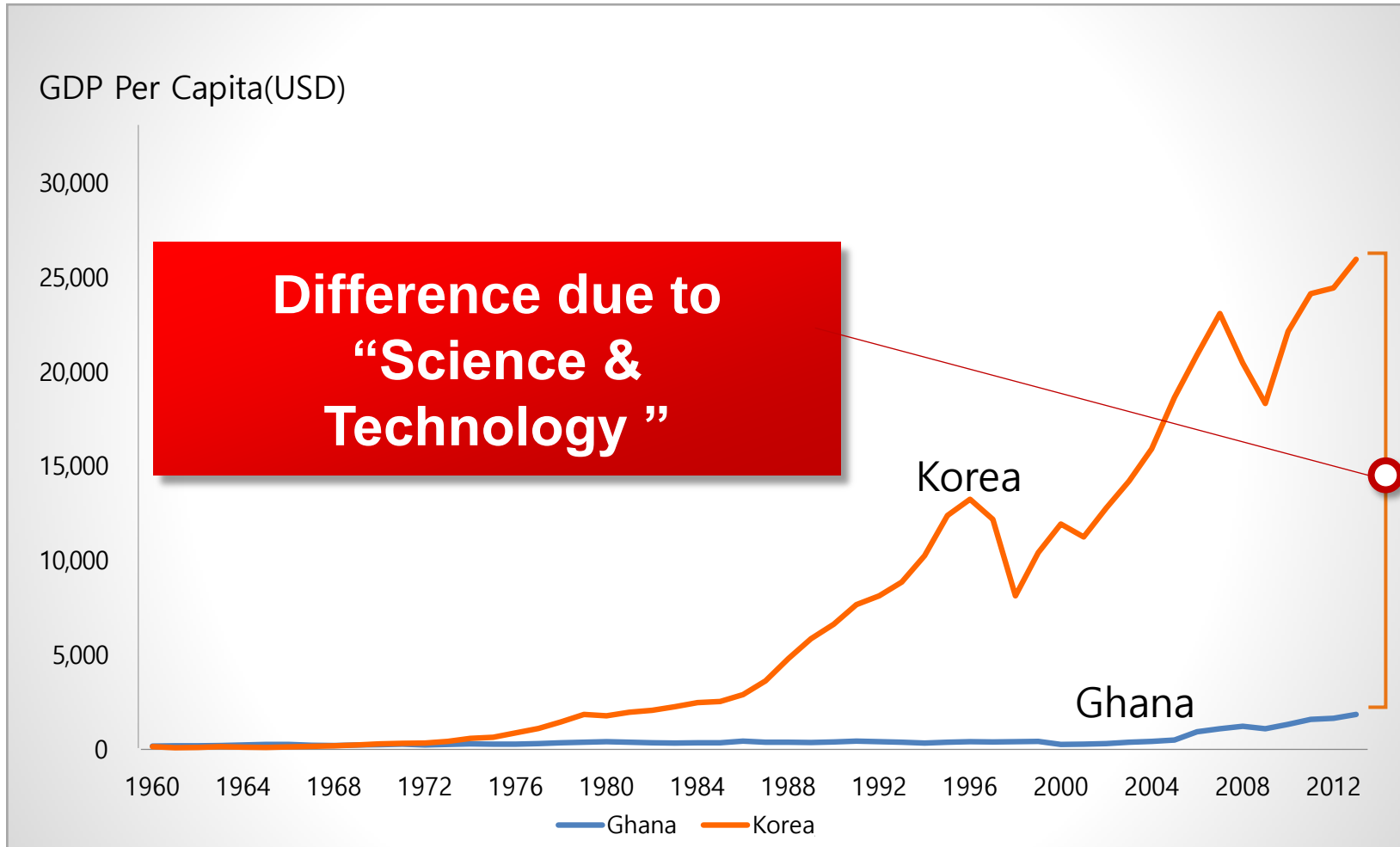


거대연구시설과 기초과학, 추진현황과 과제?

