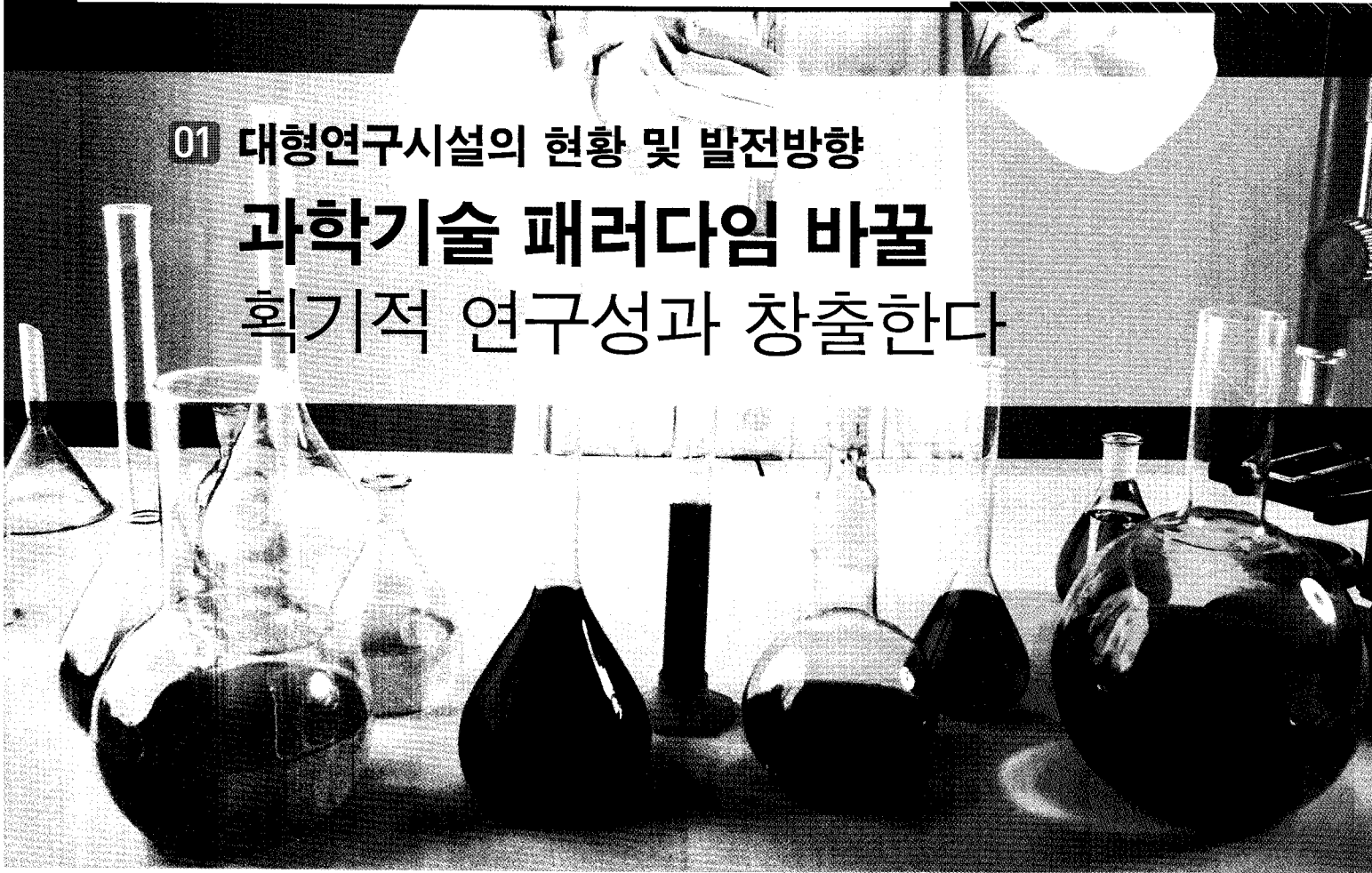


01 대형연구시설의 현황 및 발전방향

과학기술 패러다임 바꿀 획기적 연구성과 창출한다



지식·정보·과학기술이 성장의 원천이 되는 지식기반사회로의 변화는 더욱더 가속화하고 있다. 급진적인 기술변화와 혁신은 사회 전 분야에 걸쳐 광범위한 영향을 미치는 등 세계적인 기술경제 패러다임이 변화하고 있다. 특히 산업구조가 공학주도에서 과학주도로 전환됨에 따라 과학기술 경쟁력 향상을 위해 기초과학의 비중이 증대되고 있다. 이는 기초과학의 토대가 원천기술 확보를 가능하게 하고 원천기술에서 창출되는 부가가치가 국가의 과학기술 경쟁력은 물론 국가경쟁력과 직결되기 때문이다.

최근에는 과학기술의 다학제 간 융복합화, 대형화에 따라 혁신성이 높고 실패에 대한 고위험을 감수하는 대규모 연구개발을 수행하고 있는 추세이다. 이에 따라 과학기술에서의 대형연구시설에 대한 중요성이 더욱 부각되고 있으며, 혁신적 연구성과 창출에 따른 대형연구시설에 대한 의존도가 높아지면서 대형연구시설은 연구개발성과의 극대화를 위한 필요조건으로 간주되고 있다.

연구성과 극대화, 신산업 창출, 국제협력 유도

대형연구시설이란 첨단 과학기술분야에서 뛰어난 성능으로 다양한 연구에 활용됨으로써 해당 분야에 중요한 영향력을 발휘할 수 있는 대학 및 연구소 등에 구축된 대규모 연구시설(장비, 설비 포함)을 말한다. 여기서 대형의 의미는 구축비용에 의해 좌우되는 시설의 기준을 나타내며, 이외에도 복잡성, 위험도, 기간 등과 같은 기타 요인들이 일부 함축되어 있다.

