1억원 이상
핵심연구시설장비에 투입되는 운영인력규모	<input type="checkbox"/> 없음 <input type="checkbox"/> 1명~5명 <input type="checkbox"/> 6명~10명 <input type="checkbox"/> 10명이상
운영인력의 형태	<input type="checkbox"/> 전담운영인력 <input type="checkbox"/> 연구인력 <input type="checkbox"/> 연수인력(포닥, 대학원생 등) <input type="checkbox"/> 기타 (내용작성 : _____)
유지보수 방법	<input type="checkbox"/> 직접 <input type="checkbox"/> 전문유지보수 업체 <input type="checkbox"/> 없음

⑤ 귀하께서 연구시설·장비 활용 시, 애로사항이나 필요한 정책이 있다면 자유롭게 기재하여주시기 바랍니다.

○

※ 귀중한 시간을 내어 설문지를 작성해 주시어 진심으로 감사드립니다.

## 기초연구 인프라 수요조사서

2021. 5.

제안하는 연구시설(인프라)명 :

제안 기관 및 작성자 정보

제안 기관	기 관 명		
	성 명		
작성자 정보	부 서 명	직 위	
	연 락 처	(TEL ) (HP)	E-mail 1 @

※ 본 수요조사표 작성 시 궁금하신 점이 있을 경우, 언제든지 국가연구시설장비진흥센터([facility@nfec.go.kr](mailto:facility@nfec.go.kr), 042-865-3482)로 연락주시면, 성심성의껏 답변해드리겠습니다.

<b>연구시설명</b>	(국가적 차원에서 과학기술 발전을 위해 신규로 구축·운영해야 할 시설(장비)이나 기 구축 시설 중 업그레이드가 필요한 시설을 제안)
<b>제안 연구시설</b>	
○ <b>연구시설 개요</b> (시설의 정의, 원리, 구성, 특성 등 제시, 300자 이내) -	
○ <b>목표사양</b> (시설의 목표사양 및 성능 등 제시, 100자 이내) -	
<b>제안 배경</b>	
○ <b>필요성</b> (제안 시설의 국가 또는 산업적 필요성, 응용·활용성 등 제시, 300자 이내) -	
○ <b>현황</b> (제안 시설의 구축 추진현황, 기 구축 현황 등 제시, 300자 이내) -	
<b>혁신성</b>	
○ <b>독창성</b> (현재방식과는 다른 새로운 관점 및 현재·미래의 수용력 등 제시, 200자 이내) -	
○ <b>국외 협력등의 혁신연구의 가능성</b> (제안 시설을 통한 혁신연구 가능성 및 예상수요, 100자 이내) -	

유사성			
○ 국내외 동일 시설에 대한 설명 (100자 이내) -			
○ 국내외 동일 시설을 이용 못하는 이유와 제안시설과의 차별성 (제안 시설(장비)의 구축 및 업그레이드 결과 예측되는 영향 제시, 100자 이내) -			
○ 국내·외 주요 활용 예상 수요처 (주요 수요자 및 국외활용 범위 등 제시, 100자 이내)			
예상시기			
○ 구축기간 : 총           년,   ○ 투입시기 :           년 이후,   ○ 예상수명 : 년			
예상비용 및 인력			
구축예상비용 * (실제 투자비용)	(연간) 억 원	운영비용 (인건비, 수수료 등)	(연간) 억 원 (최초 5년합) 억 원
유지보수비용	(연간) 억 원	운영인력	(연간) 명
해외유사시설	시 설 명 : 시설명(국가명) 웹사이트 : (제안 시설 관련 참고할만한 웹사이트 주소를 제시)		