

주요 초성능컴퓨팅센터의 활용 현황 : 사용자와 활용 분야를 중심으로

최민석

본 보고서는 ETRI 기술정책연구본부 주요사업인
"국가 지능화 기술정책 및 표준화 연구"를 통해 작성된 결과물입니다.



목 차



요 약	1
I. 서론	2
II. 분석 방법	3
III. 국가별 주요 초고성능컴퓨팅센터 현황	6
1. 미국	6
2. 일본	13
3. 중국	18
4. 유럽	20
5. 한국	24
6. 기타	26
IV. 초고성능컴퓨팅센터 비교 및 종합	28
V. 결론	30
참고문헌	31

요약

■ 분석 목적

- 초고성능컴퓨팅 자원과 그 활용의 중요성이 더해가는 가운데 우리 정부는 2021년 5월 28일에 발표한 「국가초고성능컴퓨팅 혁신전략」에서 10대 전략 활용 분야 선정(① 소재·나노 ② 생명·보건 ③ ICT ④ 기상·기후·환경 ⑤ 자율주행 ⑥ 우주 ⑦ 핵융합·가속기 ⑧ 제조기반기술 ⑨ 재난·재해 ⑩국방·안보)
- 주요국 초고성능컴퓨팅센터들의 사용자 구성과 활용 분야를 분석함으로써 10대 전략 활용 분야에 더해 새로운 활용 분야 발굴에 도움이 될 것으로 기대

■ 분석 방법

- 세계 500대 초고성능컴퓨터를 운영하고 있는 206개 이상의 기관 중 선도 국가(예: 미국, 일본, 중국, 유럽)와 한국과 유사 국가(예: 호주, 대만), 상위 순위 초고성능컴퓨터 운영 기관, 정보 접근성을 고려하여 연구기관 또는 대학에 소속된 12개의 초고성능컴퓨팅센터를 분석 대상으로 선정
- 12개의 초고성능컴퓨터 운영기관의 대부분이 기관 소속 부서 형태로 초고성능컴퓨터 운영을 담당하고 있기 때문에 기관 전체의 중점 연구 분야와 초고성능컴퓨팅센터의 지원 분야의 비교, 내외부 사용자 구성 비중 등을 분석

■ 분석 결과 (3가지 특징)

- 첫째, 다수의 초고성능컴퓨팅센터들을 가지고 있는 국가들의 상위 초고성능컴퓨터 운영센터들은 소속 연구기관의 중점 연구분야(예: 자연과학, 국방, 에너지)를 주로 지원하는 경우가 많음 (예: 미국, 일본, 유럽)
- 둘째, 소속 연구기관의 중점 연구분야를 지원하는 초고성능컴퓨팅센터들의 대부분은 내부 사용자 비중이 높고, 그렇지 않은 센터들은 외부 사용자 비중이 높음 (국가 전체 초고성능컴퓨터 수가 많지 않으면 외부 사용자 비중 높음)
- 셋째, 내부 사용자 비중이 높은 연구기관들은 대규모 계산과학 조직을 갖추고 있고, 기관 예산이 1조 원이 넘을 정도로 규모가 큼 (예: 미국의 ORNL, LLNL, LBNL, 일본의 RIKEN, AIST, 독일의 FZJ, 스위스의 ETHZ)



I

서론

- (배경) 미국, 중국, 일본 등 세계 각국은 과학 발견의 한계 극복, 국방 및 안보 확보, 경제적 우위 창출을 위해 엑사급(exascale) 컴퓨터 개발에 나서고 있는 등 초고성능컴퓨팅 기술을 국가 핵심 전략 자원으로 인식하고 대규모 투자를 단행
 - 주요국들은 산학연에 다수의 초고성능컴퓨터를 보유하고 있으며, 매년 새로운 최고급 컴퓨터를 선보이고 있음 (예: 2018년 미국 오크리지국립연구소의 서밋(Summit)과 로렌스리버모어국립연구소의 시에라(Sierra), 중국 광저우국립슈퍼컴퓨팅센터의 텐허-2A, 2020년 일본 이화학연구소의 Fugaku, 2021년 미국 로렌스버클리국립연구소의 펄머터(Perlmutter), 일본 산업총합기술연구소의 ABCI 2.0)
 - 초고성능컴퓨팅의 가치는 어떤 분야에서 어떻게 활용되었는가에 의해 좌우되기 때문에 활용 가치가 인정될 때 초고성능컴퓨터의 구축 필요성이 탄력을 받을 수 있고, 초고성능컴퓨팅의 개발까지 이어질 수 있음
- (현황) 우리 정부는 2021년 5월 28일에 5년마다 수립하는 법정계획인 「국가초고성능컴퓨팅 혁신전략」을 발표하면서 세계 최고 수준의 인프라 확충, 핵심기술 확보 및 산업화 등과 함께 초고성능컴퓨팅 활용 활성화를 위해 10대 전략 분야 선정
 - 「제4차 과학기술 기본계획」의 기술분류체계 43개 분야에 대해 4,618명의 설문조사와 30명의 전문가 의견을 수렴하여 14개 후보를 도출하여 선정
 - 전략 분야: ① 소재·나노 ② 생명·보건 ③ ICT ④ 기상·기후·환경 ⑤ 자율주행 ⑥ 우주 ⑦ 핵융합·가속기 ⑧ 제조기반기술 ⑨ 재난·재해 ⑩ 국방·안보
- (목적) 설문조사 및 전문가 의견에 더해 해외 초고성능컴퓨팅센터들의 사용자 구성과 활용 분야를 확인하면 초고성능컴퓨팅 자원의 활용에 도움이 될 것임
 - 지금까지 해외 초고성능컴퓨팅센터들의 사용자 구성과 활용 분야에 대해 종합적으로 정리된 자료 부재
 - 이 자료가 정부의 연도별 국가초고성능컴퓨팅 추진계획의 기초자료로 활용될 수 있길 희망