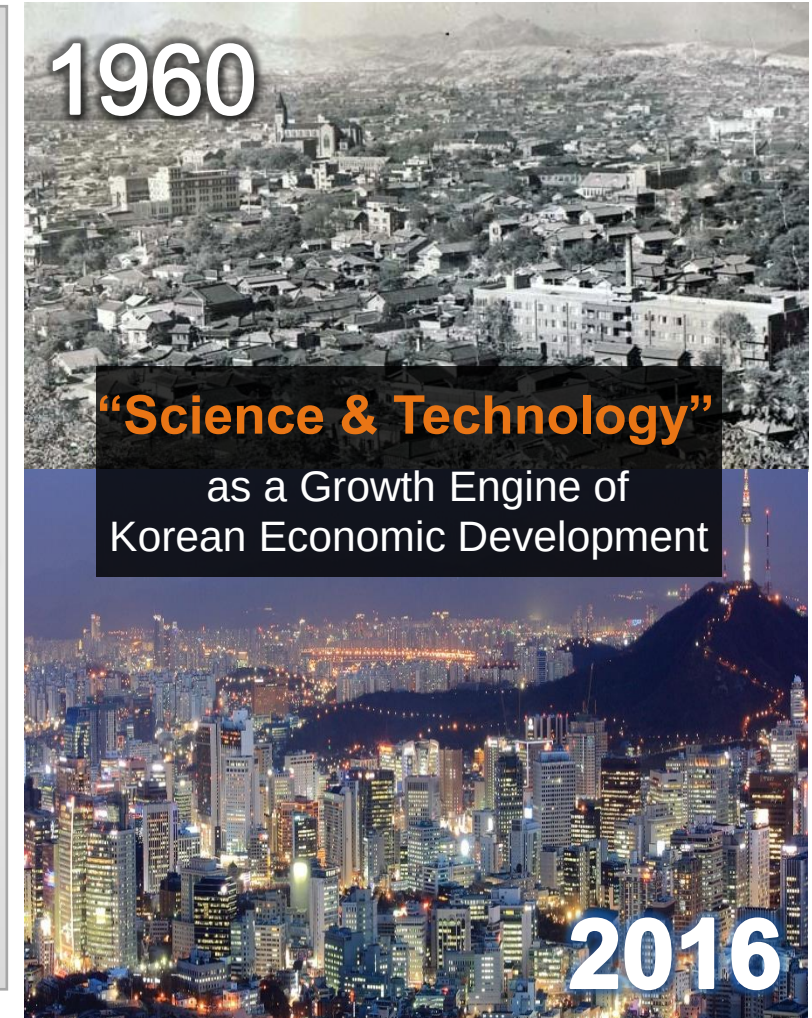
2016. 11. 16

유 경 만

과학기술은 국가 성장엔진

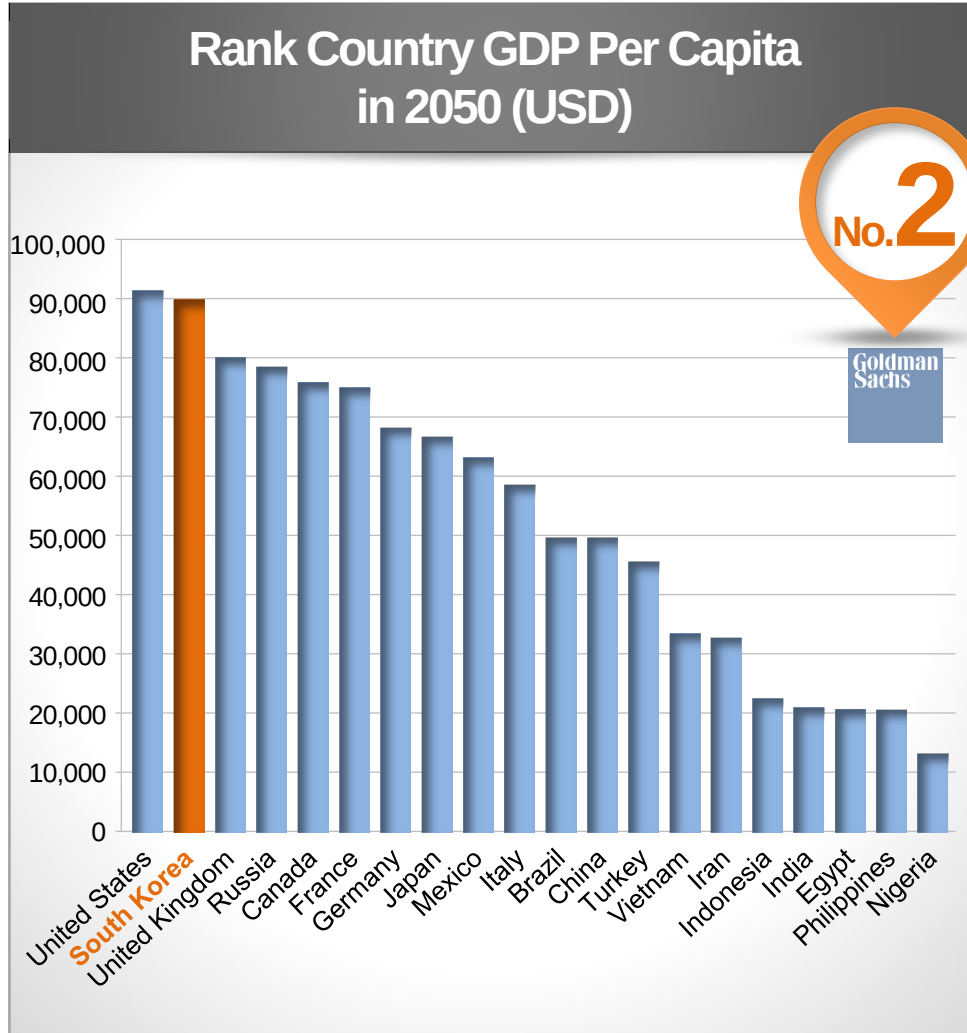


Source : World Bank Data(1999) and Modification by Dr. Kyung Man You

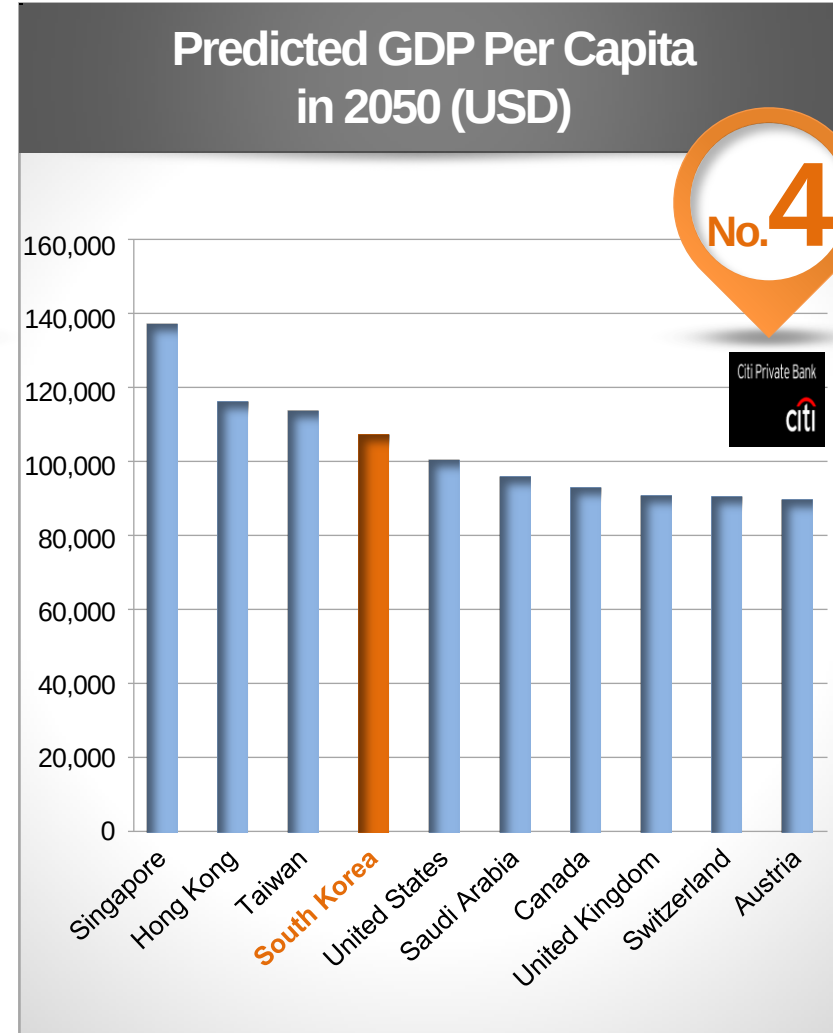


2050년 대한민국 경제성장 전망

■ Estimated GDP Per Capita in 2050



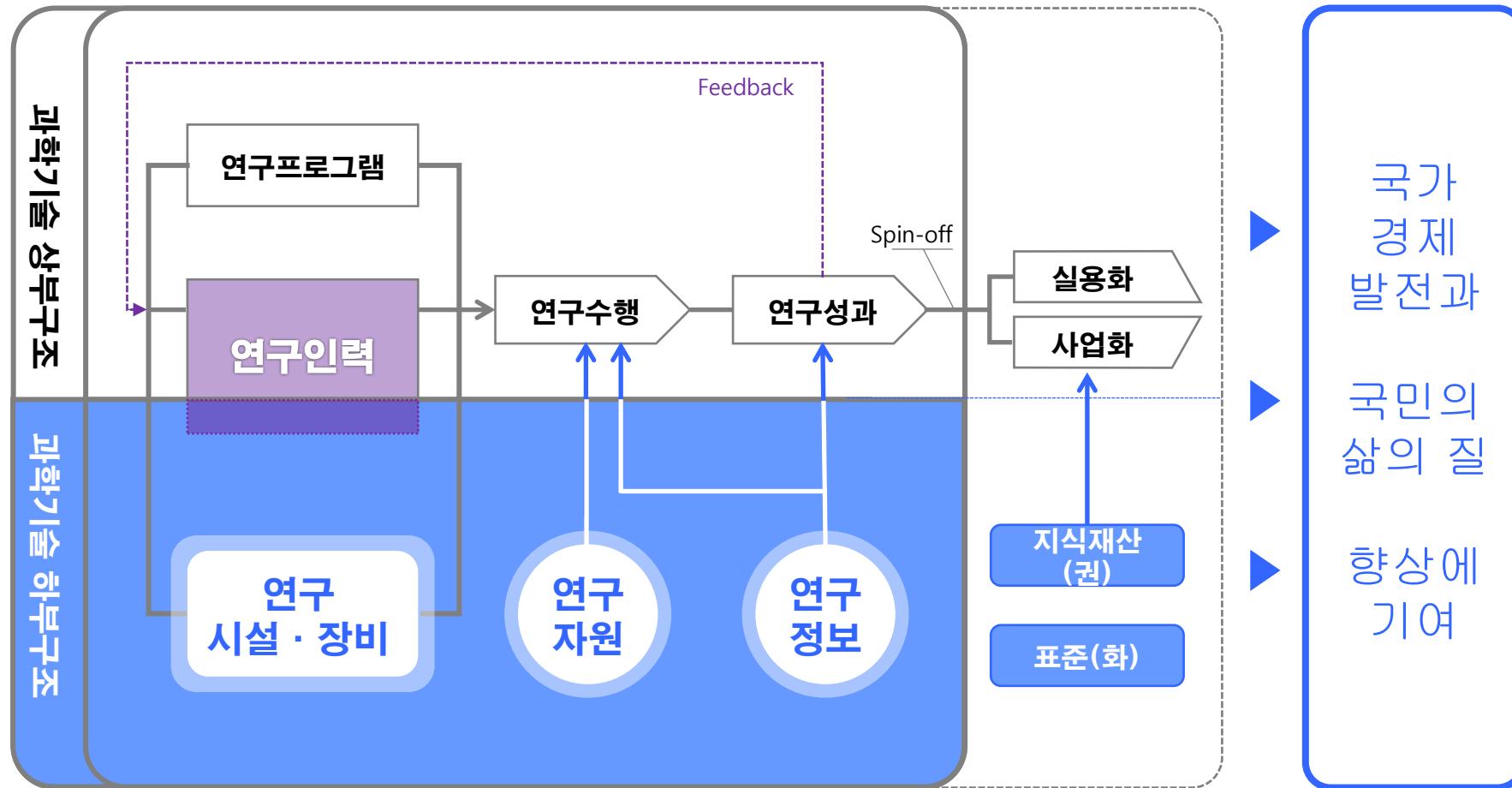
Source : Projection of 20 largest economies in 2050, Goldman Sachs