대형연구시설은 크게 구성요소와 이동성에 따라 구분할 수 있다. 장비기반형 대형연구시설이



글 유경만 한국기초과학지원
연구원 국가연구시설장비
진흥센터장
kmyou@kbsi.re.kr

글쓴이는 고려대학교에서 생
명공학 박사학위를 받았다.
고려대학교 기초과학연구소
연구원, 한국과학기술기획
개발원 공공복지평가팀장 등을
지냈으며, 현재 교육과학기술
부 신성장동력 총괄조정위
원 등을 겸임하고 있다.



란 대규모 혹은 중소규모의 연구장비들을 포함하고 있는 연구수행을 위한 일반적인 시설로 차세대 초전도핵융합연구장치(KSTAR), 연구용원자로(하나로)가 이에 해당한다. 환경조성형 대형연구시설이란 주된 연구장비가 없더라도 특수한 연구환경을 제공하는 설비가 되어 있는 시설로 해양공학수조, 풍동 등이 이에 해당한다. 또한 이동형 연구시설이란 특정 공간 및 지역에서의 연구를 위해 이동수단을 갖추고 있으며, 내부에 연구장비 또는 편의공간이 조성되어 있는 시설로 쇠빙연구선 아라온호, 대기탐사항공기 등이 이에 해당한다. 분산형 대형연구시설이란 한국우주전파관측망(KVN)과 같이 지역적인 거리를 두고 동시에 가동하여 특정기능을 수행하는 시설로 나눌 수 있다.

이러한 대형연구시설이 갖는 중요성 및 의의는 다음과 같다. 첫째, 대형연구시설은 과학기술을 획기적으로 발전시킬 수 있는 기반을 구축하는 수단이 된다. 최첨단 대형연구시설을 활용하여 기존의 과학기술 패러다임을 변화시킬 수 있을 정도로 독창적이고 획기적인 연구성과의 창출이 가능하다. 또한 대형연구시설을 갖춘 연구거점에 소속된 연구자뿐만 아니라 국내외 연구자와의 공동활용을 통하여 연구성과를 극대화시킬 수 있다.