II 분석 방법

- (분석 대상) 세계 500대 초고성능컴퓨터를 운영하고 있는 206개 이상의 기관 중 다음과 같은 조건을 충족하는 기관을 선정
 - (국가) 세계 500대 초고성능컴퓨터를 보유한 국가는 한국을 포함하여 31개국인데, 국가별 보유 개수가 많은 국가(예: 미국, 일본, 중국, 유럽)와 한국, 기타(예: 호주, 대만)를 분석 대상으로 삼음

< 표-1 > 세계 500대 초고성능컴퓨터의 국가별 유형별 분포

구분	국가	기업	연구기관	대학	정부	HPC 공급업체	기타	합계	Rpeak합계 (TFlop/s)
1	중국	139	8	5	10	10	1	173	1,158,771
2	미국	73	32	16	17	1	10	149	1,466,458
3	일본	2	16	13			1	32	827,932
4	독일	3	13	10				26	281,301
5	프랑스	4	10	3			2	19	173,350
6	캐나다	4	1	4	2			11	53,293
7	네덜란드	8	2				1	11	55,164
8	영국		8	3				11	74,500
9	한국	2	3		2			7	116,836
10	러시아	6		1				7	101,737
11	사우디아라비아	5		1				6	98,982
12	이탈리아	4		1		1		6	114,512
13	브라질	3	1	1				5	35,084
14	스웨덴			4				4	18,917
15	폴란드			4				4	14,563
16	핀란드		1	2				3	17,375
17	스위스		3					3	33,955
18	인도		3					3	12,082
19	호주	1	1	1				3	19,831
20	UAE	2						2	12,165
21	대만		2					2	19,563
22	슬로베니아		2					2	10,047
23	체코			2				2	12,914
24	룩셈부르크		2					2	18,291
25	싱가포르	1						1	6,193
26	아일랜드	1						1	3,871
27	노르웨이			1				1	6,193
28	불가리아			1				1	5,942
29	스페인			1				1	10,296
30	오스트리아			1				1	3,762
31	모로코			1				1	5,015
	합계	258	108	76	31	12	15	500	4,788,895

* 출처 : Top500 (2021.11), 제57차 세계 500대 초고성능컴퓨터 목록 (<https://top500.org/lists/top500/2021/11/>)



- (순위) 복수의 기관을 보유한 국가의 경우, 상위 순위 초고성능컴퓨터를 운영하고 있는 기관을 우선 선정 (예: 일본 RIKEN, 미국 ORNL, 미국 LLNL)

< 표-2 > 세계 500대 초고성능컴퓨터 중 상위 50위 현황

구분	컴퓨터 명칭	국가	기관(센터)	유형	HPC 공급기관
1	Supercomputer Fugaku	일본	RIKEN	연구기관	후지쯔
2	Summit	미국	ORNL	연구기관	IBM
3	Sierra	미국	LLNL	연구기관	IBM, NVIDIA 등
4	Sunway TaihuLight	중국	NSCC우시	연구기관	NRPC
5	Perlmutter	미국	LBNL(NERSC)	연구기관	HPE
6	Selene	미국	NVIDIA	HPC업체	NVIDIA
7	Tianhe-2A	중국	NSCC광저우	연구기관	NUDT(국립국방대)
8	JUWELS Booster Module	독일	FZJ	연구기관	Atos
9	HPC5	이탈리아	Eni	기업	Dell EMC
10	Voyager-EUS2	미국	Azure 미동부 2	HPC업체	마이크로소프트
11	SSC-21	한국	삼성전자	기업	HPE
12	Polaris	미국	ANL	연구기관	HPE
13	Frontera	미국	텍사스대	대학	Dell EMC
14	CEA-HF	프랑스	CEA	연구기관	Atos
15	Dammam-7	사우디	아람코	기업	HPE
16	ABCI 2.0	일본	AIST	연구기관	후지쯔
17	Wisteria/BDEC-01	일본	도쿄대	대학	후지쯔
18	Marconi-100	이탈리아	CINECA	대학	IBM
19	Chervonenkis	러시아	Yandex	기업	Yandex, NVIDIA
20	Piz Daint	스위스	CSCS	연구기관	HPE
21	Trinity	미국	LANL/SNL	연구기관	HPE
22	ARCHER2	영국	EPSRC/에딘버러대	연구기관	HPE
23	SuperMUC-NG	독일	LRZ	대학	레노보
24	Hawk	독일	HLRS	연구기관	HPE
25	Ghawar-1	사우디	아람코	연구기관	HPE
26	Lassen	미국	LLNL	연구기관	IBM, NVIDIA 등
27	Guru (구루)	한국	기상청	정부	레노보
28	Maru (마루)	한국	기상청	정부	레노보
29	PANGEA III	프랑스	Total	기업	IBM
30	HiPerGator AI	미국	플로리다대	대학	NVIDIA
31	TOKI-SORA	일본	JAXA	연구기관	후지쯔
32	Pioneer-EUS	미국	Azure 미동부	HPC업체	마이크로소프트
33	Pioneer-SCUS	미국	Azure 미중남부	HPC업체	마이크로소프트
34	Pioneer-WEU	네덜란드	Azure 유럽 서부	HPC업체	마이크로소프트
35	Pioneer-WUS2	미국	Azure 미서부 2	기타	마이크로소프트
36	Galushkin	러시아	Yandex	기업	Yandex, NVIDIA
37	Cori	미국	LBNL(NERSC)	연구기관	HPE
38	Nurion (누리온)	한국	KISTI	연구기관	HPE
39	Oakforest-PACS	Japan	JCAHPC	대학	후지쯔
40	Lyapunov	Russia	Yandex	기업	NVIDIA, Inspur
41	HPC4	Italy	Eni	기업	HPE
42	Tera-1000-2	France	CEA	연구기관	Atos
43	Christofari Neo	Russia	SberCloud	기업	NVIDIA
44	Stampede2	미국	텍사스대	대학	Dell EMC
45	MeluXina	룩셈부르크	LuxProvide	연구기관	Atos
46	Cactus	미국	NOAA	정부	HPE
47	Dogwood	미국	NOAA	정부	HPE
48	Earth Simulator	일본	JAMSTEC	연구기관	NEC
49	Amazon EC2 Instance Cluster	미국	데카르트랩스	기업	AWS
50	Cambridge-1	미국	NVIDIA	HPC업체	NVIDIA