Source : Top 10 wealthiest countries in 2050, Citi Private Bank



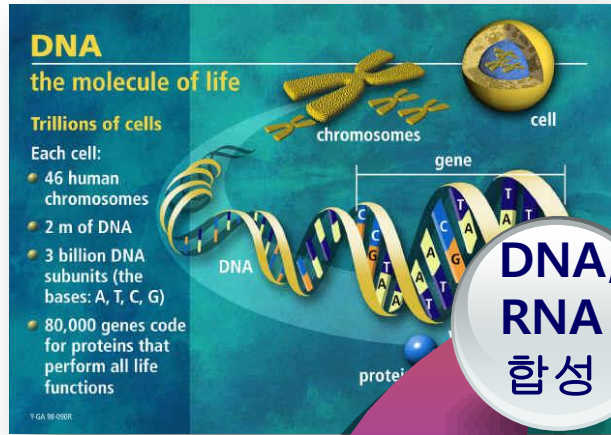
과학기술의 상부구조와 하부구조



인류의 삶에 큰 영향을 미치고 있는 과학기술의 출발점은 기초과학 연구



나선구조에서 정밀의료까지



DNA
이중나선
구조



DNA,
RNA
합성

유전정보의
해독과 단백질
합성에서의
역할

핵산의
염기서열
결정법 고안

인간게놈
프로젝트

정밀의료



원자 연구에서 원자력에너지까지



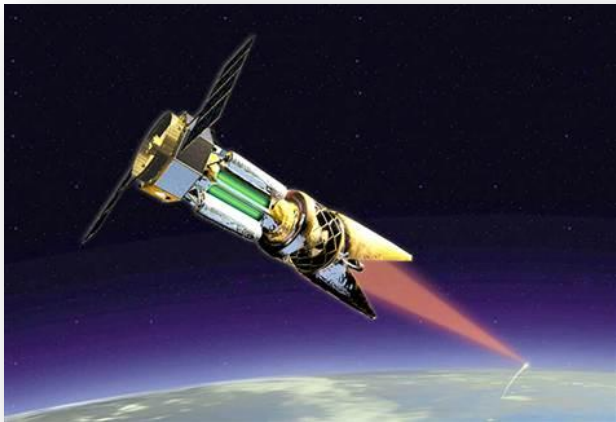
- 국내 발전량의 40% 이상
- 세계 6위의 원자력발전국가로 도약

원자력의
산업화
및 국가안보



마리 퀴리

빛과 물질의 상호작용 연구에서 레이저까지



우주배치레이저(SBL)

**“기초과학 연구는 미국의 기술적 · 경제적 리더십에 필수이다.
필수적이라 할 실질적인 발명에 지적 · 기술적 기반을 제공
하고 있다. 제약, 국방, 전자, 항공과 같은 다양한 사업들은
정부의 지원금에 의해 촉진된 기술적인 발전에 의존하고 있다.
기초과학 연구 투자에 대한 경제적 수익은 매우 높다.”**

- 미국 경제개발위원회 -

1. 유용한 지식 축적량 증가

2. 훈련된 졸업생 배출

3. 새로운 설비와 방법

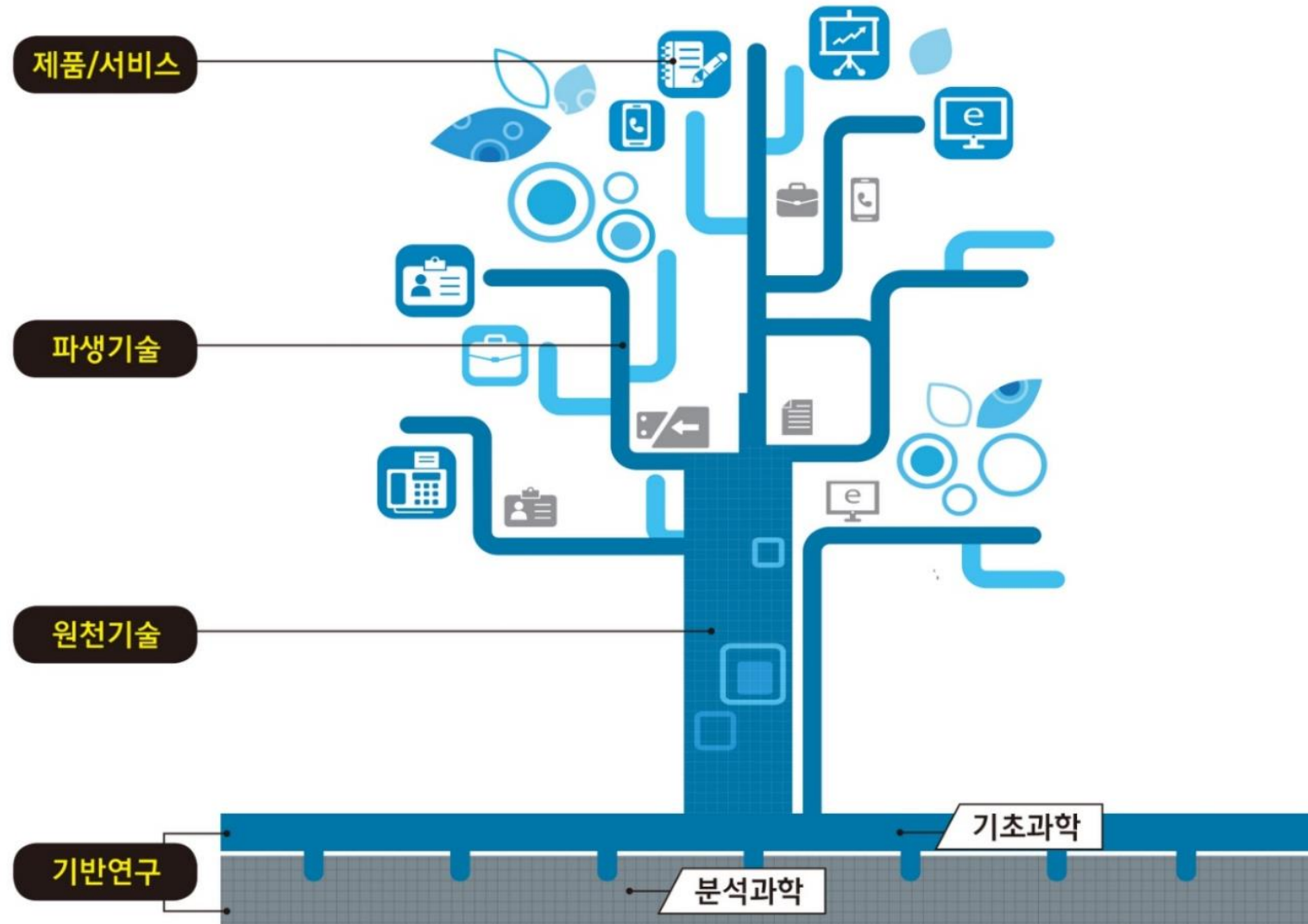
*특정한 연구문제들을 해결하기 위한 새로운 장비,
실험기술, 그리고 분석방법들이 개발됨*

