

· 동향과 이슈 · 2016. 6. 17. | 제26호



산업 경쟁력 100년의 뒷받침 : 미국 National Laboratory의 의미

손수정

개 요

■ (이해) 냉전시대 무기개발 연구거점에서 산업 성장을 위한 혁신 플랫폼으로 진화

- 무기개발을 통한 패권 확보와 유지에서 에너지원 개발을 통한 성장 기반 조성, 바이오 기술을 통한 인류의 생존 강화, 신재료 개발을 통한 신산업 창출로 미션 확대
- 기초과학 역량 중심 거대 장비 및 과학기술자, 엔지니어링 통합형 혁신 플랫폼 조성을 통해 빅사이언스, 신산업 분야 발굴 수행
 - 첨단 시설장비 및 양질의 지식재산 개방성, 과제 수행에 있어서 목표지향성 확보

■ (모습) 지식재산 역량 강화 중심의 경쟁과 협력

- 양질의 지식재산 확보 및 활용을 위한 법제도 개선, 경쟁과 협력 전략 추진, 성과 목표 중심의 평가체제 설계
- 산-학-연 연계형 전문 운영회사(contractor) 중심의 관리를 통해 관료적 성향을 낮추고 국가와 산업의 시대적 요구에 부합하는 중장기 기획 추진

■ (기술사업화) 산업과의 협력을 통한 National Laboratory, 기업, 국가의 동반성장

- 기업, 산업이 직면하는 기술 니즈 및 장애에 대한 지원을 통해 사업화 장애구간 극복
- 사업화 중심의 강한 네트워크 형성, 펀드 조성, 인큐베이터 설치 등을 통해 과학기반 기술사업화의 안정적 성장 지원

■ (과학기술인력) 현장 중심의 교육훈련을 통한 전문성 강화 및 차세대 인력 양성

- 과학기술자와 학계 및 산업계의 접근성을 높여, 상호 이해와 소통 그리고 전문지식의 확산 기회를 확대
- 차세대 과학 및 엔지니어링 전문인력 양성을 위한 맞춤형으로 설계된 다양한 초·중·고 및 고등교육 훈련 확대

■ (방향) National Laboratory의 기초과학이 국가 경제·사회로의 기여를 위한 혁신 성과로 진화하도록 노력

- National Laboratory가 갖는 미션의 유연성을 확대하여 시대적 요구에 대응할 수 있는 기반을 조성 : 무기개발에서 산업 협력
- 과학기술자들에 대한 신뢰와 존중 문화 조성을 통한 과학기술 역량 강화
- 첨단장비 구축의 지속적 보완 및 접근성 제공을 통한 개방형 혁신플랫폼 역량 강화

I National Laboratory의 이해

1. National Laboratory의 역사

■ 시기의 진화

- National Laboratory의 역사는 제1기(제2차 세계대전 시기, Manhattan Project 시기), 제2기(1950s), 제3기(1960s~1970s) 그리고 제4기(~현재)로 구분 가능할 것임(Westwick, 2003)
- 제1기는 세계대전이라는 전쟁의 상황에서 전쟁 승리라는 목표를 두고 무기개발에 집중했던 시기였다면, 제2기는 원자에너지의 다양한 활용, 제3기는 무기로 집중되었던 기능이 우주, 에너지 등으로 확대되는 시기였음
- 그리고 현재까지 이어지는 시기는 National Laboratory가 에너지, 재료, 국가안보 등을 위한 기초연구 수행뿐 아니라 산업 성장 및 인력양성을 위한 분야까지 사업을 수행함

■ 근원

- National Laboratory의 근원은 Manhattan Project에 두고 있으며 이를 통해 Argonne, Los Alamos, Oak Ridge 그리고 Berkeley, Brookhaven 등의 연구소가 설립됨
 - 초기 National Laboratory의 설립 및 정착에 있어서 Manhattan Engineer District(MED)의 역할도 두드러짐(Westwick, 2003)
- 미국의 National Laboratory는 레이더, 컴퓨터, 군사용 무기, 원자폭탄 등 개발을 통해 2차 세계대전에서 연합군의 승리를 이끄는 데 기여함
 - 2차 세계대전 중 MIT의 Radiation Laboratory, UC Berkeley의 Ernest O. Lawrence Laboratory에서는 많은 과학자들이 참여하여 목적연구를 수행함
 - 전쟁 중에 연합군의 핵폭탄 제조를 위한 Manhattan Project는 Los Alamos(New Mexico)내 실험실에서 폭탄과 재료 개발을 수행했으며 민간기업 및 대학 등도 참여함

※ Manhattan project (코드명 : Development of Substitute Materials)

- 2차 세계대전 중 핵무기 개발을 위한 프로젝트(1942~1946)로 미국이 주도
- Oak Ridge(Manhattan District HQ), Los Alamos(Los Alamos laboratory-Project Y), Richland(Handford Engineer Works) 등이 참여
- 프로젝트 수행을 위해 1945년 가치 20억 달러(2016년 기준 250억 달러) 예산을 투입
- 우라늄, 플루토늄 물질을 활용한 원자폭탄 및 원자에너지 개발 프로젝트

- 전쟁 및 과학적 성공 이후에 기밀연구 및 기초연구 수행을 위한 National Laboratory 중심의 펀딩과 인프라를 구축함
 - 대부분의 National Laboratory는 스텝들과 자국 연구자들뿐 아니라 그들의 장비를 이용하기 위해 방문하는 방문 연구진들로 구성됨
- The Lab Directors' Club
 - 1946년 결성된 이 클럽은 연구소간 미션 및 목표 정립, 상호 자원에 대한 연계 협력 등을 논의하고, 연구소의 방향성에 대한 의견을 모으는 기능을 수행함(Westwick, 2003)
 - 1960년대까지도 이 클럽은 연구소들의 한계와 제안 등을 AEC(the U.S. Atomic Energy Commission)에 보고할 수 있는 통로로서 기능함
 - 현재는 공식적으로 존재하지 않지만, 이들의 기능은 National Laboratory 내부 시스템 안에서 작동하는 것으로 보임(Neal, Smith, Macormick, 2008; ch.7)

2. National Laboratory의 기능

■ 지리적 필요성

- 미국의 규모(면적)는 하나의 National Laboratory가 모든 잠재된 이용자들을 대응할 수 없으며 이는 지역별 National Laboratory의 필요성과 연결됨(Westwick, 2003)
- 지역내 대규모, 고가의 시험을 수행할 수 있는 플랫폼 구축의 필요성과 함께 이들 간의 정보의 단절에 따른 고립을 피하기 위한 연계(link) 노력을 병행함

■ 기본 기능과 미션

- National Laboratory의 기본 기능은 기초연구 및 이를 위한 대규모 시설장비 공급, 국가 안보를 위한 기술개발에 필요한 안전한 플랫폼 공급이라 할 수 있음



- 이러한 기본 기능을 기반으로 대규모 실험, 자본집약적, 다학제적 접근이 필요한 ‘빅사이언스 (Big Science)’ 그리고 새로운 분야 발굴 및 글로벌 경쟁과 협력을 수행함
- 핵심그룹으로는 Argonne, Berkeley, Brookhaven, Los Alamos, Oak Ridge, Livermore 등이 있음

■ 성립 3요소

- Westwick(2003)은 National Laboratory의 기본 3요소로 규모(size, 연구인력 및 예산), 기초연구 중심의 다양한 프로그램(diverse program), 그리고 다기능 프로그램(multi program, 프로그램별 서로 다른 수준의 목표 이행) 등을 제시함
- 최근의 모습에서 보이는 주요 요소는 첨단 대규모 고가장비의 구축, 양질의 지식재산 (인력, 기술, 시설장비 및 협력 인식 등)의 확보, 목표지향형 과제의 수행 등으로 관찰됨

■ 중점 분야

- 2차 세계대전 이후 지난 70년 이상 미국의 과학혁신을 선도하는 연구기관으로서 National Laboratory들이 활동해옴¹⁾
 - DoE(Department of Energy, 에너지부)의 National Laboratory는 시대별 요구되는 과학적 도전을 수행하며 에너지 변화의 대응에서부터 우주 기원의 발견에 이르기까지 다양한 주제를 다룸
 - 이를 위한 희귀하고 중요한 시설장비를 보유하며 복잡한 대규모 R&D 도전, 다학제 연구에 접근하고 기초과학을 혁신으로 전환하는데 있어서 중요한 역할을 수행함
- 특히 National Laboratory은 미국 핵 역지력의 안전성과 신뢰성 확보를 통해 글로벌, 국가, 자국 안보를 증진하기 위한 노력에 집중해 옴
 - 물질, 화학, 생물학적 그리고 컴퓨터 과학 및 정보과학에 있어서 필요한 연구를 수행함
 - 확보 가능하고 신뢰할 만한 청정에너지 분야에서 미국의 선도적 위치와 에너지 독립성 확대를 위한 연구를 수행함
 - 특별한 과학 장비 및 설비의 설계, 구축, 관리뿐 아니라 이러한 연구 자원들에 대한 연구자들의 접근을 가능하게 함
- National Laboratory별 중점 분야에 따른 미래 산업을 위한 재료(Material) 개발을 수행함