* 출처 : Top500 (2021.11), 제57차 세계 500대 초고성능컴퓨터 목록 (<https://top500.org/lists/top500/2021/11/>)

- (유형) 기업(HPC 공급업체 포함), 정부 등에 소속된 초고성능컴퓨터 운영기관에 대한 정보 접근성이 제한되는 점을 고려하여 연구기관 또는 대학 소속 센터를 선정 (예: 일본 산업총합기술연구소 AIRC, 호주국립대 NCI)
- (최종) 국가와 순위, 유형을 종합하여 총 12개 기관을 분석 대상으로 선정

〈 표-3 〉 분석 대상 초고성능컴퓨터 운영 기관

구분	국가	기관	유형	센터	대표 컴퓨터	
					명칭	순위
1	미국	오크리지국립연구소(ORNL)	연구기관	NCSC	Summit	2
2	미국	로렌스리버모어국립연구소(LLNL)	연구기관	LC	Sierra	3
3	미국	로렌스버클리국립연구소(LBNL)	연구기관	NERSC	Perlmutter	5
4	일본	이화학연구소(RIKEN)	연구기관	R-CCS	Fugaku	1
5	일본	산업총합기술연구소(AIST)	연구기관	AIRC	ABCI 2.0	16
6	중국	중산대(中山大)	대학	NSCC광저우	Tianhe-2A	7
7	중국	-	-	NSCC톈진 ¹⁾	Tianhe-1A	229
8	독일	율리히연구소(FZJ)	연구기관	JSC	JUWELS	8
9	스위스	취리히연방공대(ETHZ)	연구기관	CSCS	Piz Daint	20
10	한국	한국과학기술정보연구원(KISTI)	연구기관	KSC	누리온	38
11	호주	호주국립대(ANU)	대학	NCI	Gadi	53
12	대만	국가실험연구원(NAR)	연구기관	NCHC	Taiwania ₂	54

주) Top500에서는 NSCC광저우를 연구기관으로 분류하고 있지만 상위 기관이 중산대학이어서 대학으로 분류 가능

* 출처 : Top500 (2021.6), 제57차 세계 500대 초고성능컴퓨터 목록

- (분석 내용) 12개의 초고성능컴퓨터 운영기관의 대부분이 특정 소속 부서에서 초고성능컴퓨터 운영을 담당하고 있기 때문에 기관 전체의 중점 연구 분야와 초고성능컴퓨팅센터의 지원 분야의 비교, 내외부 사용자 구성 비중 등을 분석
 - (기관) 기관의 중점 연구 분야(예: 자연과학, 국방, 에너지)와 인력, 예산 중심
 - (조직) 초고성능컴퓨팅센터의 운영과 개발, 응용 관련 조직의 보유 여부 등
 - (활용) 초고성능컴퓨터의 사용자 구성과 지원 프로젝트 등

1) 세계 4위인 선웨이 타이후라이트(神威太湖之光, Sunway TaihuLight)를 운영하는 우시국립슈퍼컴퓨팅센터(NCSS-WX)에 대한 정보를 확인할 수 없어 분석에 포함하지 않음



III 국가별 초고성능컴퓨팅 활용 현황

1 미국

가. 오크리지국립연구소(ORNL) 국가계산과학센터(NCSC)

- (기관) 직원 수가 약 5,700명이고 예산이 약 2.9조원(24억 달러)인 에너지 및 자연과학 종합 연구기관인 오크리지국립연구소는 초고성능컴퓨팅 핵심부서로 컴퓨팅·계산과학 부문(CCSD)의 국가계산과학센터(NCSC) 운영