4. 사회적 상호작용 (네트워크) 촉진

5. 기업의 기술적 문제 해결

6. 새로운 기업의 창업

- Salter and Martin (2001) -



분석과학 : 분석기술(Analytical Technology) 및 분석장비(Analytical Equipment) 개발에 관한 분야

분석과학은 다양한 연구분야에서 새로운 과학기술의 발전을 견인



분석과학은 노벨상 수상자 배출의 중요한 수단인 동시에 노벨상 수상의 주요 대상

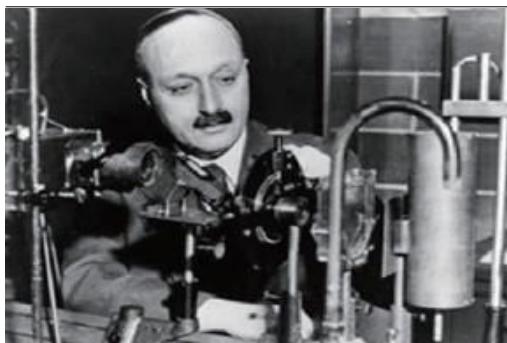
- 세계적인 연구데이터 및 독자적인 연구데이터는 첨단 분석기술·장비를 통해 분석한 것으로 새로운 분석기술·장비를 통해 최첨단 연구 및 미지의 연구가 가능해져 많은 과학분야 노벨상 수상자를 배출



(예시) 막스 퍼루츠(Max F. Perutz, 1914년생, 영국의 화학자)

X-선 회절법을 통해 헤모글로빈 등 주요 단백질의 구조를 규명하여
1962년 노벨화학상을 수상

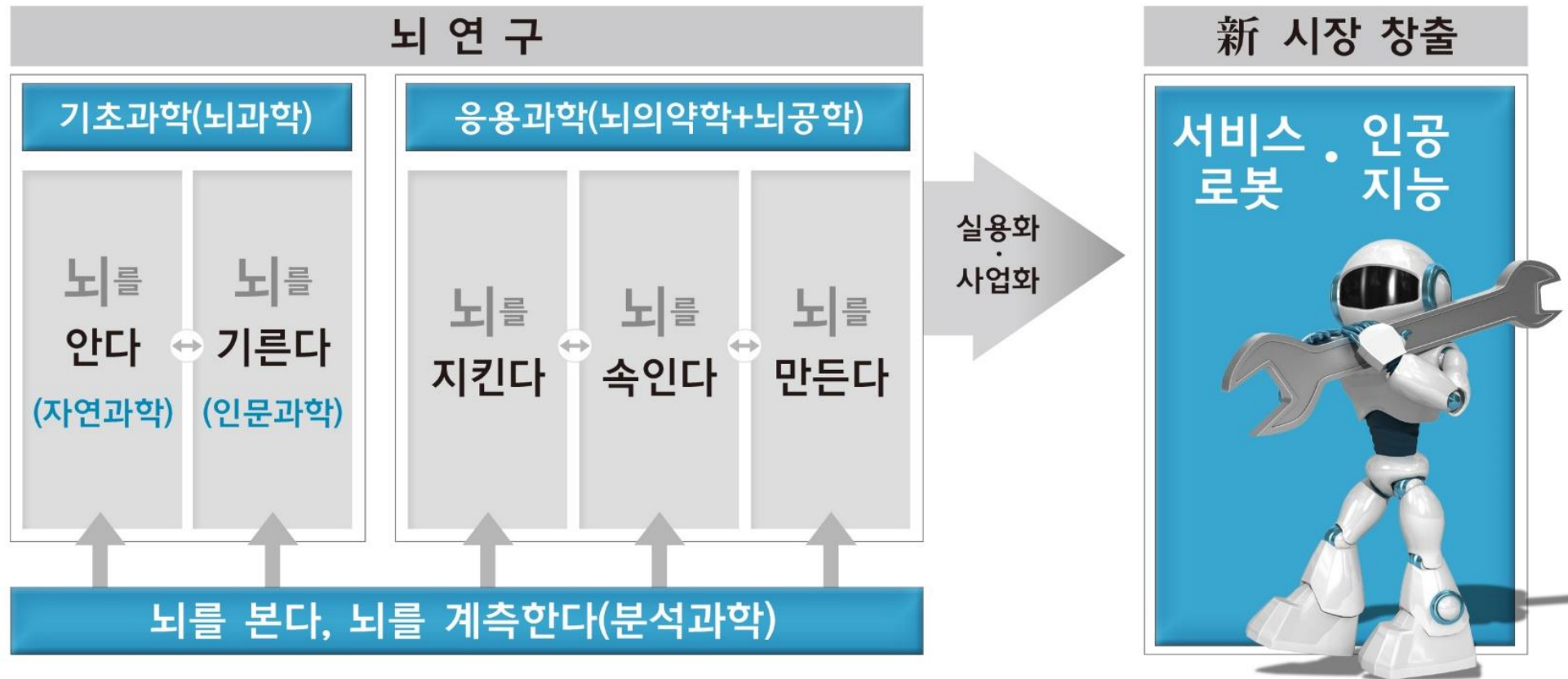
- 분석기술과 분석장비의 개발 자체도 신규성 및 독자성이 매우 높은 연구로 과학분야 노벨상 수상자가 분석과학 분야에서도 많이 배출



(예시) 막스 폰 라우에(Max von Laue, 1879년생, 독일의 물리학자)

X-선 회절을 통한 결정해석학(X-선 회절법)을 개발한 공로로
1914년 노벨물리학상을 수상

세계 최고 및 세계 최초 연구데이터를 얻기 위해서는 도구를 제작하는 분석과학 분야부터 육성하는 것이 필수적



T1.5



T3.0



T7.0



MRI T1.5



MRI T7.0



“...그래서 아인슈타인으로 대표되는 작은 과학(small science)의 시대는 가고 우리는 거대과학(big science)의 시대에 살고 있다.. 오늘날 과학기술의 경쟁은 도구와 장비의 경쟁이라고 해도 과언이 아니다...”

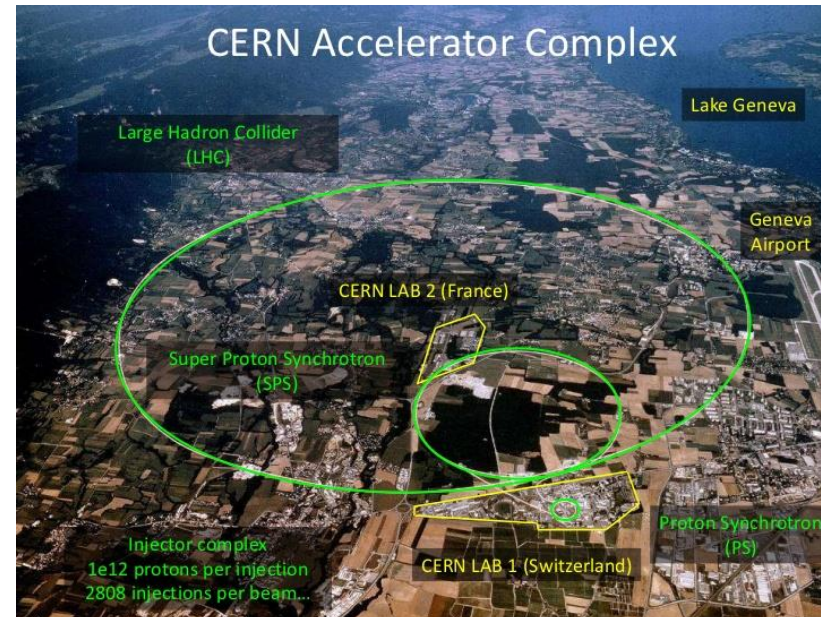
- 중앙일보, “과학경쟁=장비경쟁”의 시대 중 -

■ 거대과학이란?