1) <http://energy.gov/about-national-laboratory>



3. National Laboratory의 설립 현황²⁾

■ DoE에 의한 National Laboratory

- DoE는 에너지 관련 다양하고 선도적인 과학기술 개발을 위해 17개의 National Laboratory와 기술센터를 운영함³⁾⁴⁾⁵⁾
 - 17개 National Laboratory 중 16개는 연방정부의 펀드에 기반하고, 경영관리는 민간 영역의 조직들에 의해 작동함(GOCO : Government Owned, Contractor Operated)
 - 전반적인 관리는 운영회사(contractor)에 의해 이루어지는 GOCO 형태로서 정부가 미션 설정과 자본 제공, 운영회사가 안정적인 중장기 연구수행을 위한 환경 조성을 담당하는 형태임
 - National Laboratory와 함께 기술센터들이 기능함
 - : Bettis Atomic Power Laboratory, New Brunswick Laboratory, Oak Ridge Institute for Science and Education, Radiological and Environmental Sciences Laboratory, Savannah River Ecology Laboratory

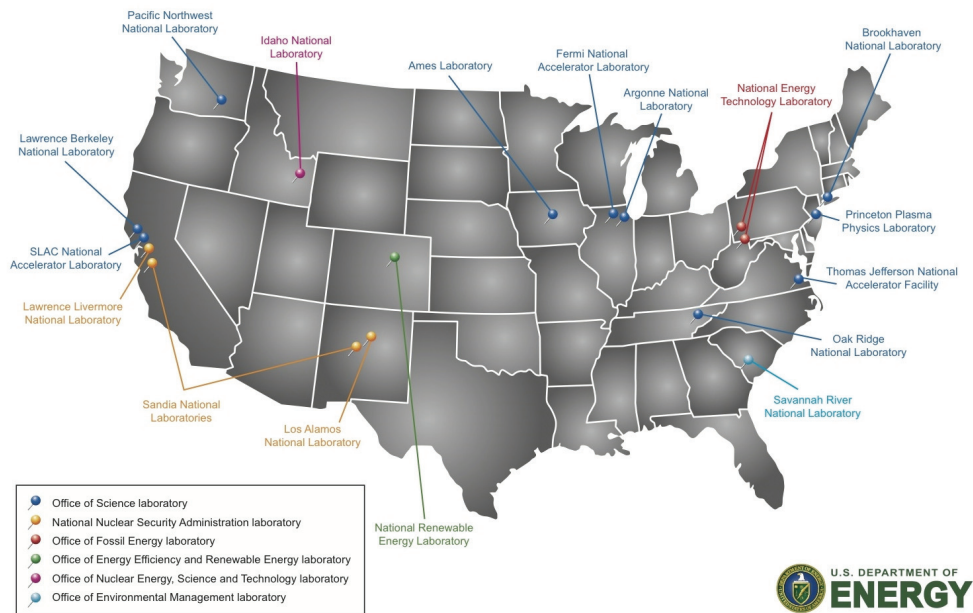
2) https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_national_laboratories (2016.4.9.)

3) https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Department_of_Energy_national_laboratories (2016.4.9.)

4) National Energy Technology Laboratory** ; Pittsburgh, Pennsylvania(1910), Morgantown, West Virginia(1946), Sugar Land, Texas(2000), Fairbanks, Alaska (2001), Albany, Oregon(2005), Lawrence Berkeley National Laboratory*(Berkeley, California(1931), Los Alamos National Laboratory*(Los Alamos, New Mexico, 1943), Oak Ridge National Laboratory*(Oak Ridge, Tennessee, 1943), Argonne National Laboratory*(DuPage County, Illinois, 1946), Ames Laboratory*(Ames, Iowa, 1947), Brookhaven National Laboratory*(Upton, New York, 1947), Sandia National Laboratories*(Albuquerque, New Mexico & Livermore, California, 1948), Idaho National Laboratory*(Arco와 Idaho Falls 중간지점, Idaho, 1949), Princeton Plasma Physics Laboratory*(Princeton, New Jersey, 1951), Lawrence Livermore National Laboratory*(Livermore, California, 1952), Savannah River National Laboratory* (Aiken, South Carolina, 1952), SLAC National Accelerator Laboratory* (Menlo Park, California, 1962), Pacific Northwest National Laboratory* (Richland, Washington, 1965), Fermi National Accelerator Laboratory* (Batavia, Illinois, 1967), National Renewable Energy Laboratory* (Golden, Colorado, 1977), Thomas Jefferson National Accelerator Facility* (Newport News, Virginia, 1984)

5) *GOCO(Government Owned, Contractor Operated), **GOGO(Government Owned, Government Operated)

그림 1 미국 National Laboratories 분포



자료 : Google 이미지 검색

표 1 미국 주요 National Laboratories 현황

National Laboratory	현황 (2016. 4월 기준)	
Ames Laboratory	설립연도	1947년
	위치	Ames, Iowa
	Contractor 유형	(Uni) Iowa State University of Science and Technology
	주력 분야	재료, 에너지 신물질, 화학 및 분자 과학
	규모	8 에이커, 12개 건물, 310 FTE(전일제 직원), 학생 149명
	펀딩	\$50m
Argonne National Laboratory	설립연도	1946년
	위치	Argonne, Illinois
	Contractor 유형	(Uni) UChicago Argonne, LLC
	주력 분야	청정에너지, 환경, 기술 및 국가 안보 등의 분야
	규모	1,500 에이커, 99개 건물, 3,402 FTE, 학생 812명, 시설 이용자 5,525명, 방문 과학자 979명
	펀딩	\$760m
Brookhaven National Laboratory	설립연도	1947년
	위치	Upton, New York
	Contractor 유형	(Uni) Brookhaven Science Associates
	주력 분야	우주 및 에너지, 의료 분야
	규모	5,320 에이커, 302개 건물, 2,989 FTE, 학생 399명, 시설 이용자 4,427명, 방문 과학자 1,348명
	펀딩	\$696m

National Laboratory	현황 (2016. 4월 기준)	
Fermi National Accelerator Laboratory	설립연도	1967년
	위치	Batavia, Illinois
	Contractor 유형	(Uni) Fermi Research Alliance, LLC ⁶⁾
	주력 분야	분자물리, 가속기, 컴퓨터 사이언스, 데이터, 영상
	규모	6,800 에이커, 362개 건물, 1,757 FTE, 시설 이용자 4,300명, 방문 과학자 32명
	펀딩	\$369m
Lawrence Berkeley National Laboratory	설립연도	1931년
	위치	Berkeley, California
	Contractor 유형	(Uni) University of California
	주력 분야	에너지 및 환경 분야
	규모	202 에이커, 97개 건물, 3,395 FTE, 학생 493명, 시설 이용자 9,330명, 방문 과학자 1,524명
	펀딩	\$754m
Lawrence Livermore National Laboratory	설립연도	1952년
	위치	Livermore, California
	Contractor 유형	(Uni) Lawrence Livermore National Security, LLC
	주력 분야	핵환경 관련 안전 및 신뢰성 확보, 테러대응, 에너지 및 기후변화 등 관련 분야
	규모	7,820 에이커, 713개 시설, 6,300명(박사 후 과정 포함), 2,700명의 과학자와 엔지니어, 시설 이용자 700명
	펀딩	\$1.5b
Los Alamos National Laboratory	설립연도	1943년
	위치	Los Alamos, New Mexico
	Contractor 유형	(Uni) Los Alamos National Security, LLC(LANS) ⁷⁾
	주력 분야	에너지, 고성능 컴퓨팅, 재료, 지구환경 관련 분야
	규모	10,507명(학생 1,001명, 박사 후 과정 328명 포함), 1,000개 건물, 도로 268miles, 전기선 198miles, 가스선 57miles
	펀딩	\$2.45b
Oak Ridge National Laboratory	설립연도	1943년
	위치	Oak Ridge, Tennessee
	Contractor 유형	(Firm) UT-Battelle, LLC
	주력 분야	에너지, 생명과학, 중성자 및 재료, 국가안보 및 컴퓨팅 관련 분야
	규모	4,421 에이커, 196개 건물, 4,368 FTE, 학생 520명, 시설이용자 3,115명, 방문 과학자 2,280명
	펀딩	\$1.65b