< 표-4 > 미국 국립오크리지연구소 연구부서

부문(directorate)	디비전(division)
생명·환경시스템과학	생명과학
	환경과학
에너지과학기술	건물·교통과학
	전기화 및 에너지인프라
	제조과학
융합(fusion) 및 분열(fission)	융합에너지
	핵에너지 및 연료사이클
동위원소과학·공학 (2020년 신설)	농축(enrichment) 과학·공학
	Nonreactor Nuclear Facilities
	방사성(radioscope) 과학기술
자연과학	나노물질과학센터(CNMS)
	화학
	재료과학기술
	물리학
국가안보과학	사이버 회복력 및 지능 (Cyber Resilience and Intelligence)
	Geospatial Science and Human Security
	핵확산 방지
중성자(neutron)과학	중성자기술
	중성자산란
	연구가속기
	연구반응기
컴퓨팅·계산과학	계산과학·공학
	컴퓨터과학·수학
	국가계산과학센터

* 출처 : ORNL (2021.10.25. 확인) 연구소 소개 웹페이지 (<https://www.ornl.gov/>)

- (조직) 168명의 국가계산과학센터(NCSC)는 초고성능컴퓨팅의 운영을 주도하고 응용은 같은 부문의 컴퓨팅·계산과학 부문의 계산과학·공학 디비전(112명)이 주도
 - 국가계산과학센터는 세계 2위의 Summit 외에도 Titan, Andes, Rhea, Eos 등의 여러 컴퓨팅 자원을 오크리지 리더십 컴퓨팅 시설(OLCF) 프로그램을 통해 운영

〈 표-5 〉 미국 오크리지국립연구소 국가계산과학센터 구성

섹션	그룹	인원(명)
Science Engagement	생명 과학 및 공학 (Advanced Computing for Life Sciences & Engineering)	6
	핵, 입자, 천체물리학 (Advanced Computing for Nuclear, Particles, & Astrophysics)	8
	화학 및 재료 응용 (Advanced Computing for Chemistry & Materials Group)	12
	알고리즘 및 성능 분석 (Algorithms & Performance Analysis)	8
Advanced Technology	Analytics and AI Methods at Scale	14
	Data Lifecycle & Scalable Workflows	12
	기술통합 (Technology Integration)	17
Operations	플랫폼 (Platforms) *PaaS 제공	5
	소프트웨어 서비스 개발 (Software Services Development)	10
	시스템 수용 및 사용자 환경 (System Acceptance and User Environment)	9
	사용자 접근 및 의사소통 (User Access, Outreach, and Communications)	12
	사용자 지원 (User Assistance)	11
HPC Systems	HPC 인프라 운영 (HPC Infrastructure Operations)	7
	HPC 클러스터 (HPC Clusters)	6
	HPC 스토리지 및 아카이브 (HPC Storage & Archive)	9
	HPC 인프라 및 네트워킹 (HPC Infrastructure & Networking)	6
	HPC 스케일러블 시스템 (HPC Scalable Systems)	4
	HPC정보보호 및 데이터공학 (HPC Cybersecurity & Information Engineering)	12

* 출처 : ORNL (2021.10.25. 확인) 컴퓨팅계산과학부문 웹페이지 (<https://www.ornl.gov/directorate/ccsd>)

- 계산과학·공학 디비전은 응용 분야별로 3개 섹션(section)의 12개 그룹으로 구성

〈 표-6 〉 미국 오크리지국립연구소 계산과학·공학 디비전 구성

섹션	그룹	인원(명)
공학시스템 (Advanced Computing Methods for Engineered Systems)	Autonomous and Complex Systems	3
	Computational Systems Engineering and Cybernetics	4
	Computational Urban Sciences	9
	Multiphysics Modeling and Flows Group	7
	Scalable Algorithms and Coupled Physics Group	12
자연과학 (Advanced Computing Methods for Physical Sciences)	Computational Earth Sciences	13
	Computational Chemistry and Nanomaterials Sciences	13
	Multiscale Materials	16
	Quantum Computational Science	10
생명과학 (Advanced Computing for Health Sciences)	Quantum Information Science	12
	Biostatistics and Multiscale Systems	9
	Multimodal Data Analytics	4

* 출처 : ORNL (2021.10.25. 확인) 컴퓨팅계산과학부문 웹페이지 (<https://www.ornl.gov/directorate/ccsd>)



- (활용) 자연과학 분야 오크리지국립연구소 연구자들이 자원 사용을 주도
 - 물리학과 바이오, 재료 분야에서의 프로젝트를 가장 많이 지원했는데, 2020년 코로나-19 발발 이후 바이오 분야 지원이 급격하게 상승함

〈 표-7 〉 미국 오크리지국립연구소 국가계산과학센터 지원 프로젝트

구분	바이오	화학	재료	물리학	핵 에너지	융합	지구 과학	공학	컴퓨터 과학	합계
2010	4	4	10	10	2	10	10	11	6	67
2011	3	5	8	6	2	6	7	5	4	46
2012	3	7	9	12	2	3	3	4	4	47
2013	6	4	6	15	2	-	2	4	4	43
2014	2	4	7	8	3	5	7	3	2	41
2015	7	2	5	13	4	5	7	7	2	52
2016	6	3	7	13	3	6	5	5	11	59
2017	7	4	5	10	4	6	5	6	8	55
2018	5	3	6	12	4	5	5	4	7	51
2019	9	5	10	17	1	2	5	8	8	65
2020	20	6	7	18	1	2	5	8	2	69
2021	20	9	8	21	2	4	5	12	2	83
2022 (예정)	2	1	4	3	1	1	1	6	0	19
합계	94	57	92	158	31	55	67	83	60	697