- 큰 자원의 투입을 필요로 하는 프로젝트로서 특수한 연구시설 및 장치를 이용하는 것이 필수적이고 건설, 제작이나 운전 등에 고액의 경비가 소요
- 집단적 연구의 보편화

■ 거대 과학의 예

- 입자가속기의 쿼크 발견 계획
- 허블 우주 망원경 계획
- 제어핵융합 계획
- 인간게놈프로젝트



[유럽공동원자핵연구소(CERN)]

스위스 제네바와 프랑스 사이의 국경지대에 위치한
세계 최대의 입자 물리학 연구소

노벨 과학상의 4대 수상 조건

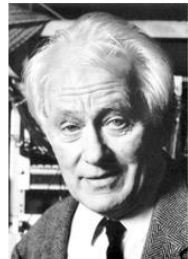
1. 새로운 발견일 것
2. 인류에 공헌할 것
3. 실험으로 증명할 것

실험장치에 대한 의존성 증대

4. 생존해 있을 것



CERN을 빛낸 노벨상 수상자들



2003년 노벨의학생리학상

업적 : 절개를 하지 않고 생체의 내부를 관찰할 수 있게 한 'MRI(핵자기 공명 화상 진단 장치)'의 기초적인 기술을 개발



Paul C. Lauterbur



Sir Peter Mansfield

전세계 병원에서 3만대 이상의 MRI가 도입되어, 연간 8천만 명 이상 진단하는데 이용됨



Richard R. Ernst

1991년 노벨화학상

업적 : 고해상도 핵자기 공명
분광기술을 이용한 측정방법
개발

NMR은 유전자 기능 규명과 단백질, 핵산
등 생체분자 입체구조 결정을 통한 신약
선도물질 개발 등에 폭넓게 활용

→ **Post-Genome** 시대의 BT, NT 연구의
필수장비





1986년 노벨물리학상

Ernst Ruska

업적 : 전자광학
의 기초연구 및
세계 최초 전자
현미경 설계

→ 전자현미경은 NT, BT 등 다양한 과학
기술 분야를 개척하는데 필수적인 도구



2016 노벨 물리학상 수상자



데이비드 톨레스
(워싱턴대)



마이클 코스털리츠
(브라운대)



던컨 홀데인
(프린스턴대)

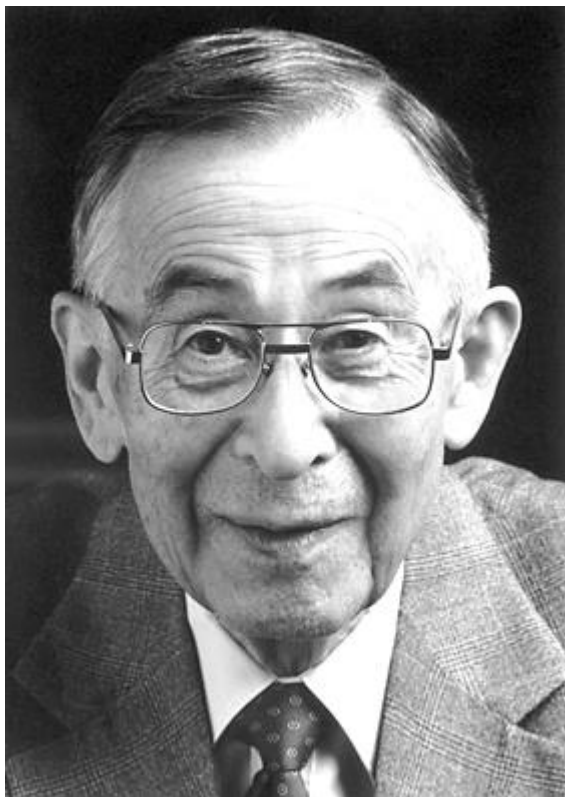
양자컴퓨터 개발에 공헌할 연구

위상 상전이 및
물질의 위상 상태에 대한
이론적 발견



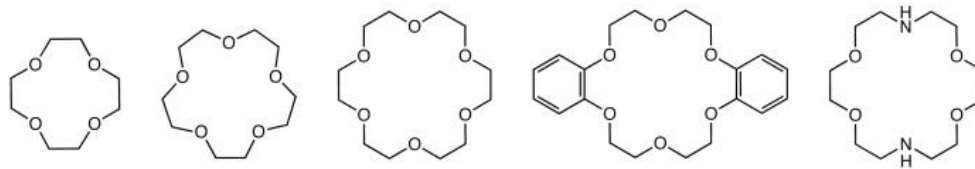
‘위상 수학’의 아이디어를 접목시켜
얇은 물질에서 일어나는
기묘한 현상 설명

NOBEL PRIZE 2016



찰스 피더슨(Charles Pederson)

- 1904년 부산 출생
- 메사추세츠 공과대학(MIT) 대학원
유기화학 석사 취득
- 1987년 노벨 화학상 수상
 - 초분자 화학이론
 - 고선택성 분자의 상호작용연구



미국, CERN보다 더 강력한 가속기 만든다 '초대형강입자가속기(VLHC)' 구상 내놔

초대형 실험장치인 강입자가속기(LHC)는 그 동안 미스터리로 남아 있던 힉스입자를 '신의 입자'라는 것을 증명해냈다. 세계 과학사에 커다란 획을 긋는 순간이었다. 2013년 노벨 물리학상은 힉스입자를 예견한 유럽 과학자들에게 돌아갔다.

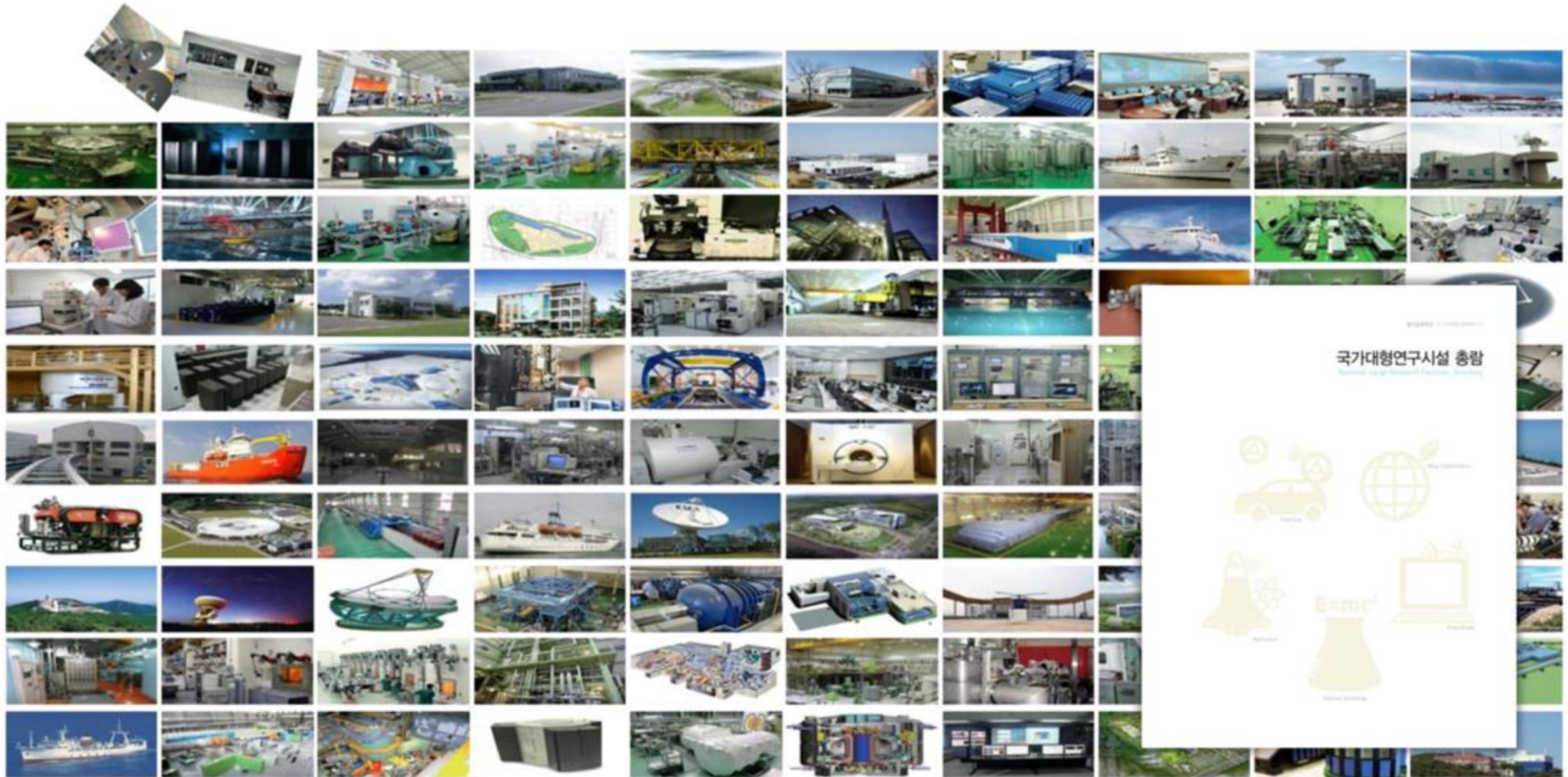
미국의 심기는 과히 좋은 것이 아니다. 세계 최고의 과학강국이라는 미국이 역사에 길이 남을 거대한 과학적 발견을 유럽에 빼앗겼기 때문이다.