National Laboratory		현황 (2016. 4월 기준)
Sandia National Laboratory	설립연도	1945년
	위치	Albuquerque, NM, Livermore, CA, Tonopah Test Range, Nev., Kauai Test Facility/Maui, Hawaii, Washington D.C.
	Contractor 유형	(Firm) Sandia Corporation ⁸⁾
	주력 분야	Albuquerque(700개 건물, 13,740 에이커), California(77개 건물, 410 에이커), Tonopah(82개 건물, 179,200 에이커), Hawaii(56개 건물, 133 에이커), 그 외 16개 건물
	규모	10,540 FTE, 학생 678명, 박사 후 과정 187명
	펀딩	\$2.4b
Pacific Northwest National Laboratory	설립연도	1969년
	위치	Richland, Washington
	Contractor 유형	(Other) Battelle
	주력 분야	에너지, 환경, 국가 보안
	규모	670 에이커, 78개 건물, 4,100 FTE, 학생 753명, 시설 이용자 1,996명, 방문 과학자 64명
	펀딩	\$955m
Princeton Plasma Physics Laboratory	설립연도	1951년
	위치	Princeton, New Jersey
	Contractor 유형	(Uni) Princeton University
	주력 분야	플라스마, 에너지
	규모	88.5 에이커, 34개 건물, 414 FTE, 학생 40명, 방문 과학자 300명
	펀딩	\$75m
SLAC National Accelerator Laboratory	설립연도	1962년
	위치	Menlo Park, California
	Contractor 유형	(Uni) Stanford University
	주력 분야	신물질, 신약, 청정에너지, 환경
	규모	426 에이커, 151개 건물, 1,684 FTE, 학생 124명, 시설 이용자 3,411명, 방문 과학자 31명
	펀딩	\$350m
Thomas Jefferson National Accelerator Facility	설립연도	1984년
	위치	Newport News, Virginia
	Contractor 유형	(Uni) Jefferson Science Associates, LLC
	주력 분야	핵물리학, 가속기 과학, 핵 응용 분야
	규모	169 에이커, 83개 건물, 759 FTE, 학생 43명, 시설 이용자 1,385명
	펀딩	\$144m

자료 : 에너지부 홈페이지 및 각 National laboratory 홈페이지, Office of Science(2015)



■ 타 부처에 의한 National Laboratory⁹⁾

- 상무부(Department of Commerce)의 표준 기술 국가연구소(National Institute of Standards and Technology)는 연구주제별 6개의 실험실을 운영 중이며, 본부는 Gaithersburg, Maryland에 위치함
- 국립보건원(National Institutes of Health)은 Bethesda, Maryland에 위치하고, 바이오 메디컬과 건강 관련 연구 실험실 운영함

6) University of Chicago와 Universities Researchsocioiaon, Inc(89개 대학 컨소시엄)간의 제휴

7) the University of California, Bechtel National, Inc., BWXT Government Group, Inc., URS, an AECOM 연합

8) Lockheed Martin Corporation 자회사

9) https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_national_laboratories (2016.4.9.)

II National Laboratory의 모습

1. 법제도

■ 1980년 이전은 정부 중심의 연구성과 관리·규제

- 초기 연구성과물 관련 규제는 연방정부 지원에 의해 수행된 연구과제의 성과물은 정부가 소유하도록 명시함
- 비배타적 라이선싱, 기술료 면제 라이선싱 등을 통해 미국 산업으로의 성과 확산을 명시함
 - Patent Compensation Board 설립을 통해 발명자에게 적절한 보상이 이루어지도록 제도를 정비하였으나, 1951년 후반까지도 300여개 특허에도 불구하고 실제 보상이 이루어진 경우는 오직 한 건에 불과했음(Westwick, 2003)

표 2 미국 National Laboratory 기술이전 관련 연방정부 기술정책 변화

연도	법제	특징
1945	National Patent Planning Commission	에이전시들의 기술관련 차별화된 전략 수행의 재량권 부여
1947	U.S. Department of Justice Investigate of Government Policies and Practices	연방정부 펀드에 의해 수행된 연구성과물에 대한 특허권은 정부 소유
1950	Executive Order 10096	특허권 관련 정부특허위원회 설치
1961	Executive Order 10930	특허정책의 유연성 부여, 비배타적 라이선싱 허용
1980	Stevenson-Wydler Technology Innovation Act	국립연구소 기술이전 목표 수립 국립연구소 내 기술이전사무소 설치
1980	Patent and Trademark Laws Amendment(Bayh-Dole) Act	연방정부 펀드에 의해 수행된 연구성과물에 대한 특허권의 대학/비영리조직 소유 허용
1984	Trademark Clarification Act	Bayh-Dole Act의 확대 적용
1986	Federal Technology Transfer Act	GOGO의 CRADAs 참여 허용
1989	National Competitiveness Technology Transfer Act	GOCO의 CRADAs 참여 허용

자료 : Jaffe & Lerner(2001:172)



■ 1980년 Bayh-Dole Act(베이돌법) 도입

- Bayh-Dole Act 제정 전후, 연방정부 지원에 의해 수행된 연구과제의 성과물 소유 주체가 변화됨
 - 이는 라이선싱 수익뿐 아니라 라이선싱 계약의 특성(배타성 여부)에도 큰 영향을 미침

표 3 미국 DOE 산하 National Laboratory 기술이전 성과 변화 추이

연도	DOE 이윤 (백만 달러, 1995년 기준)	발명신고 건수	배타적(exclusive) 라이선싱 건수	비배타적(nonexclusive) 라이선싱 건수
1963~1979	0	19,008	1	644
1980~1997	30.6	14,286	418	2,699

자료 : Jaffe & Lerner(2001:173)

■ National laboratory의 중장기 계획

- Office of Science는 국가 S&T 비전을 세우고 National Laboratory 역량에 따른 목표 및 기본방향을 설계함
- National Laboratory는 주어진 목표 및 기본방향에 따른 중장기 추진 계획을 설계함
- Office of Science는 National Laboratory별 중장기 추진 계획에 대한 검토 과정을 통해 확정함
- National Laboratory는 중장기 계획의 실현을 위한 연간 세부 추진계획을 설계함

그림 2 National Laboratory의 중장기 계획 설계 과정



자료 : Office of Science(<http://science.energy.gov>)

2. 경쟁과 협력

■ 경쟁: Lawrence Livermore와 Los Alamos

- 유사한 미션을 수행하는 두 개의 National Laboratory의 편당에 대한 경쟁이 높은 수준의 작업성과를 창출하는데 도움이 된다는 기대를 가지고 경쟁을 유도함
 - 예를 들어, Lawrence Livermore는 Los Alamos와 특정 연구주제에 대해 경쟁하도록 디자인됨
- Lawrence Livermore와 Los Alamos는 핵무기 관련 기초과학, 생리학적 안전, 테러방지, 방위, 에너지, 지능 및 정보, 핵확산금지, 무기 등의 분야에 미션을 갖고 연구 수행함
 - 주요 미션 : 핵에너지의 군사 적용을 통한 국가 안보 증진, 미국 핵무기 비축의 안전성, 신뢰성, 성과 등을 증진, 국제 핵안전 및 핵확산 금지를 증진, 다량의 파괴적 무기로부터 글로벌 위험을 감소, 과학기술(S&T) 분야에서 미국의 리더십을 지원함



- * The National Nuclear Security Administration 산하 3개의 National Laboratory가 존재 : Los Alamos National Laboratory, Sandia National Laboratories, Lawrence Livermore National Laboratory
- National Laboratory 시스템은 원자에너지 위원회에 의해 만들어진 세계에서 가장 큰 과학 연구시스템 중의 하나라고 할 수 있음
- DoE는 물리, 화학, 재료 등의 분야에서 전체 국가 펀딩의 40% 이상을 담당하며 국방, 학계, 산업의 '철의 삼각지대(iron triangle)' 안에서 중요한(overarching) 그리고 미래지향적인(far-reaching) 연구 분야를 구성함