둘째, 신산업 창출을 통해 경제사회적 파급효과를 기대할 수 있다. 대형연구시설을 통한 연구성과는 한계에 이른 기존 과학기술에 대한 근본적이고 혁신적인 해결책을 가져와 신산업 탄생의 계기로 작용한다. 또한 대형연구시설 구축 프로젝트 종료 후에는 다양한 분야에서 일터가 창출되므로 사회적 발전에도 기여할 수 있다.

셋째, 우수 과학기술 두뇌 확보 및 국제협력을 위한 유인책으로 작용한다. 대형연구시설 구축은 국내 과학기술 고급인력의 두뇌 유출을 방지함과 동시에 해외 고급인력의 효과적인 유치·활용을 위한 유인체제로 작용한다. 또한 국내 과학자들은 대형연구시설 구축을 통하여 국제적인 연구개발사업의 협력파트너로서 국제적인 연구개발 활동에 참여가 가능하다.

넷째, 국가 경쟁력 및 위상을 제고할 수 있는 기회를 제공한다. 대형연구시설 구축은 세계 최첨단 연구성과를 목표로 하기 때문에 우리나라가 국제적 리더십을 발휘할 기회를 제공하며, 대형연구시설에 대한 투자는 그만큼 과학기술이 진보되어 있고 국가적 역력이 있다는 것을 입증하는 수단이기 때문이다.

독일에서 최초로 대형연구시설 로드맵 작성

21세기 초부터 주요 선진국들은 대형연구시설의 필요성을 크게 인식하고 구축로드맵을 본격적으로 수립하기 시작하였다. 2002년 독일 연방교육연구부(BMBF)는 최초로 대형연구시설 로드맵을 작성하고, 기초과학연구를 위한 대형연구시설에 대한 투자계획을 전문가 평가 및 정책적 고려 등 체계적인 과정을 거쳐 수립하였다. 이후 미국, 영국, 호주, 스웨덴 등 주요 선진국들이 경쟁적으로 대형연구시설 구축을 위한 로드맵을 수립하였다. 영국, 독일 등 유럽권 국가들은 대형연구시설의 공동구축을 위하여 공동기구(ESFRI)를 설립하여 2006년부터 범유럽적 연구인프라 로드맵을 수립하기에 이르렀다.

OECD 과학기술정책위원회(CSTP)는 2008년에 로드맵에 관하여 논의 및 상호 정보공유를 위해 '대규모 연구개발 인프라 로드맵 포럼'을 개최하여 각국의 로드맵에 관한 정보 교환의 장을 마련하였다. 우리나라의 경우에도 이러한 흐름에 발맞추어 국가연구시설장비진흥센터에서 담당하고 국가과학기술위원회의 주도로 2025년까지의 대형연구시설에 대한 중장기 구축계획을 수립 중에 있다. 향후 이를 기반으로 대형연구시설 구축의 기획·평가·예산배분의 근간을 마련할 계획이다.