초전도입자가속기(SSC)를 1988년부터 짓다가 1993년 재정난 때문에 중단한 바 있다. 이미 16억 달러를 투입한 후였다. 만약 정부가 지원을 중단하지 않고 힉스입자 연구가 계속 이루어졌다면 힉스입자의 발견 업적은 유럽의 CERN 이 아니라 미국에 돌아왔을 것이다.

- 스탠포드 대학 선형가속기 연구센터의 휴잇 박사 -

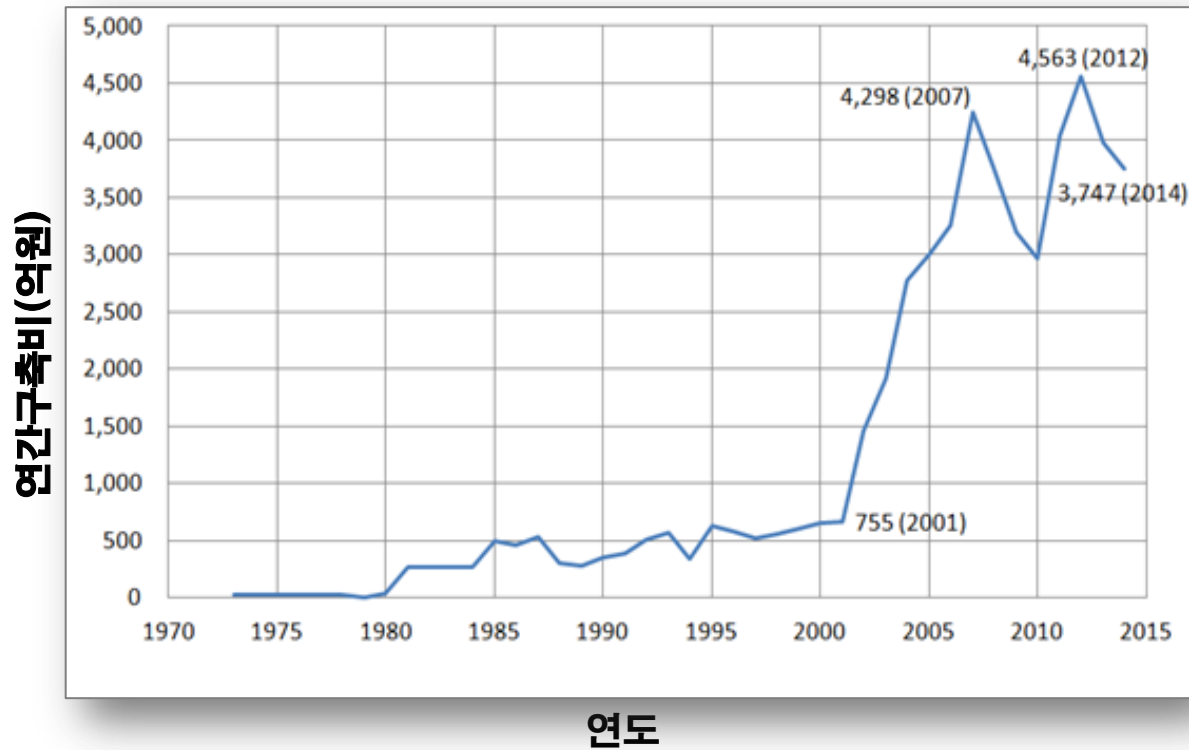


국내 대형연구시설

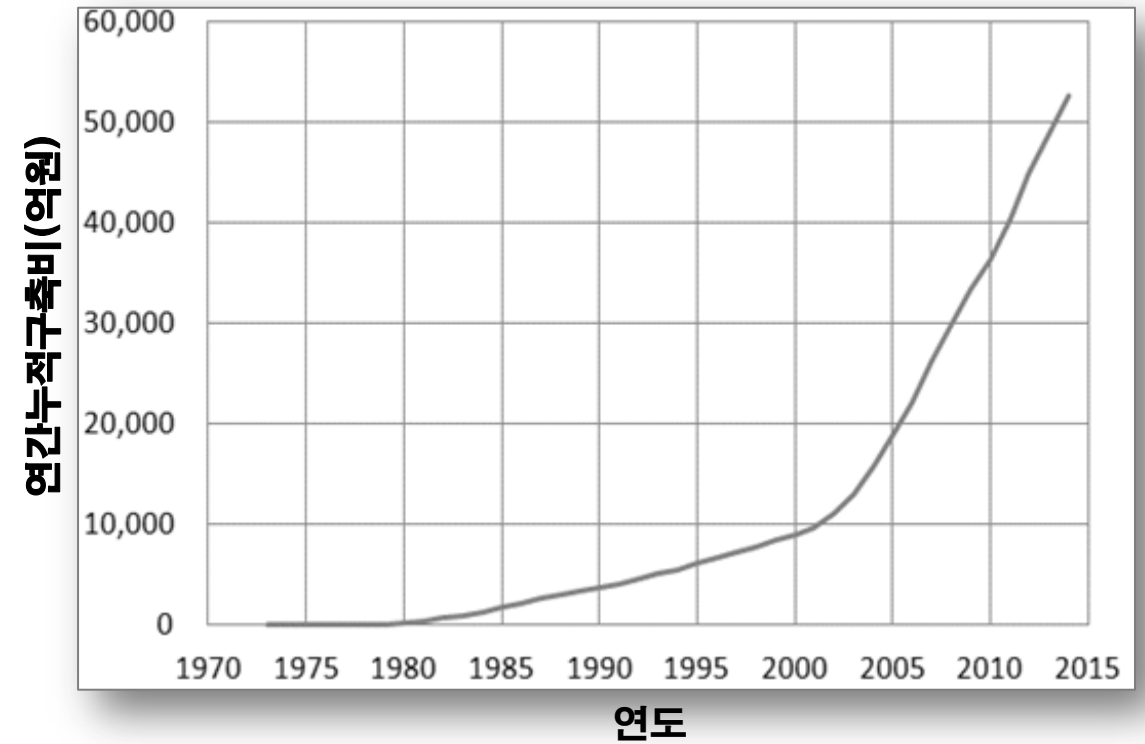