■ 협력 : University-National Oceanographic Laboratory System¹⁰⁾

- University-National Oceanographic Laboratory System(UNOLS)은 학계와 National Laboratory 공동그룹으로서 해양 관련 특정주체의 공동연구 수행을 목적으로 설립함
- 배경
 - 1960년대 해양 관련 다양한 연구주체와 연구과제들이 진행되면서 1970년에는 17개의 연구소들과 각각의 연구장비, 시설 등이 확대됨
 - 연구성과 확보 미흡, 장비/시설 활용 비효율, 관리 비용 증가, 소요되는 투자 펀딩 증가, 이해관계 충돌 등 비효율적인 문제 발생함
 - 1969년 Marine Science and Engineering(Stratton Commission)은 해당 분야 연구 수행의 효율성 및 연구성과 확보를 위해 정부 조직과 학계의 파트너십(연구 수행 및 시설 활용 등)의 필요성 제안함
 - 정부 조직은 '조정(control)' 관점, 학계는 '예산(send more money)' 관점에서 해석하며 접점을 찾지 못하는 난항을 겪음
 - 코디네이팅과 일정 관련 부분만 협력하는 수정 제안으로 1971년 17개의 관련 연구소들에 의해 UNOLS 공식화됨
- 비전과 미션
 - 재원에 대한 접근 및 공동 플랫폼을 통해 관련 분야 연구 및 교육의 다양성과 충족성 등 추구함
 - 연구 및 교육 관련 인프라 접근성 제고 등을 위한 관련 주체들 간의 협력 증진을 추구함
- 2014/2015 목표
 - 해양관련 분야가 조선업, 보험업, 시스템, 데이터 관리 등 전후방 다양한 산업과의 연계성을 가질 수 있도록 함

10) <http://www.unols.org/what-unols/history-unols>



■ 협력 : SLAC National Accelerator Laboratory와 Stanford University¹¹⁾

- Stanford와 SLAC간의 협력연구를 위해 \$44 million(2015) DoE 펀딩을 받아 4개의 협력 연구센터를 운영함
 - Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology(~\$19m), Stanford PULSE Institute(~\$5m), Stanford Institute for Materials and Energy Science(~\$14m), SUNCAT Center for Interface Science and Catalysis(~\$6m)
- SLAC 과학자들은 두 개의 Stanford 연구소에도 긴밀히 참여하고 있음
 - SLAC+PIE : The Precourt Institute for Energy(PIE)는 에너지 문제 해결을 위한 많은 학문 분야 전문가들이 참여하는 연구 허브로서 7명의 SLAC 연구진들이 참여함
 - chEM-H : The Stanford schools of Humanities and Sciences, Engineering and Medicine에 의해 설립된 다학제간 연구소로서 건강 증진을 위한 연구를 수행함
- SLAC 연구진들은 Stanford 학생들의 교육과 멘토에 있어서도 중요한 역할을 수행함
 - 2014~2015년 학기에 Stanford 대학의 6개 학과(Chemistry, Materials Science, Geo and Environ Science, Chemical Engineering, Physics, Applied Physics)에서 30여 개 과정을 강의함(강의에 등록한 학생들은 567명)

3. 평가

■ 평가 개요

- 매년 SC(The Office of Science, 과학사무국)는 National Laboratory의 과학, 기술, 관리 및 운영 등의 성과에 대한 평가를 수행하며 The Office of Laboratory Policy가 SC의 평가과정에 협력함
- 현재 평가시스템은 2006년 설계된 이후 지속되고 있으며, 평가의 기준은 투명도를 높이고 리더십을 향상하며 평가의 일관성을 유지하고자 함

11) https://www6.slac.stanford.edu/files/SLAC_Stanford_report_2016_final.pdf

■ 성과목표 및 평가구조

- 과학 및 기술의 필요성에 대한 부합성을 중심으로 8개의 성과목표로 설계함 :
 - ① 미션 수행(Delivery of S&T)
 - ② 연구 시설들의 디자인, 구조, 작동
 - ③ 과학 및 기술 프로젝트/프로그램 관리
 - ④ 리더십과 책무
 - ⑤ 통합된 환경, 안전 및 보호
 - ⑥ 비즈니스 시스템
 - ⑦ 시설 유지 및 인프라
 - ⑧ 보완 및 위기 관리
- 각 성과목표별 세부지표들을 구성하며, 매년 초기에 Performance Evaluation and Measurement Plan(PEMP)를 통해 성과목표 및 산출물 등에 대한 논의가 이루어지고 성과에 대한 증거자료 등의 검토가 이루어짐
 - 성과 ①~③은 Laboratory에 펀드를 지원하는 조직이 평가하며, 경영관리 목표 ⑤~⑧ 평가는 소재지 사무국(Site Office)에서 별도로 진행함
- 등급 결정에 있어서 정량적 지표뿐 아니라 이에 대한 Government Accountability Office(GAO), DoE Inspector General(IG), 그리고 DoE의 다른 부서 등에 의해 외부 검토(reviews)를 병행함
- 평가는 5점 척도(0~4.3) 방법이 적용되며, SC의 요구(기대) 성과에 부합하는 경우 'B+' 등급을 부여하며 각 Laboratory는 'Report Cards'라는 연차보고서를 작성함

표 4 National Laboratory 평가 점수 및 등급 구간

등급	A+	A	A-	B+	B	B-	C+	C	C-	D	F
점수	4.3~4.1	4.0~3.8	3.7~3.5	3.4~3.1	3.0~2.8	2.7~2.5	2.4~2.1	2.0~1.8	1.7~1.1	1.0~0.8	0.7~0

자료 : <http://science.energy.gov/lp/laboratory-appraisal-process>



표 5 FY2015 SC National Laboratories Performance Report Cards

성과목표	Argonne National Lab.	Brookhaven National Lab.	Lawrence Berkeley National Lab.	Oak Ridge National Lab.	SLAC National Accelerator Lab.
①	A-	A-	A-	A-	A-
②	A-	A-	A-	B+	A-
③	B+	B+	A-	A-	A-
④	A-	A-	B+	A	A
⑤	B+	B+	B+	A-	B+
⑥	B+	B+	A-	A-	B+
⑦	A-	A-	B+	A-	A-
⑧	B+	B+	A-	A-	B+

자료 : <http://science.energy.gov/lp/laboratory-appraisal-process/fy-2015> (2016.5.27.)

III National Laboratory의 기술사업화

1. National Laboratory의 사업화 지원을 위한 프로그램

■ 기술이전 및 사업화 지원 활동의 다양성

- National Laboratory는 민간조직들과의 연계를 통해 기술개발 및 사업화 지원을 추진함
- 기술이전의 경로는 다양한 형태로 이루어질 수 있음 : 특정 문제 해결을 위한 기술 지원, 시설장비의 활용, 특허와 소프트웨어의 라이선싱, 인적교류, 공동연구개발 등

■ The Small Business Vouchers(SBV) 시제품 지원¹²⁾

- 2015년 DoE는 청정에너지 관련 다양한 첨단기술의 사업화 활성화를 위해 해당 기술의 사업화를 추진하고자 하는 소기업을 대상으로 시제품 제작 바우처(Round 1~3)를 발행함
 - 이를 위해 DoE는 5개의 National Laboratory(Lawrence Berkeley National Lab., Ntationa Renewable Energy Lab., Oak Ridge National Lab., Pacific Northwest National Lab., Sandia National Lab.)를 지정함
- National Laboratory는 민간영역의 기술개발에 대한 그들의 자체 지원 부담을 덜고 소기업은 첨단기술 장비 및 전문인력으로의 접근성을 높이는 효과를 가지며, 국가적으로는 일자리 창출 및 국가 경쟁력 제고를 기대함
- 세계적인 기술로의 접근성 제고 및 시제품을 통한 가능성 검토는 보다 강한 혁신기업의 성장을 유도할 수 있음
- 특정 분야 기술을 활용하여 사업화를 추진하려는 소기업에게 총 \$20m(2016년 기준) 규모의 바우처를 제공하여 National Laboratory와의 협력을 활성화하려는 시도임¹³⁾
- National Laboratory와 기업의 파트너십 형성은 기업이 직면하는 기술 도전의 압력에 대한 새로운 해법을 제시하며 연구소 기술의 보다 빠른 사업화 경로를 제공함
 - SBV 1단계(round 1)는 약 \$6.7m 투자를 기반으로 33개 소기업이 참여하며, 각 기업은 약 \$50,000에서 \$300,000 범위의 바우처 지원을 받음
 - SBV 2단계(round 2)는 \$13m 규모의 펀드를 형성하며, 약 100개 지원이 가능함

12) <http://newscenter.lbl.gov/2016/03/10/berkeley-lab-to-collaborate-with-small-businesses-to-commercialize-clean-energy-products/>

13) <http://www.sbv.org/>

■ Technologist-in-Residence(TIR)¹⁴⁾

- National Laboratory 연구자들과 산업체와의 강한 연계 형성을 통해 연구소의 기술을 습득하고 있는 연구자와 산업체의 공동연구개발과 사업화 성과 제고를 추진함
- National Laboratory와 산업체에 속한 시니어 기술자(technologist)들로 구성된 팀을 형성하고 2년까지 함께 작업할 수 있음