국가별 로드맵 현황 분석

국가	로드맵(수행기관)	수립연도	비고
독일	Statement on Large-Scale Facilities for Basic Science Research(BMBF)	2002	• 헬름홀츠·라이프니츠·막스플랑크 연구협회 등에서 요구된 세계 최초의 대형 연구 시설·장비 구축로드맵
미국	Facilities for the Future(DOE)	2003	• 과학기술 발전 및 신산업 육성에 필요한 에너지 분야의 최첨단 대형 연구시설·장비 로드맵
		2007	
	Facility Plan(NSF)	2005	• 나노에서 우주까지 전 영역에 걸친 기초과학연구 분야의 대형 연구시설·장비 로드맵
		2008	
영국	Large Facilities Roadmap (RCUK)	2005	• 세계적 수준의 연구시설 구축으로 다학제 간, 국가 간 공동연구 촉진을 위한 대형 연구시설·장비 로드맵 ※대규모 연구시설·장비를 구축하기 위한 별도의 사업기금 조성
		2007	
		2008	
호주	A Decade Plan for Australian Astronomy (NCAAAS)	2005	• 천문학 분야의 발전을 위해 30여 개 연구기관, 공학자들로 구성된 9개의 작업그룹에 의해 수립된 대형연구시설·장비 로드맵
	Strategy Roadmap For Australian Research Infrastructure(NCRIS)	2008	• 전 과학기술 분야(천문학 분야 포함)의 대형 연구시설·장비 구축을 위해 6개 작업 그룹으로 나누어 수립된 로드맵
유럽연합	European Roadmap for Research Infrastructures (ESFRI)	2006	• 범유럽 차원에서 필요한 전 분야의 대형 연구시설·장비의 과학기술적 수요를 제시한 범유럽차원의 통합 로드맵
		2008	
	The ASTRONET Infrastructure Roadmap (ASTRONET)	2008	• 유럽의 천문학 발전을 도모하기 위한 천문·우주 분야의 대형 연구시설·장비 로드맵 ※ESFRI로드맵의 천문학 분야를 세부적으로 보완
스웨덴	The Swedish Research Council's Guide to Infrastructure (RC & VINNOVA)	2006	• 과학기술 전 분야에서 중장기적 수요가 있고 최첨단 연구가 가능한 대형 연구시설·장비 로드맵
그리스	Greek Large-Scale Research Infrastructures(GSRT)	2007	• 그리스 전역 및 유럽의 관심영역에 최첨단 과학기술 혁신을 위한 대형 연구시설·장비 로드맵
네덜란드	The Netherlands' Roadmap for Large-Scale Research Facilities(NRCMLSRF)	2008	• 연구기구들에 의해 선정된 국제적 수준에서 구축되어야 할 대형 연구시설·장비 로드맵
핀란드	National-level Research Infrastructures(MOE)	2008	• 국가적으로 반드시 구축되어야 할 연구인프라(대형 연구시설·장비) 로드맵
일본	대형연구시설계획 (SCJ)	2010	• 대형연구시설의 체계적인 구축을 통하여 기초과학 수준을 강화하기 위한 로드맵 ※인문·사회과학을 포함한 7대 학문분야별 대규모 연구계획과 연계된 대형 연구시설·장비 제시

대형연구시설 공동 구축 등 국제협력 활발

일반적으로 대형연구시설은 대학, 민간기업, 출연연구소 등 과학기술 연구수행주체들이 다목적으로 공동활용할 수 있다는 측면에서 일종의 공공재 성격을 가지고 있어 대형연구시설 및 장비의 구축에 대한 정부의 체계적인 예산 및 정책 지원이 필요하다. 최근에는 개별국가가 단독으로 추진하기 어려운 고에너지 물리학, 핵물리 등의 기초과학 분야 및 핵융합, 우주, 천문 등의 국



가적 주도기술 분야에서 대형연구시설 구축 시 다국적으로 참여하여 공동활용하고, 분산 연구를 추진하여 그 연구결과를 공유하고 있는 실정이다.

하나의 사례로 우리나라에서도 EU, 일본, 미국, 러시아 등 7개국과 공동으로 핵융합에너지 실용화를 위한 국제핵융합실험로(ITER) 구축에 참여하고 있다. 이는 세계 각국에서 개별적으로 연구추진 중이던 핵융합 실용화에 대해 물리적, 기술적 난관을 공동으로 극복하기 위하여 국제공동 과학기술 연구계획을 추진하게 되었다. 현재는 개념설계 및 공학설계를 마치고 2005년 프랑스 카다리쉬에 ITER 건설 부지를 최종결정하고 구축 중에 있다. 또한 기존 광학망원경이 갖는 한계를 극복하고 국제공동연구를 추진하기 위해 세계 최대 광학망원경인 거대마젤란망원경(GMT)을 미국, 호주 등과 공동구축에 참여하고 있다.