주) 산업은 분류 카테고리 설정되어 있으나 지원 프로젝트 정보를 공개하고 있지 않아 제외

* 출처 : ORNL (2021.10.25. 확인) OLCF 웹페이지 (<https://www.olcf.ornl.gov/leadership-science/project-search/>)

- Summit의 대표 성과 다수가 ORNL 연구자들이 주도한 프로젝트에서 발생

〈 표-8 〉 미국 오크리지국립연구소의 Summit 지원 대표 성과 프로젝트

연구자	기관	분야	프로젝트
Gina Tourassi	ORNL	바이오	Deep Learning for Cancer Research
Dan Jacobson	ORNL	바이오	Deep Learning for Human Systems Biology (코로나 감염 메커니즘 규명)
Paul Kent	ORNL	재료	Materials with QMCPACK
Bronson Messer	ORNL	물리학	Astrophysics with Flash
Joe Oefelein	조지아공대	물리학	Combustion with Raptor
CS Chang	프린스턴대	융합	Plasma Fusion with XGC

* 출처 : ORNL (2021.10.25. 확인) OLCF Summit 웹페이지 (<https://www.olcf.ornl.gov/summit/>)

나. 로렌스리버모어국립연구소(LLNL) 리버모어컴퓨팅센터(LC)

- (기관) 핵을 포함한 국방 안보 분야 종합 연구기관인 로렌스리버모어국립연구소(LLNL)²⁾는 직원 수가 약 7,378명이고 예산이 약 2.8조원(23억 달러)으로 컴퓨팅 부문에서 슈퍼컴퓨팅의 운영과 응용, 개발 담당

〈 표-9 〉 로렌스리버모어국립연구소 연구부문 조직

부문	디비전 또는 센터
글로벌 안보 (Global Security)	Intelligence Programs
	핵위협 감소
	에너지 및 국토안보
	포렌식과학센터
	바이오시큐리티(Biosecurity)센터
무기 및 통합 (Weapons and Complex Integration)	Weapon Physics and Design
	Weapon Technologies and Engineering
	Weapon Simulation and Computing
	Weapon Infrastructure
광자과학 (NIF and Photon Science)	Laser Science Systems
	Optics and Materials Science and Technology
	National Ignition Facility
	국방부 Technologies
	HED and Photon Sysetms
(자연과학 및 공학)	컴퓨팅 (Computing)
	엔지니어링
	물질 및 생명 과학

주) 부문 중 괄호로 표시된 것은 책임자가 없는 가상의 상위 조직으로 묶인 경우

* 출처 : LLNL (2021.10.25. 확인) Computing 부문 웹페이지 (<https://computing.llnl.gov/>)

- (조직) 로렌스리버모어국립연구소 컴퓨팅 디비전(수장: Bruce A. Hedrickson)은 슈퍼컴퓨팅의 운영과 응용, 개발 모두 담당하고 있는데 약 1,000명 내외의 인력 보유

2) LLNL (2021.10.25. 확인) 조직 소개 (<https://www.llnl.gov/about/organization>)



〈 표-10 〉 로렌스리버모어국립연구소 컴퓨팅 디비전 조직

센터(Center) 또는 Institute	그룹(Group) 또는 설명
Applied Scientific Computing	Computational Physics
	Data Science & Analytics
	High Performance Computing
	Informatics
	Machine Intelligence
	Mathematical Algorithms & Computing
	Numerical Analysis & Simulations
	Parallel Systems
	Scientific Computing
	UQ & Optimization (Uncertainty Quantification and Optimization)
Livermore Computing (LC)	슈퍼컴퓨팅 자원 운영 및 개발
Data Science Institute	2018년에 설립된 목적 지향형 인력양성과 커뮤니티 기반의 연구조직
HPC Innovation Center	산학협력센터

* 출처 : LLNL (2021.10.25. 확인) Computing 부문 웹페이지 (<https://computing.llnl.gov/>)

- 리버모어컴퓨팅센터(LC)는 세계 3위의 초고성능컴퓨터인 시에라(Sierra)뿐만 아니라 세계 26위인 라센(Lassen), Jade and Quartz, Magma 등 다수의 컴퓨터를 보안 등급상 3가지(보안 접근, 비보안 제한 접근, 비보안 협력 공간)³⁾으로 구분하여 운영하고 있는데, 대표 자원인 시에라와 Jade, Magma 등은 보안 접근만 허용하는데 반해 라센과 Quartz는 비보안 협력 공간용으로 제공하고 있음
- (활용) 리버모어컴퓨팅센터(LC) 초고성능컴퓨팅 자원의 주요 사용자는 로렌스리버모어국립연구소를 비롯하여, 로스알라모국립연구소(LANL)와 샌디아국립연구소(SNL) 연구자들임
- 국방·안보 분야 연구소로서 자체 컴퓨팅 수요를 충족시키는 것과 더불어 에너지 부 국가핵안보청(National Nuclear Security Administration, NNSA)으로부터 자금을 받아 핵무기 동작의 정확한 시뮬레이션 예측을 목적으로 하는 Advanced Simulation and Computing (ASC) 프로그램 운영과 비국방 분야의 외부 요구를 수용하기 위해 2005년부터 Lawrence Livermore's Computing Grand Challenge Program 운영하고 있음⁴⁾