대형연구시설의 총괄 투자현황

대형연구시설 연간 구축비



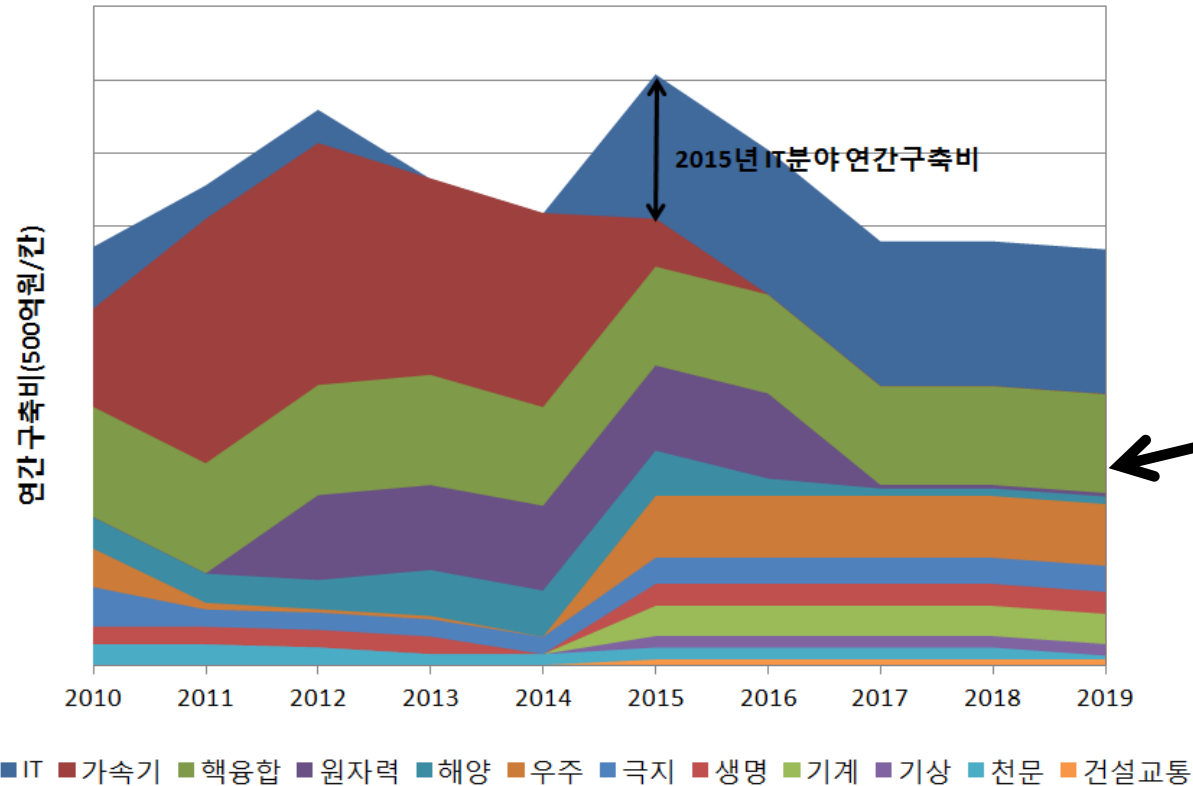
전체 대형연구시설 총 구축비



대형연구시설의 균형투자 이슈

전체 국가연구개발사업 대비 대형연구시설의 적정 투자 비중 : **2.1%**

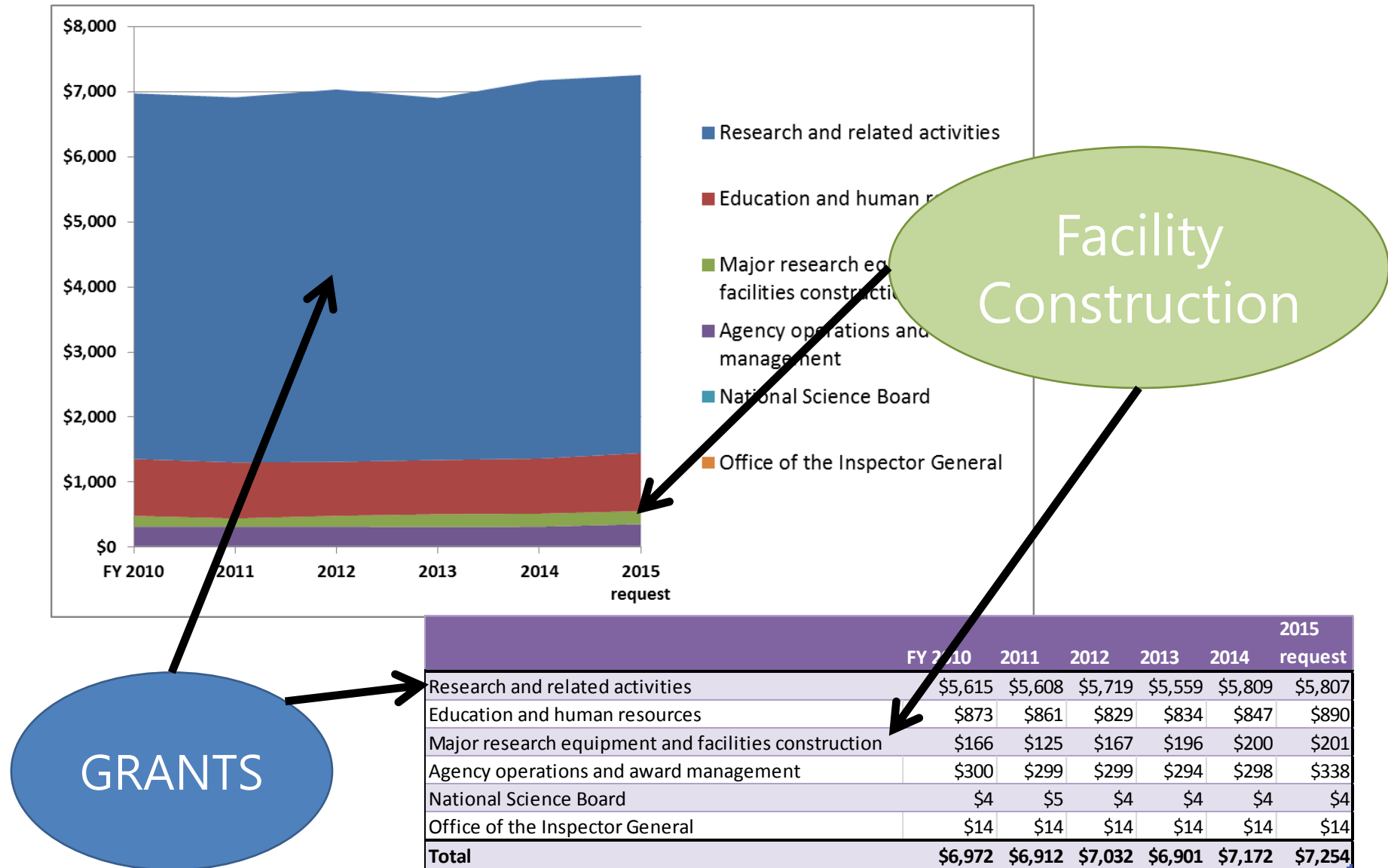
투자필요도가 적용된 12대 거대과학기술분야별 연간 구축비 소요는 아래와 같음