최근 OECD 세계과학포럼(GSF)에서는 이러한 국제협력의 흐름에 발맞추어 대형연구시설의 기반조성 시 고려해야 할 이슈와 대안들을 설명하고, 국제적인 합의를 도모하고자 대형연구시설 구축 시 도출되는 제도적·재정적 사항, 프로젝트 관리 등에 대한 가이드라인을 마련한 바 있다.

이러한 대형연구시설은 국제공동연구를 통해 개발단계부터 운영 및 활용을 통한 연구단계까지 자연스럽게 이루어지게 되어 선진국의 기술이전과 연구결과 공유 및 인력교류 등이 활발하게 추진되어 궁극적으로 연구수준의 고도화를 촉진시킨다. 세계적 수준의 대형연구시설 확충은 이전의 해외 연구시설에 일방적인 실험참여를 통한 피동적인 공동연구 형태에서 주체적으로 세계 연구자들에게 개방·공유함으로써 대등한 관계에 의한 쌍방향 연구교류와 세계적 규모의 공동연구에 동등한 연구환경을 제공한다. 또한 이제까지 대형연구시설의 국내 부재로 인해 수행할 수 없던 분야까지 연구기회를 확대할 수 있을 뿐만 아니라, 첨단기술의 국내유입으로 인한 창조적 연구수행 및 신규 연구분야의 개척이 가능하다.

▶ 첨단 대형연구시설 없이 창의적 연구개발 불가능

정부의 막대한 연구개발 예산으로 도입된 대형연구시설의 공동활용이 중요해지는 이유를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 선진국형인 창의적 연구개발 추진에 따라 대형연구시설의 중요성이 급증하게 되었다. 즉 연구개발의 대형화 및 전문분야를 초월한 학제 간 연구가 진행됨에 따라 대형연구시설의 중요성이 크게 증대되었다. 특히 기술모방 방식을 탈피하여 선진국형의 기술개발 추진을 위해서는 첨단화된 대형연구시설의 확보 없이는 불가능하다.

둘째 대형연구시설의 중요성에 따른 투자규모의 급증으로 대응책 마련이 필요하다. 즉 대형연구시설은 일반적으로 개별국의 정부예산으로 획득하기에는 힘든 경향이 있으며, 또한 정부연구개발 예산의 투자대비 효율성을 감안한다면 대형연구시설의 지속적인 확충과 더불어 효율적 운영을 위한 공동활용체계 구축이 필요하다.

대표적인 공동활용 대형연구시설로는 유럽원자핵공동연구시설(CERN)을 들 수 있다. CERN은 노벨물리학상 수상자인 드 브로이의 주도로 유럽 우수 두뇌의 미국 유출을 막기 위해 1954년 유럽 12개국의 참여로 핵물리학과 입자물리학 연구를 목적으로 스위스 제네바에 설립하였다. CERN은 총 27km 둘레의 세계 최대 강입자 가속기(LHC)가 설치되어 2천800여 명의 내부연구자, 세계 580여 개 대학의 연구자, 세계 입자 물리학자의 50%인 8천여 명이 방문하여 연구하는 물리학 연구의 메카로 세계 최고의 국제 공동활용 연구시설로 손꼽힌다. 이를 통해 가속기에서 생성되는 고에너지의 입자 빔을 이용하여 원자핵, 반물질 등 다양한 실험을 통해 현재까지 총 10명의 노벨물리학상 수상자를 배출하였다.

국내 대표적인 공동활용 대형연구시설로는 대전에 위치한 하나로 연구용 원자로(HANARO)를 들 수 있다. 1995년에 구축된 국내 최초·유일의 다목적 연구용 원자로이며, 세계 183개 연구용 원자로 중 10위권에 해당하는 중성자 생산성능을 보유(30MW급)하고 있다. 중성자를 이용한 기초 과학연구, 핵연료 성능평가, 방사성동위원소 생산·연구 등의 다양한 연구 목적으로 700여개 기관, 5천여 명의 연구자가 이용하는 국내 대표적인 공동활용 대형연구시설 중 하나이다.