3) <https://hpc.llnl.gov/manuals/access-lc-systems>

4) LLNL (2015.9.) HPC 비국방분야 지원 (<https://str.llnl.gov/september-2015/carnes>)

다. 로렌스버클리국립연구소(LBNL) 국립에너지연구과학컴퓨팅센터(NERSC)

- (기관) 2020년 기준으로 전일제 직원이 3,565명이고 2019년 기준으로 약 1.1조 원(9억 4,600만 달러)의 예산을 사용하는 에너지 분야 전문 연구기관인 로렌스버클리국립연구소(LBNL)은 캘리포니아대 버클리 캠퍼스(UC Berkeley)와 맞닿아 있으며, 컴퓨팅과학랩(Lab)에서 국립에너지연구과학컴퓨팅센터(NERSC)를 운영

〈 표-11 〉 로렌스리버모어국립연구소(LBNL) 연구부문 조직 (2021.8.31. 기준)

랩(lab)	디비전(division) 또는 인스티튜트(Institute)
생명과학	Biological Systems and Engineering
	DOE Joint Genome Institute
	Environmental Genomics and Systems Biology
	Molecular Biophysics and Integrated Bioimaging
컴퓨팅과학	Computational Research
	National Energy Research Scientific Computing Center (NERSC)
	Scientific Networking (ESNET)
지구환경과학	Climate and Ecosystem Science
	Energy Geosciences
에너지과학	Advanced Light Source
	Chemical Sciences
	Material Sciences
	Molecular Foundry
에너지기술	Building Technology and Urban Systems
	Energy Analysis and Environmental Impacts
	Energy Storage and Distributed Resources
	Cyclotron Road
물리과학	Accelerator Technology and Applied Physics
	Engineering
	Nuclear Science
	Physics

* 출처 : LBNL (2021.10.25. 확인) 조직도 (<https://www.lbl.gov/laboratory-organization-chart/>)

- (조직) 국립에너지연구과학컴퓨팅센터(NERSC)는 미국 에너지부의 과학 분야 연구개발 사업⁵⁾의 성과를 높이기 위해 만들어진 시설로 120명이 세계 5위 컴퓨터인 펄머터(Permuter)와 37위인 코리(Cori)를 운영하고 있음

5) Magnetic Fusion Energy, High Energy Physics, Nuclear Physics, Basic Energy Science, Biological and Environmental Research, Advanced Scientific Computing Research(ASCR)



< 표-12 > 국립에너지연구과학컴퓨팅센터(NERSC) 조직 및 인원 (2021.1.27. 기준)

구분	그룹(group) 또는 구성	인원(명)
(리더)	센터장, 부센터장, 과장, 고문, NERSC-9 프로젝트 총괄 등	6
HPC Department	Advanced Technologies	9
	Application Performance	6
	User Engagement	9
데이터 Department	Data and Analytics	11
	Data Science Engagement	6
	Infrastructure Services	8
	Storage Systems	8
시스템 Department	Building Infrastructure	6
	Computational Systems	10
	Operations Technology	13
	Security and Networking	8
(행정 및 대외소통)	행정: 총괄책임자, 계약, 구매, 회계 등의 담당자	7
	대외소통: 총괄책임자, 웹관리 등의 담당자	4
(기타)	엑사스케일응용프로그램, 박사후연수연구원 등	9
합계		120

주) 구분 중 괄호로 표시된 것은 책임자가 없는 가상의 상위 조직으로 묶인 경우

* 출처 : NERSC (2021.10.25. 확인) 조직도 (<https://www.nersc.gov/about/org-chart/>)

- (활용) 연간 1,750개 기관의 약 8,000명이 이용하는 국립에너지연구과학컴퓨팅센터의 초고성능컴퓨팅은 에너지 분야 연구를 중심으로 사용되고 있음

< 표-13 > 국립에너지연구과학컴퓨팅센터(NERSC) 초고성능컴퓨팅 자원의 사용자 및 활용 분야

구분		비중(%)	
사용자	기관	에너지부 연구소	30
		정부연구소	6
		대학	61
		대기업	2
		중소기업	1
		개인연구소	<1
	직급	대학 교원	11
		Staff Scientists	16
		Professional Staff	6
		박사후연수연구원	20
		대학원학생	29
		학부학생	6
		합계	100
활용 분야	Basic Energy Sciences	39	
	High Energy Physics	20	
	Fusion Energy Sciences	13	
	Nuclear Physics	12	
	Biological and Environmental Research	14	
	Advanced Scientific Computing Research (ASCR)	2	
	Small Business Innovation Research	<1	
	합계	100	

* 출처 : NERSC (2021) 연차보고서 (<https://www.nersc.gov/assets/Uploads/NERSC-2020-Annual-Report-Final.pdf>)

2 일본

가. 이화학연구소(RIKEN) 계산과학센터(R-CCS)

- (기관) 2021년 4월 1일 기준 상근 직원이 총 3,451명이고 예산이 약 1조원(991억 2,600만엔)인 자연과학 분야 종합 연구기관인 국립 이화학연구소(RIKEN)⁶⁾의 13개 연구센터 중 하나가 계산과학연구소(R-CCS)로 141명 포진