■ Lab-Corps¹⁵⁾

- 6개의 National Laboratory(Argonne National Lab., Idaho National Lab., Lawrence Berkeley National Lab., Lawrence Livermore National Lab., Pacific Northwest National Lab., National Renewable Energy Lab.)에 특화된 모델임
- 연구자들의 기술을 시장에서 부가가치를 창출할 수 있는 기술로의 성공적인 전환을 추진하기 위해 연구자들에 제공하는 국가 네트워크임
 - 2016년 기준 신규 \$2.3m 자금을 통해 연구소 연구원들에게 어떻게 실험실 기술을 시장 적응 기술로 전환하는가를 훈련함(Innovative Corps(I-Corps) 벤치마킹)
 - 클린에너지 사업화 전문 과정에 사업화 가능 기술을 개발한 National Laboratory 연구자들이 참여하며 기업가정신 커리큘럼으로 인기있는 Lean LaunchPad까지 확장 가능함

■ 기술사업화를 위한 펀딩 : Technology Commercialization Fund¹⁶⁾

- EPOA(Energy Policy Act) 2005의 1001조에 따르면 응용연구, 시뮬레이션, 상업용 적용 등을 위한 부처 예산의 0.9%를 에너지 기술사업화 펀드로 적립하며, 사업화 목적으로 에너지 기술을 활용하고자 하는 민간 파트너와 매칭펀드 조성에 이용할 수 있음
 - 이의 실제 시행 여부 및 성과를 보고해야 함(Office of Technology Transitions, 2015)
- Technology Commercialization Fund(TCF)는 시장의 사적 펀딩과 매칭을 위해 연간 \$20m 조성함(2015년 기준)
 - 기술의 성숙을 위한 Technology Maturation Projects에 투입되며, National Laboratory가 민간 기업들과 파트너를 형성하여 사업화 적합 기술로 전환을 추진하는 데 투입함

14) <http://energy.gov/eere/lab-impact/impact-pilots>

15) <http://energy.gov/eere/lab-impact/impact-pilots>

16) <http://energy.gov/technologytransitions/technology-commercialization-fund>



■ Argonne의 기술 인큐베이터¹⁷⁾

- Chain Reaction Innovations(CRI)는 Argonne의 연구자 및 엔지니어, 다양한 연구시설 등과의 네트워크를 기반으로 하는 인큐베이터 프로그램임
- 사업화에서 직면하는 기술, 투자, 시설 및 장비, 소프트웨어 등의 한계를 지원하기 위하여 초기단계 기술에 참여하여 연구활동을 수행할 수 있는 최고 기술의 혁신자들을 지원함
 - CRI는 시제품 제작 프로그램인 Lab-Embedded Entrepreneurship Programs(LEEP)의 하나로서 설계됨
 - 개념증명 단계의 기술에 대한 기술지원을 수행하며 이를 통해 대학 및 National Laboratory 기술기반 창업 기업들을 지원함

2. National Laboratory별 사업화 지원을 위한 프로그램

(1) Lawrence Livermore National Laboratory

■ 산업의 경쟁력 확보를 위한 파트너십 형성 : Livermore Valley Open Campus¹⁸⁾

- Lawrence Livermore National Laboratory와 Sandia National Laboratory를 중심으로 형성된 혁신 허브로서 연구소 및 산업계 관련 분야 전문가들의 협력관계 형성함
- The High Performance Computing Innovation Center(HPCIC)
 - 연구소 보유 슈퍼컴퓨터, 소프트웨어, 전문인력, 기술 등에 대한 산업의 접근성을 높임으로써 낮은 비용으로 기업의 혁신 활동에 필요한 자원 활용을 가능하게 함
 - 이는 기업의 보다 나은 제품이 빠르게 시장으로 진입할 수 있게 함으로서, 기업의 경쟁력을 높이는 기회를 제공함
- Entrepreneurial Separation Program
 - 연구소 기술을 사업화하는 창업 및 소기업 지원을 위해 연구소 과학자 및 엔지니어들이 해당 기업에 최대 3년까지 참여하고, 종료 후 연구원으로 복귀하는 프로그램임

17) <http://www.anl.gov/articles/argonne-launches-first-tech-incubator>

18) <https://www.llvoc.org>

● Tech Transfer Ombuds Program

- 연구소 기술을 이전받은 라이선시(licensee), R&D 파트너, 기업 등으로부터 기술이전 과정과 관련된 이슈가 제기되면, 독립적 지위를 갖는 옴부즈맨이 이를 조사함

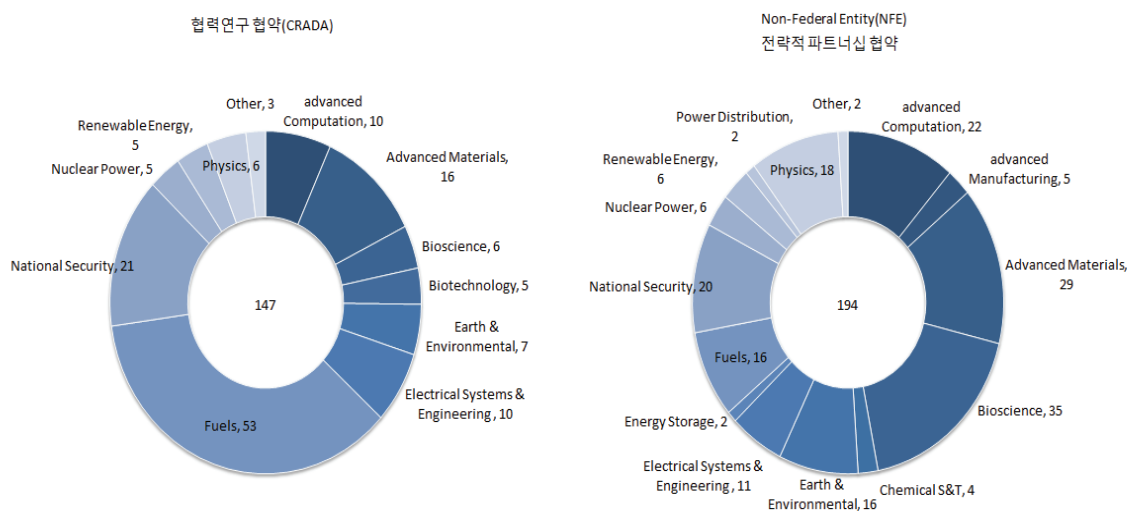
(2) Los Alamos National Laboratory(LANL)

- LANL은 기술 분야별 협력연구 및 라이선싱을 위한 혁신네트워크를 활성화하고 있으며, 이를 위해 다른 연구소 및 산업과의 협력을 중요시함

■ Cooperative Research and Development Agreements(CRADA)

- 연료, 안전 분야 등을 중심으로 147건, 민간과의 전략적 파트너십 프로젝트 협약은 바이오사이언스, 재료 등을 중심으로 194건이 진행됨(2014년 기준)¹⁹⁾

그림 3 LANL의 기술 분야별 협약 현황



자료 : Office of Science(2015)

■ New Mexico Small Business Assistance Program(NMSBA)²⁰⁾

- LANL은 Sandia National Laboratories와 공동으로 뉴멕시코주 내 33개 시에 속한 소기업들의 혁신 역량을 지원함
- NMSBA는 LANL와 Sandia National Laboratories의 전문성과 역량들을 활용하여 기술적 도전에 직면한 소기업을 지원하는 세 가지 유형의 프로그램임

19) Office of Science(2015)

20) <http://www.nmsbaprogram.org>

① Individual Projects

- 별도의 비용없이 과학자 또는 엔지니어로부터 테스트, 디자인 컨설턴트를 구하거나 특수 장비 및 시설에 접근할 수 있는 지원을 구할 수 있음

② Leveraged Projects

- 다수의 소기업이 그룹으로 NMSBA에 참여할 수 있는 프로젝트로서 1년내 기술도전을 해결하는 것이 목표이며, 펀딩 규모는 실험실 당 2만 달러에서 10만 달러 수준에서 진행함
- 본 프로그램은 민간기업 자체의 역량으로 해결하기 어려운 혁신 이슈를 국가 실험실의 역량을 활용하여 지원하고자 하는 것임

③ Contract Projects

- 민간기업이 비용부담으로 접근하기 어려운 서비스를 합리적인 비용 수준에서 제공함
- 현재 진행되고 있는 프로젝트는 New Mexico Manufacturing Extension Partnership, University of New Mexico's Anderson Schools of Management of Technology Program(시장잠재력 추정을 위한 기술로드맵), New Mexico Institute of Mining and Technology Department of Management(기술평가), New Mexico State University (NMSU의 Arrowhead Technology Incubator(ATI)를 통한 사업화 지원)