전략적 확충·공동활용 극대화 방안 마련해야

정부연구개발 예산의 투자대비 효율성을 감안한다면 대형연구시설의 확충부터 공동활용 활성화를 통한 우수성과의 창출까지 국가차원의 관리 효율화 노력이 절실하다. 따라서 대형연구시설의 전략적 확충, 공동활용 극대화, 운영역량 강화, 국제협력 활성화 등을 위한 발전방안이 정부차원에서 적극 검토되어야 한다.

첫째, '대형연구시설의 전략적 확충'이다. 우선 대형연구시설의 체계적 구축·운영을 위해 기존 연구개발사업에서 '(가칭)대형연구시설 확충사업'을 순수연구개발사업과 분리하여 관리할 필요가 있다. 대형연구시설들은 미래 과학기술 전망과 연구 커뮤니티 수요를 반영하여 구축의 우선순위를 결정 후 순차적으로 추진해야 한다. 또한 부처별 중복투자 방지 및 사업의 효율적 추진을 위해 국가 차원의 범부처적 공동 프로그램으로 추진해야 한다. 또한 국가연구개발사업 중 대형연구시설 관련 사업의 투자 비중과 추이를 분석하여 대형연구시설의 체계적 구축을 위한 투자계획을 정기적으로 수립하고, 추진실적 점검 및 시행계획을 마련해야 한다. 과학기술 및 경제사회에 대한 대내외 환경변화와 미래 연구수요에 대한 종합적인 분석을 토대로 대형연구시설 구축로드맵을 정기적으로(2~3년 주기) 수정·보완하여야 하며, 대형연구시설 구축에 대한 진행상황을 연구개발, 개념설계, 상세설계, 구축, 운영의 5단계로 구분하여 체계적으로 관리해야 한다.

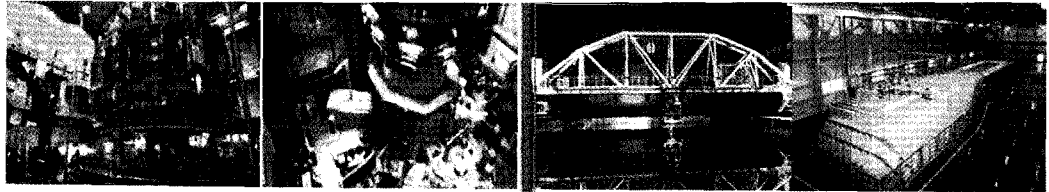
둘째, '대형연구시설의 공동활용 극대화'이다. 대형연구시설을 구축한 기관의 장은 보유한 대형연구시설의 공동활용 추진계획을 수립하여 공동활용을 촉진해야 한다. 이러한 대형연구시설 공동활용 추진계획에는 공동활용 계획의 수립 및 이행, 대형연구시설의 운영, 공동활용 과제선정, 이용자 응모와 선정, 이용료 징수, 이용자 의무, 성과공개 등에 관한 사항을 포함하여 공지하며, 이용을 희망하는 연구자에게 이용기회를 확대해 나가야 한다. 또한 대형연구시설의 주기적인 성과평가 실시를 통해 대규모 예산이 투입된 대형연구시설의 효율적 운영과 예산 지원의 정당성을 확보할 필요성이 있다. 대형연구시설의 성과평가 시에는 공동활용률, 이용자 수, 지원시료건수 등에 대한 기본적인 통계분석뿐만 아니라 학술적 의의, 경제사회적 파급효과 등을 고려한 심층평가를 실시해야 한다.