〈 표-14 〉 일본 이화학연구소 조직별 인원 현황 (2021.4.1. 기준)

구분	하위 구분 또는 내용	인원 (명)	비고
본부	행정부서(인사, 재무, 계약, 안전, 국제, 홍보 등)	506	미래전략실 6명
정보통합본부	정보시스템부, 기초연구개발부문, 가디언로봇프로젝트 등	78	-
과기허브 산연본부	본부	9	-
	신약의료기술 기반 프로그램	7	-
	예방의료·진단기술 개발 프로그램	1	-
	이어달리기 연구추진 프로그램	41	-
개척연구본부	연구실, RIKEN 백미연구팀 등	295	-
(연구센터) ^{주1)}	혁신기능통합연구센터	188	-
	수리 창조 프로그램	37	-
	생명의학연구센터	351	-
	생명기능과학연구센터	509	-
	뇌신경과학연구센터	332	-
	환경자원과학연구센터	275	-
	창발물성과학연구센터	178	-
	양자컴퓨터연구센터	33	-
	광양자공학연구센터	125	-
	니시나가속기과학연구센터	142	-
(연구센터) ^{주1)}	계산과학연구센터(計算科学研究センター)	141	Fugaku 운영
	방사광과학연구센터	81	-
	바이오자원연구센터	122	-
합계		3,451	-

주1) 구분 중 괄호로 표시된 (연구센터)는 책임자가 없는 가상의 상위 조직으로 묶인 경우

* 출처 : RIKEN (2021.4.1.) 연구소 소개 웹페이지 (<https://www.riken.jp/about/data/index.html>)

6) 이화학연구소 웹페이지 (<https://www.riken.jp>)



- (조직) 계산과학센터(R-CCS)는 초고성능컴퓨팅 종합센터 해당 (응용, 운영, 개발)
 - 2021년 6월 기준 세계 최고 성능의 초고성능컴퓨터인 후가쿠(Fugaku, 富岳)의 운영뿐만 아니라 후가쿠를 이용한 물리, 생물학, 지구과학 등의 자연과학 분야별 응용(단, 인공지능 기반 신약개발플랫폼은 별도 부서로 구성), 차세대 시스템 개발(프로세서, 병렬처리, 프로그래밍환경, 아키텍처 등)까지 모두 담당하고 있음

〈 표-15 〉 일본 이화학연구소 계산과학센터 구성 (2021.4.1. 기준)

구분	연구팀 또는 유닛
연구팀	입자계물질과학연구팀
	입자계시뮬레이터연구팀
	양자계분자과학연구팀
	연속계장이론연구팀
	복합기후과학연구팀
	종합방재감재연구팀
	계산구조생물학연구팀
	복잡현상통일해법연구팀
	이산이벤트시뮬레이션연구팀
	대규모병렬수치계산기술연구팀
	데이터동화연구팀
	고성능빅데이터연구팀
	프로그래밍환경연구팀
	프로세서연구팀
	차세대고성능아키텍처연구팀
운영기술부문	시설운영기술유닛
	시스템운영기술유닛
	소프트웨어개발기술유닛
	이용환경기술유닛
	첨단운영기술유닛
HPC/AI 신약개발 플랫폼부	바이오메디컬컴퓨팅지능유닛
	신약화학시용유닛
	분자디자인계산지능유닛
	AI신약제휴기반유닛

* 출처 : RIKEN (2021.4.1.) 계산과학센터 조직도 (<https://www.r-ccs.riken.jp/about/org-chart/>)

- (활용) 2020년의 후가쿠 도입 이후 바이오생명 분야를 중심으로 성과 달성
 - 성과 유형으로는 논문과 학회 발표가 중심으로 이루고 있고 아직 특허 출원과 연계된 사례는 없으며, 응용분야에서는 바이오·생명이 80건으로 전체의 절반이 넘을 정도로 압도적으로 많은 가운데 환경·방재·감재, 물질·재료·화학, 물리·소립자·우주 등 전체적으로 자연과학 분야가 많음

〈 표-16 〉 일본 이화학연구소 후가쿠 사용자 성과

구분	바이오 생명	물질 재료 화학	환경 방재 감재	공학 제조	물리 소립자 우주	에너지	정보 계산 과학	수리 과학	사회 과학	기타	합계 (중복 허용)	합계 (중복 제외)
논문 (리뷰 있음)	15	7	4	2	6	0	0	0	0	4	38	36
논문 (리뷰 없음)	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3
국제학회	10	1	9	1	4	1	0	0	0	3	29	29
국내학회	20	2	3	2	6	0	0	0	0	7	40	40
연구회 등	24	0	2	0	0	0	0	0	0	0	26	26
일반 강연 등	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9	9
언론매체	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	4	4
도서	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
프로그램·DB공개	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
특허출원	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
특허등록	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	80	10	22	7	16	1	0	0	0	14	150	148

* 출처 : RIKEN (2021.10.25. 확인) 후가쿠 사용자 연구성과 (<https://www.r-ccs.riken.jp/fugaku/research/press/>)

- 대표 연구성과에는 세계 최초의 입증도 포함되어 있고, 10건 중 4건이 이화학연구소 단독 또는 공동으로 수행한 것이며 계산과학센터에서 주도한 것도 1건 있음