■ Los Alamos CONNECT²¹⁾

- LANL 기술의 경제적 파급효과를 확대하고, 기업의 지속적인 성장이 가능하도록 지원하기 위한 중간 연계 조직임
- Los Alamos CONNECT는 지역내 기업성장, 지속적인 성공, 지역경제 성장을 목적으로 조성되어 LANL에 의해 운영되며, 지역개발회사(the Regional Development Corporation)에 의해 행정 관리됨
- 원칙적으로 New Mexico州내 Santa Fe, Rio Arriba, San Miguel, Taos, Mora, Sandoval, 그리고 Los Alamos에 서비스를 제공하지만, 필요에 따라서는 州외 지역으로도 지원사업을 추진함
 - 설립 이후 2013년 7월 기준 602개의 기업 및 기업가를 지원하며, 2008~2012년 \$35.9m 펀딩이 조성되어 기업의 사업화 자금으로 활용함
 - 마케팅, 기술지원, 투자, 코칭 및 네트워킹, 교육 훈련, 그리고 기타 외부 자원연계 등의 지원을 수행함

21) <http://losalamosconnect.net>



(3) Brookhaven National Laboratory

■ 창업 지원

- 기존 기업뿐 아니라 창업기업의 초기단계 기술을 사업화에 적합한 기술로 전환하기 위해 기술 및 자본 접근성을 높이는 지원을 확대함
- 신규 창업을 위해 연구소가 보유하는 다양한 기술정보를 공개하며 연구소의 첨단장비 활용을 지원함

■ Technology Maturation(TM) Fund 조성²²⁾

- TM Fund는 초기단계 기술의 사업화를 위한 펀드로서 초기 검토를 심화하고 원리의 증명을 확립하고 보다 강한 지식재산을 형성하기 위함

(4) Lawrence Berkeley National Laboratory(Berkeley Lab)

■ 공동연구 플랫폼²³⁾

- 2010년 조직된 Community Advisory Group(CAG)을 통해 연구성과의 공개를 위한 프로그램 기획을 진행함
- The Berkeley Global Campus는 지역사회를 넘어 글로벌 공동 연구 수행을 위한 플랫폼으로 사회과학, 공공정책, 교육, 기술과 엔지니어링 등 다양한 분야의 통합형 노력에 의해 설계됨

22) <https://www.bnl.gov/techtransfer/technology-maturation-funding>

23) <http://bgc.berkeley.edu>

그림 4 Berkeley Global Campus 위치



자료 : <http://bgc.berkeley.edu/> (2016.5.27.)

(5) Argonne National Laboratory

■ Technology Development and Commercialization(TDC) 부서²⁴⁾

- Argonne 연구부서와 산업파트너간의 공동연구 및 파트너십 형성을 통해 사업화전략을 발전시키고 라이선싱 및 창업을 통해 기술의 사업화를 추진하고자 함
- 기술포트폴리오 구축 및 집중 지원을 추진함 : 에너지 저장, 산업 및 제조 공정, 이전가능 소프트웨어, 생명과학, 물질

24) <http://www.anl.gov/technology>

IV National Laboratory의 인력 양성

■ 과학기술 전문성 제고 및 차세대 인력 양성

- 연구소가 갖는 지식자원을 활용한 다양한 교육프로그램을 통해 과학에 대한 이해를 높이고 차세대 전문인력 양성을 지원함
- 차세대 과학 및 엔지니어링 인력 양성을 위한 중고등 학생 및 교사, 연구자, 일반인을 대상으로 하는 다양한 교육프로그램을 운영함

■ Lawrence Berkeley National Laboratory(Berkeley Lab)

- 과학 및 엔지니어링 분야의 다음 세대 양성을 위해 초등학생부터 학부생에 이르는 학생 뿐 아니라 고등학교 및 대학 학부 과정의 과학 교사를 대상으로 하는 프로그램 운영함

표 6 Berkeley Lab의 교육프로그램 개요

과정	개요
K-12 Students & Schools	• Berkeley Lab Adventure Zone in Elementary Science (3시간 워크숍) • Berkeley Lab Exploration of New Discoveries (그룹의 특성에 따른 맞춤형 1~2시간 프로그램) • Cool Your School (기후변화에 대한 교육 캠페인) • Expanding Your Horizons Network (젊은 여성들을 대상으로 과학, 기술, 엔지니어링, 수학 분야 경력 제공) • Hands-On Universe (천문학 학습) • Introductory College-Level Experience in Microbiology (첨단 과학기술 분야 인턴십) • Technovation Challenge (컴퓨터 사이언스 및 기업가정신에 있어서 여성들의 성공을 위한 기술 훈련)
High School	• Science Bowl (고등학생 팀들의 지역경연) • Berkeley Lab Exploration of New Discoveries (그룹 특성에 따른 맞춤형 1~2시간 프로그램) • FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology, 멘토링을 기반으로 젊은 세대의 과학기술리더십 함양)
Teachers	• 외부의 다양한 교육프로그램과 공동 연계
Undergraduate, Graduate Students and Faculty	• Science Undergraduate Laboratory Internship (SULI, 봄, 여름, 가을 연구 인턴십) • Visiting Faculty Program (VFP, 여름 연구 인턴십)

과정	개요
	• Community College Internship (CCI, 여름 10주간 DOE 연구과제 참여 인턴십) • Berkeley Lab Undergraduate Research (BLUR, 학부 4학년 대상의 인턴십) • Berkeley Lab Undergraduate Faculty Fellowship (BLUFF, 학부생과 교수진 팀이 참여하는 여름 인턴십) • Mickey Leland Energy Fellowship (MLEF, 학부/대학원/박사후 과정생을 위한 연구 인턴십) • Berkeley Lab Exploration of New Discoveries (BLEND, 그룹 특성에 따른 맞춤형 1~2시간 프로그램) • Computing Science Summer Student Program (컴퓨터 과학 분야 학생들을 대상으로 하는 12주 연구 프로그램)
Berkeley Lab Employees	• Daughters and Sons to Work Day(DSTW)는 연구진들의 자녀들을 대상으로 하는 연구현장 참여 이벤트

자료 : <http://education.lbl.gov>

- Nano-High은 2003년 시작한 고등학생 대상 프로그램으로 매주 토요일 아침 강연으로서 최근의 주요 이슈가 되는 첨단 과학에 대한 내용을 주제로 함
- Friends of Berkeley Lab은 회원제로 운영되고 과학자들과의 연계, 특정 주제의 토론에 참여 등이 가능하며, 연구실에서 개발한 연구성과에 대한 정보 공유 등 과학에 대한 이해 제고를 위해 디자인된 프로그램임

■ Los Alamos National Laboratory²⁵⁾

- Post Doctoral Fellows Program : 핵과학 분야 미래 세대 육성을 위해 지원함
- Summer Research Fellowships : 핵, 방사화학, 악티나이드(Actinide) 연구 분야에서 8~10명 대학원생을 선정하여 에너지부(DoE), 국가안보부 지원하에 8~10주 동안 수행함
 - 학생들의 논문 등에 활용 가능한 연구과제를 수행할 수 있는 기회 제공함
- Graduate Research Assistant(GRA) Program : 학위기간 동안 연구경험을 제공하며, 학위 논문을 연구소에서 수행할 수 있음
 - 90일에서 1년까지 가능하며 필요에 의해 연장 가능(박사과정의 경우 7년까지 가능)
- Undergraduate Student Program(UGS) : 여름(90일), 시간제, 전일제 등으로 제공하며 학사학위 취득에 필요한 관련 분야 연구경험을 제공함

25) <http://www.lanl.gov/careers/career-options>

- High School Internship Program : 16세 이상, 최소 기준 학점 이상 취득한 고등학생들이 학교와 연구소에서 교육받는 기회를 제공하며, 연구소에서의 성과를 학점으로 인정함
 - 여름방학 기간에는 전일제(full-time)와 학기 중에는 시간제(part-time)를 선택 가능함
- 이 외에도 STEM 분야 활성화를 위해 학생 및 교사를 대상으로 다양한 교육프로그램 제공함

■ Argonne National Laboratory²⁶⁾

- Argonne Learning Center는 학생들을 위한 실험실, 강의실 등을 갖추고 있으며, STEM 특화된 교육을 진행하며, 특정 대상 중심의 공개이벤트 등을 통해 지역 사회에 다가감
- OutLoud는 연구원의 대중강연시리즈로 Argonne 연구자의 첨단기술 분야 및 기술이슈 중심의 강연을 통해 대중의 이해를 높이기 위한 프로그램임
 - 예를 들어, 2016년 5월 강연은 'The end of water as we know it' 주제로 강연함
- 박사후 과정, 특별연구원(fellowship) 제도 등을 운영하며, Faculty Program의 경우 Argonne 내부 연구진과 6개월간 협력연구 수행 및 지원자의 급료수준에 따라 책정된 수준의 재정지원도 가능함
- 학생 대상 여름방학 및 학기 중 참여 가능한 다양한 프로그램 운영함