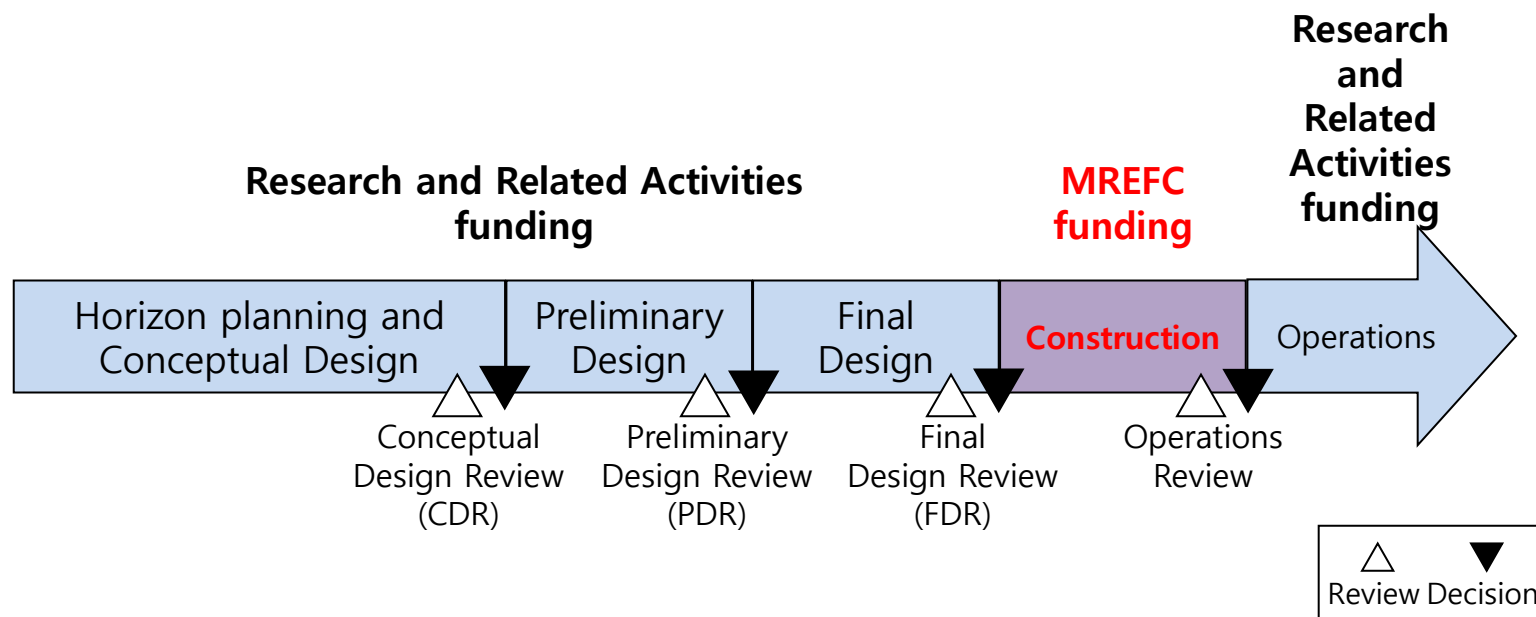
대형연구
시설의
비중은
과연
합리적인가?

대형연구
시설도
분야별
안배가
반드시
필요한가?

[참고] 미국 NSF Budget



[참고] 미국 NSF 대형시설 구축 체계



MREFC funding is used only for the construction phase of a facility – Planning, development, and operations are funded from the Research and Related Activities account.

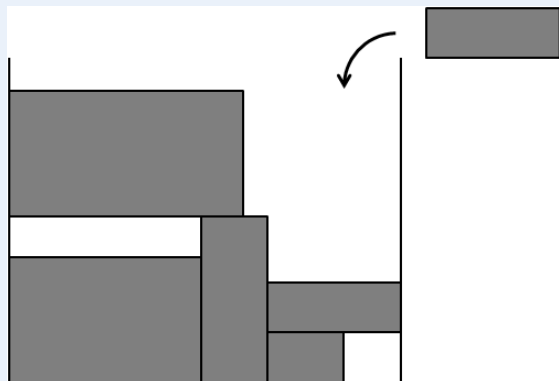
국가연구개발사업 전체 규모에서 대형연구시설의 적정투자규모를 설정함으로써
대형연구시설의 총 투자비용을 제한시키고, 별도의 계정을 마련할 필요가 있음

- 대형연구시설의 경우 중소형 연구시설·장비와는 달리 다년간 구축이 진행되며 총 구축비가 경직되는 특징이 있으나, 기초과학 발전, 기간기술 도약 등 막대한 파급효과를 목적으로 주요 선진국들과 경쟁적으로 구축하는 추세이므로 **별도의 회계계정 마련**을 통하여 일정비율을 유지하는 것이 필요함
- 미국의 경우 대형연구시설 구축을 위한 MREFC라는 별도 계정을 운영하고 있으므로, **자연적으로 균형투자의 개념이 형성됨**
- 별도의 대형연구시설 만을 위한 회계계정으로 인하여 대형연구시설에 대한 정확한 투자 현황 파악이 가능할 뿐만 아니라, 일반 연구개발사업의 예산 압박 등의 문제 발생의 사전 차단 효과를 거둘 수 있음

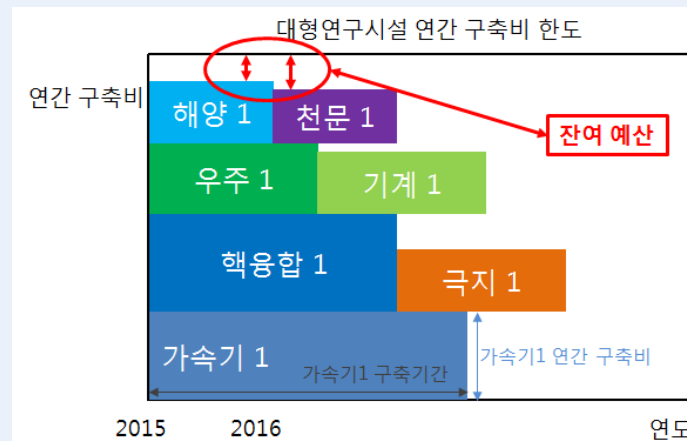
대형연구시설의 균형투자를 위해선 거버넌스 체계를 구축하여 제한된 범위 내에서 투자 우선순위가 높은 대형연구시설부터 단계적으로 구축을 유도할 필요가 있음

- 전체 연구개발사업의 투자규모 중에 대형연구시설의 투자규모를 결정할 수 있는 (가칭)대형시설전문위원회를 두어 R&D 예산 배분을 심의할 필요가 있음
- (가칭)대형시설전문위원회는 운영상 전체 대형연구시설의 투자규모 조정을 관장하되 12대 거대과학기술 분야별 우선순위에 대해서는 국가대형시설구축지도(NFRM)을 토대로 해당 분야별 연구개발사업의 예산을 조정하는 전문위원회의 검토의견을 받아 그 결과를 취합하여 밸런스를 조정하는 역할을 수행하게 함
- 결정된 대형연구시설의 투자규모에 따른 세부적인 대형연구시설 구축 여부의 결정은 사전타당성조사(신설 검토), 예비타당성조사 결과 등을 고려하여 대형연구시설의 구축을 정확히 판단할 수 있는 현재의 연구장비 예산심의위원회에 별도의 대형연구시설심의분과를 두어 효율적인 투자결정을 수행할 필요가 있음

대형연구시설 투자의 정책 제언(3/3)



<2차원 상자 채우기 문제>



- 대형연구시설은 다년간 구축되고 시설별 구축비 총액이 경직되었다는 점에서 2차원 상자 채우기 문제와 특성이 유사함
- 그림에서 왼쪽 선은 2015년 이전의 시간이며 위쪽 선은 총액 한도로 두 개의 선은 모두 넘어갈 수 없는 제약으로 작용함
- 또한 대형연구시설은 다년간 추진되므로 그림과 같이 연간 예산과 구축 기간을 두 변으로 하는 직각사각형으로 나타낼 수 있음

THANK YOU

STSI는 KISTEP과 함께하는 혁신파트너가 되겠습니다.

(주)과학기술전략연구소