무엇보다도 과학기술기반을 강화하기 위하여 대형연구시설을 안정적으로 운영하고 공동활용을 촉진할 수 있도록 법·제도적 기반마련이 필요하다. 최근에는 슈퍼컴퓨팅 육성 및 활용촉진에 대한 제도적 기반마련을 위해 '국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률'이 제정되었다. 일본에서도 특정방사광시설(Spring-8)의 공동활용 촉진을 위해 법률이 별도로 제정되었다가 2006년부터 특정 첨단대형연구시설인 방사광시설 및 슈퍼컴퓨터 등을 통합한 '특정 첨단대형연구시설 공용촉진에 관한 법률'로 통합 제정되었다. 이는 특정 대형연구시설 공용촉진 및 효율적인 운영·지원을 위한 조치였다. 이에 우리나라에서도 국가차원에서 핵심적으로 공동활용이 필요한 대형연구시설을 선정하여 공동활용 촉진 및 효율적 운영관리를 위한 '(가칭)대형연구시설



장비기반형 시설

환경조성형 시설



차세대초전도핵융합연구장치(KSTAR) ▲

연구용원자로(하나로) ▲

해양공학수조 ▲

대형캐비테이션터널 ▲

한국우주전파관측망(KVN) ▼

새빛연구선(아라온호) ▼

대기탐사항공기 ▼



서울(연세대학교)

울산(울산대학교)

제주(탐라대학교)

분산형 시설

이동형 시설

운영 및 공동활용 촉진법'을 제정할 필요가 있다.

운영역량 강화·국제협력 활성화도 필요

셋째, '대형연구시설의 운영역량 강화'이다. 대형연구시설의 투자효과, 활용성 극대화를 위해 주요 이용자그룹 및 잠재 이용자그룹을 육성·지원하고 대형연구시설별 산·학·연·관 전문가로 구성된 운영위원회를 구성·운영하여 효율적 활용 및 최적운영에 대한 지속적 자문과 감독을 수행해야 한다. 또한 대형연구시설 운영 관련 전문인력의 체계적 육성·지원 및 전문성 함양을 위한 대형시설별 교육훈련 프로그램이 마련돼야 한다. 이어 대형연구시설을 활용한 최첨단 분석서비스를 제공하기 위해 새로운 분석원리, 분석기법 등 개발을 위한 분석과학연구를 체계적으로 지원하는 방안이 마련돼야 하며, 대형연구시설의 성능을 최대한 활용하고 향상시키기 위한 핵심 부품 및 요소기술을 개발하도록 정부차원의 지원책이 마련되어야 한다. 대형연구시설 활용을 극대화하고 최적의 성능을 유지할 수 있도록 부대시설 등 운영을 지원해야 하며, 최적 운영 조건 유지를 위해 주기적인 성능 향상 및 주요 부품의 교체 또는 보수를 위한 관리방안 마련 및 예산 지원이 필요하다.

넷째, '대형연구시설의 국제협력 활성화'이다. 세계적으로 수요가 한정된 특정 대형연구시설 구축 관련 중복투자 방지를 위한 국가 간 역할을 분담하고, 우리나라가 국제적 리더십을 확보할 수 있는 전략을 추진해야 한다. 또한 주요 선진국의 대형연구시설 구축로드맵을 주기적으로 조사·분석하고, 국가 간 역할 분담을 통하여 공동로드맵을 작성하고 추진할 필요가 있다. 우리나라는 역량이 부족한 대형연구시설 구축을 위해 해외 전문가 또는 연구기관과의 국제협력을 통한 공동개발을 추진해야 하며, 세계 최고·최초의 대형연구시설을 구축하여 전 세계 과학기술자들과의 공동연구 장려를 통한 국가 위상 및 경쟁력을 확보해야 한다.

과학기술의 급격한 발전으로 대형연구시설의 중요성과 정부투자는 더욱 커져가고 있으나, 지금까지 대형연구시설에 대한 효율적 운영·관리에 대한 방안은 국가차원에서 제대로 고려된 적이 없다. 대형연구시설의 구축이 세계화·다국적화되고 있는 시점에서 대형연구시설에 대한 선진화 방안에 대해 신중히 검토해 보고 체계적인 실천방안을 마련해야 할 것이다. **ST**