표 7 Argonne Lab의 교육프로그램 개요

과정	개요
Middle/High school	• Middle School Science Bowl • Introduce a Girl to Engineering Day • Exemplary Student Research Program • Rube Goldberg Competition • Science Careers in Search of Women • Pre-College Research
Undergraduates	• 과학 및 엔지니어링 분야 학생들의 전문 영역 선택을 위해 연구현장에서 경험 기회 제공 • 매년 100여명의 학생들이 다양한 인턴십 프로그램에 참여 • Internship Opportunities • Temporary Employment • Undergraduate Symposium • Louis Stokes Midwest Center for Excellence (2012년부터 Louis Stokes Alliances for Minority Participation, Chicago State University(CSU), Indiana University, Purdue University 등과 연합하여 교육 수행)
Graduates	• Lab Graduate Research (학위 논문을 연구소 연구자와 교수의 공동 지도를 통해 수행)

26) <http://www.anl.gov/education/educational-programs>

과정	개요
	• Guest Graduate Program (학생에게 유효기간 1년의 gate pass를 부여하고 학생이 원하는 시점에 연구소를 방문하여 연구 수행) • Visiting Graduate Program (해외 박사과정 학생을 대상으로 공동 논문지도, J-1 교환연구자) • Thesis Parts Program (몇 개월 이내 기간으로 진행) • Business Internship Program • Environmental Management Internships (DOE 산하 6개 연구기관에서 10주간 운영) • Research Aide Appointments (임시직으로 연구 수행을 지원하는 역할을 통해 관련 지식 습득) • Cooperative Education (이론-실용을 연계하는 프로그램) • National School on Neutron and X-ray Scattering (학생들이 관련 장비 이용의 숙련도를 높이기 위해) • Givens Summer Associate Program (연구소 내에서 수학 및 컴퓨터 사이언스에 대한 교육받을 기회 제공) • Summer Strategic Trade Control Program (국가 안보 관련 기술 이해) • Next Generation Safeguards Initiative Summer Internship Program (주제별 세션을 구성하고 10~12주 교육)
Faculty	• Argonne 연구자들과의 네트워크를 형성하고, 다양한 연구 수행의 기회를 제공하며, 후학 양성을 위한 새로운 아이디어 및 기술 동향을 이해 • Visiting Faculty Program(평균 10주간 운영, 학생 2명까지 동반 가능, 체재비 \$13,000 지원) • Argonne Sponsored Programs • Workshops(Summer School, Training Program, Bootcamp 등) • STEM Summit(학계 및 산업계 관계자 참여)

자료 : <http://www.anl.gov/education/educational-programs>

■ Lawrence Livermore National Laboratory

- 교사들의 과학 분야 연구 활동의 실제 참여 기회 제공 및 다양한 주제의 강연을 시행함

표 8 Lawrence Livermore National Lab의 교육프로그램 개요

유형	개요
Teacher Research Academies(TRA)	중고등학교 및 대학 교원들에게 과학 분야의 전문적인 개발 과정에 참여함으로써 실제 경험을 제공
Science on Saturday(SOS)	중고등학생을 대상으로 하는 강연 프로그램

자료 : [https://education.llnl.gov/\(2016.5.29.\)](https://education.llnl.gov/(2016.5.29.))

■ Oak Ridge National Laboratory

- 학생 및 교원들을 위한 강의 및 인턴 과정 등을 시행하며, 파트너 관계에 있는 기관들과의 협력을 강조함
 - 방문연구자 프로그램의 경우, 방문연구자가 지도학생을 동반할 수 있도록 하여 연구의 지속성 유지에 효과적임

표 9 Oak Ridge National Lab의 교육프로그램 개요

대상	개요
Visiting Faculty	• 여름 학기 동안 다양한 방문교원 프로그램 운영 • 교원은 학생 두 명 동반 가능 • Higher Education Research Experience(HERE) 프로그램은 방문교원의 연구과정에 참여 기회 제공
Undergraduates	• 다양한 분야에 참여 가능한 인턴십 프로그램 제공 (2013년 기준 426명의 학생들이 다양한 인턴십 참여)
K-12 Students and Teachers	• 연구소와 파트너 대학들이 다양한 프로그램 제공 (2013년 기준 385명의 학생과 59명의 교사 참여)
Science Saturdays	• 8~12학년 학생들이 참여하는 강연프로그램

자료 : <https://www.ornl.gov/content/education-programs>

■ Brookhaven National Laboratory

- 교육대상이 유치원생에서 박사후 연구생 및 교원에 이르기까지 넓으며, 이들의 특성에 따른 맞춤형 프로그램을 설계함
 - 프로그램은 데이(day), 주(week), 월(month), 연(year) 등 참여과제의 특성별 다양하게 구성됨

표 10 Brookhaven National Lab의 교육프로그램 개요

대상	개요
Students	• INCREASE workshop : 2일간 과정, 강연 및 실험활동 • Internship : 학부 및 대학원생 등을 대상으로 하는 다양한 인턴과정 • Summer School : 6월~7월 운영되는 분야별 특화 프로그램 • College Mini-Semester Program : 연구과제에 참여하는 동안 1주일을 연구소 현장에 참여 • New York State collegiate S&T Entry Program Mini-Course(CSTEP) : 겨울방학 중 5일간 참여 프로그램 • Contest : 분야별 다양한 경연 프로그램 • Exploration laboratory : 대상 및 주제별 다양한 참여 프로그램

대상	개요
Teachers	• (AEF) Albert Einstein Distinguished Educator Fellowship Program ; K-12 참여한 교육자들이 국가 교육 분야에 기여 • (OEP) InSynC : 싱크로트론 분야 실험에 고등학교 선생님과 학생이 함께 참여 • (OEP) Professional Development Workshops for Teachers : 연구소의 첨단 연구환경을 체험하기 위한 데이(Day) 프로그램 • (OEP) The G.R.E.En.Institute : Gaining Research Experience in the Environment, 유치원~대학원까지 맞춤형 프로그램 • (OSSP) GREEN Institute's Open Space Stewardship Program : 학교와 연구원과의 유대관계 형성 • 2015 Environmental Teacher workshop • Laboratory Equipment Donation Program(LEDPA) ; 에너지 관련 실험실 장비를 이전
College Faculty	• Visiting Faculty Program : 여름학기 동안 교수와 학생이 함께 참여하고 종료 후 보고서 제출
Postdocs	• AGEP-T FRAME : 학술적 성장을 위한 필수 기술의 개발을 지원하며 2년간 수행

자료 : <https://www.bnl.gov/education>

■ SLAC National Accelerator Laboratory

- 파트너 대학들과의 공동 프로그램을 운영하며, 연구소뿐 아니라 대학의 연구자원을 공동 활용하면서 교육성고를 높이고 있음

표 11 SLAC National Accelerator Lab의 교육프로그램 개요

교육 및 인턴십 과정		개요
고등 학교 과정	RISE(Raising Interest in Science and Engineering) summer internship Program	• 스탠포드 대학의 후원으로 진행 • 7주간 하계 프로그램 • 주당 30시간 스탠포드 캠퍼스에서 멘토들(대학원생)의 지도하에 학습
학부 및 대학원 과정	Community College Internship	• DOE 후원으로 진행 • 관련 분야 학부생들의 기술 경력 쌓는 기회 제공 • 9주간 진행 (선발된 인턴십 학생은 소정의 생활비, 숙소 등 제공받음) • 인턴십 기간 성과기반 논문 작성 가능
	SCGSR	• 우수 대학원생을 대상으로 학위논문을 SLAC에서 작성할 수 있는 기회(펀드 포함) 제공 (펀드는 학생평가에 기초하지만 \$3,000 수준) • 제안된 연구계획서에 따라 3개월~1년 기간

교육 및 인턴십 과정		개요
	Alonzo W.Ashley Internship Program	실제 경험을 쌓을 수 있는 인턴 기회 제공, 1년간 진행
	STAR(STEM Teacher & Researcher) Program	9주간 하계 인턴십 - 과학 및 수학 분야 선생님들의 수준 향상을 목적으로 함 - Cal.Polytechnic State Uni - DoE National Laboratories, NSF, NASA, 교육기관 등이 파트너십 형성
	SULI(Science Undergraduate Laboratory Internship) Program	- DoE의 후원으로 진행 9주간 진행 - 주당 \$500, 숙소 등 제공
	Youth Opportunity Program(YOP)	10주간 고용 프로그램 18-22세 (가족 소득의 정해진 범위 초과하지 않는) 학생들에게 제공
	SLAC Summer Institute(SSI)	10일간 여름학교 (오전 강의/오후 토론) - 스탠포드 대학 주최, DoE와 SLAC 참여
	SLAC Summer Student Program	18세 이상 고등학생, 학부 및 대학원생 참여 12주간 근무 (업무 분야는 기술이해도 등에 따라 다양)
연구원 과정	Visiting Faculty Program(VFP)	- 연구진들(Faculty)의 연구경쟁력 향상을 위해 설계 - 참여 연구진들은 2명의 학생까지 연구프로젝트에 참여시킬 수 있음 - DoE Laboratory 연구진들과 협력 10주간 \$13,000 지원받음 - 참여 학생들은 주당 \$500 지원
	Wolfgang Panofsky Fellowship	- SLAC 설립자를 기념하기 위함 - 젊은 과학자들이 SLAC에서 연구 수행할 수 있는 기회 제공 - 지원자는 SLAC의 연구범위에 부합하는 계획서를 제출, 관련 펀딩 지원

자료 : <https://www6.slac.stanford.edu/>

V

National Laboratory의 방향

1. 국가와 인류 니즈에 따른 변화

■ 국가 니즈의 변화에 따른 National Laboratory의 역할 변화

- 지난 100여 년간 National Laboratory는 시대적 요구에 대응하면서 진화해옴
 - 냉전시대에는 보다 강한 무기의 확보를 위한 요구에 대응하고, 미국의 군사력 강화를 추구함
 - 이후에는 에너지 위기에 맞서 청정, 대체 에너지 확보를 위한 요구, 고령화시대에 맞서 보다 건강한 삶의 유지를 위한 요구 등 지속적인 성장 및 인류의 생존을 추구함
- 현재와 미래에 대한 시각을 갖고 중장기 연구개발 프로그램 기획을 통해 국가의 성장을 추구함
 - National Laboratory들의 경쟁력 확보 분야에 대한 집중과 협력을 통해 National Laboratory의 국가·사회적 역할 지속을 위해 노력함
 - * Adam Smith는 특성화가 주체간 상호의존성을 강화시킬 수밖에 없음을 강조하며, 각자 자신이 갖지 못한 역량을 가진 주체와의 연계 중요성을 강조함(Westwick, 2003)

■ 산업 파트너로서의 National Laboratory의 역할 확대

- Jaffe & Lerner(2001)는 산업과의 협력 활동에 있어 고려요인으로 기술의 수준, 시설·장비 등의 인프라, 기업과의 근접성을 제시함
 - 기술, 인프라, 지역 이해 등에 있어서 National Laboratory가 갖는 경쟁력은 산업과의 협력활동을 지속하고 강화하기에 충분함
- National Laboratory 조직내 산업과의 협력 및 사업화를 위한 전담 부서를 설치하고 이들을 중심으로 기술 및 인력 교류, 시설 및 장비의 공개 등의 활동을 강화함
- 산업파트너로서 역할에 있어서 미국경제에 기여하는가, 기회의 공정성을 보장하고 있는가, 민간 기업과의 경쟁을 회피하며 협력을 증진하고 있는가에 대한 신중한 논의를 지속함



■ 국가 산업 경쟁력을 위해 산업과 함께 하는 National Laboratory

- 사업화 추진을 위한 공동연구개발 및 사업화 전담 매칭펀드 조성 등을 통해 National Laboratory의 과학성과 기반 창업 및 기업의 기술 장애 지원을 강화함
- 상호 소통을 통해 과학-산업의 접근 유연성을 확대함
 - (예시) Argonne National Laboratory는 공공구매를 위해 약 \$300m 규모의 예산을 집행하며, 연구를 위해 필요한 다양한 제품 및 서비스를 기업(대기업~소기업)으로부터 조달 받아 상호 성장을 추구함

2. 과학기술인력의 존중과 경쟁력

■ 과학기술인력에 대한 존중과 신뢰

- 과학기술 연구자에 대한 존중과 신뢰를 기반으로 과학기술 및 National Laboratory 관리 운영을 위한 중장기 기획 및 사업을 추진함
 - 대학보다는 관료주의 영향력이 클 수밖에 없는 National Laboratory 연구자들의 자율성 및 인센티브 확보를 위해 노력함
- 과학기술 관련 주체들, 과학자, 연구소 운영자, 학계와 산업계 관리자, 프로그램 매니저, 위원회, 과학 어드바이저, 예산 심사관, 입법자 등의 다양한 이해관계 등에 대해 모색함
- 과학자들의 독립성 유지와 관리자들의 이해관계 조정 등을 위한 지속적인 논의와 협의를 진행함

■ 과학기술 경쟁력 유지를 위한 차세대 과학기술인력 양성

- 기초과학 연구 및 첨단장비 등을 통한 혁신플랫폼 기능뿐 아니라 교육훈련을 통한 과학기술 인력들에 대한 현장 경험 확보 및 과학기술에 대한 이해를 강화함
- 과학기술인력 양성을 위해 지역내 대학과의 공동과정 설계 및 지역내 산업체 인력 지원 등의 지역과의 호흡을 강조함



3. 첨단장비의 구축과 개방형 혁신 플랫폼

■ National Laboratory의 첨단장비 개방

- 구축 및 운영을 위한 넓은 공간과 높은 비용을 필요로 하는 다양한 대규모 첨단 시설 장비를 구축하고 이를 기반으로 기초과학 연구를 수행할 수 있도록 지원함
- 첨단장비 및 전문 과학기술인력을 중심으로 형성된 혁신 플랫폼은 산학연 공동협력을 통한 사업화 추진 거점으로 기능함

■ National Laboratory의 첨단장비 구축 현황

- Argonne National Laboratory 첨단장비 플랫폼
 - 5개(Advanced Photon Source, Argonne Leadership Computing Facility, Argonne Tandem Linear Accelerator System, Center for Nanoscale Materials, Transportation Research and Analysis Computing Center)의 주요 장비를 구축함
- Los Alamos National Laboratory의 첨단장비 플랫폼
 - 비핵실험 수행을 위한 DARHT(방사선촬영 장비)와 물질의 성능 및 생산에 대한 제어 기능을 제공하는 MaRIE(Matter-Radiation Interactions in Extremes) 등을 구축함
 - 이를 기반으로 핵 비축의 조건을 이해하고 핵탄두의 수명 연장을 목표로 설계된 연구 개발 수행 주체들의 혁신플랫폼이 됨
- SLAC National Accelerator Laboratory의 첨단장비 플랫폼
 - 세계에서 가장 긴 입자가속기(the world's longest particle accelerator, 2mile)를 건설함('Project M'으로 명명되었으나, 과학자들에게는 'The Monster'로 불림)
 - 가속기를 통해 세계에서 가장 밝은 x-rays, the Linac Coherent Light Source(LCLS)를 만들어냄
 - 과학 분야에서 세 가지 주요 미션, 1) 혁신과 새로운 개념을 갖는 x-ray FEL program을 선도, 2) High gradient에서 세계적인 리더가 되며, 3) Advanced accelerator R&D 프로그램의 세계적 리더가 되는 것을 강조함
 - 이러한 노력으로 2,900명의 과학자가 매년 세계 각국에서 첨단장비를 활용하기 위하여 방문함

■ 필자 ■ 손수정(과학기술정책연구원 연구위원)



참고문헌

〈문서자료〉

- CBRE(2010), “Lawrence Berkeley National Laboratory Economic Impact Study”, CBRE Consulting.
- Cometto, Maria Teresa & Alessandro Piol(2013), *Tech and the City*, Mirandola Press.
- HR&A Advisors, Inc.(2014), “The New York City Tech Ecosystem”(www.nyctechconomy.com)
- Jaffe, Adam B. & Josh Lerner(2001), “Reinventing public R&D: patent policy and the commercialization of national laboratory technologies”, *RAND Journal of Economics*, 32(1), pp. 167–198.
- Lahlou, Karim(2014.8.20.), “Startups move to co-shared offices amid high real estate prices”, *The Midtown Gazette*.
- Neal, Homer A., Tobin L. Smith, & Jennifer B. McCormick(2008), *Beyond SPUTNIK: U.S. Science Policy in the Twenty-first Century*, The University of Michigan Press.
- Office of Science(2015), “The U.S. Department of Energy’s Ten-Year-Plans for the Office of Science National Laboratories”, U.S. Department of Energy.
- Office of Technology Transitions(2015), “Request for Information”, U.S. Department of Energy
- Westwick, Peter J.(2003), *The National laboratory: Science in an American System 1947–1974*, Harvard University Press.

〈웹사이트〉

- http://en.wikipedia.org/wiki/National_Laboratory
- https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_national_laboratories
- <http://energy.gov/about-national-laboratory>
- https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Department_of_Energy_national_laboratories
- <http://newscenter.lbl.gov/2016/03/10/berkeley-lab-to-collaborate-with-small-businesses-to-commercialize-clean-energy-products/>
- <http://www.ameslab.gov>
- <http://www.fnal.gov>
- <http://www.sandia.gov>
- <http://www.jlab.org>
- <http://www.pnnl.gov>
- <http://www.lanl.gov>