〈 표-17 〉 일본 이화학연구소 후가쿠 이용 대표 연구성과

연도	일자	연구 성과	연구기관
'20	11.10	암 유전자 네트워크 분석 1일 이내 계산	도쿄의과치과대, 후지쯔
	11.20	사상 최대 규모의 기상 계산	국립환경연구소, 이화학연구소, (쥬메트로 등
'21	2.16	고해상도의 실시간 쓰나미 침수 예측	도호쿠대 재해과학국제연구소, 도쿄대 지진연구소 등
	2.18	코로나 바이러스 감염의 분자구조 해명	이화학연구소(입자계물질과학연구팀, 개척연구본부 등)
	3.26	세계 최초 고체주기계 격자 진동 계산 성공	호쿠리쿠 첨단과학기술대
	8.6	열과 양자의 변동을 재현하는 심층학습 모델 발견	이화학연구소(창발물성과학연구센터, 개척연구본부)
	8.13	기계학습 이용 물리 난제인 양자 스핀 액체 해명	이화학연구소(창발물성과학연구센터), 와세다대 등
	9.7	호우에 따른 번개 빈도 최초 재현	홋카이도대
	9.14	태양 내부 열대류·자장 재현, 자전 수수께끼 해결	치바대 이학연구원, 나고야대 우주지구환경연구소
	10.14	세계 최초 세포골격미세관의 메카노센서 기능 입증	홋카이도대, 동경대 첨단과학기술연구센터 등

* 출처 : RIKEN (2021.10.25. 확인) 후가쿠 사용자 연구성과 (<https://www.r-ccs.riken.jp/fugaku/research/press/>)



나. 산업기술총합연구소(AIST) 인공지능연구센터(AIRC)

- (기관) 2020년 7월 1일 기준 총 2,975명의 직원(연구직 2,281명, 행정직 694명) 과 2019년 기준 약 1조 원(1,013억 6,900만 엔) 예산으로 운영되는 국립연구개발 법인 산업기술총합연구소(産業技術総合研究所)는 정보·인간공학 영역의 인공지능 연구센터(AIRC)에서 초고성능컴퓨팅 자원 운영

< 표-18 > 일본 산업기술총합연구소 7대 영역 연구조직 현황 (2021.4.1. 기준)

영역	영역 하위 조직	
	부문	센터
에너지·환경	<ul style="list-style-type: none"> 배터리기술연구부문 에너지절약연구부문 안전과학연구부문 에너지프로세스연구부문 환경창생연구부문 	<ul style="list-style-type: none"> 첨단파워일렉트로닉스연구센터 신재생에너지연구센터 제로방출국제공동연구센터
생명공학	<ul style="list-style-type: none"> 바이오메디컬연구부문 생물공정연구부문 건강의공학연구부문 세포분자공학연구부문 	
정보·인간공학 (UNIT)	<ul style="list-style-type: none"> 인간정보상호작용연구부문 	<ul style="list-style-type: none"> 사이버물리보안연구센터 인간확장연구센터 휴먼모빌리티연구센터 인공지능연구센터 (AIRC) 산업CPS연구센터 디지털아키텍처연구센터
재료·화학	<ul style="list-style-type: none"> 기능화학연구부문 화학공정연구부문 나노재료연구부문 극한기능재료연구부문 멀티머티리얼연구부문 	<ul style="list-style-type: none"> 촉매화학융합연구센터 나노튜브실용화연구센터 기능재료컴퓨터설계연구센터 자성분말아금연구센터
전자·제조	<ul style="list-style-type: none"> 제조기술연구부문 디바이스기술연구부문 전자광기초기술연구부문 	<ul style="list-style-type: none"> 고급코팅기술연구센터 센싱시스템연구센터 새로운원리컴퓨팅연구센터 플랫폼포토닉스연구센터
지질조사종합센터	<ul style="list-style-type: none"> 지질정보연구부문 활단층·화산연구부문지권자원환경 연구부문 	<ul style="list-style-type: none"> 지질정보기반센터 계량표준보급센터
계량표준종합센터	<ul style="list-style-type: none"> 공학계측표준연구부문 물리계측표준연구부문 물질계측표준연구부문 분석계측표준연구부문 	

* 출처 : AIST (2021.4.1.) 연구소 소개 웹페이지

(https://www.aist.go.jp/aist_j/information/organization/organization_main.html)

- (조직) 세계 최초의 대규모 오픈 인공지능 컴퓨팅 설비로 2018년에 도입되고 2021년 5월에 2.0으로 업그레이드되어 2021년 6월 기준 세계 16위인 ABCI(AI Bridging Cloud Infrastructure)의 운영은 정보·인간공학 영역의 장(長)의 감독 아래 2021년 3월까지 인공지능연구센터(AIRC)가 클라우드 연구팀에서 담당

(그림-1) 일본 산업기술총합연구소 인공지능센터의 ABCI 2.0



* 출처 : ABCI (2021.5.10.) Large-scale AI cloud computing system “ABCI” upgraded to “ABCI 2.0 (https://abci.ai/news/2021/05/10/en_abci20-launched.html)

- (활용) 2018년과 2019년에 진행된 ABCI 그랜드 챌린지 성과로는 논문 1편(Nature 1편⁸⁾)과 국제학술대회 발표 9건(NeurIPS 2019 1편, CVPR 2019 1편 등 포함)이 있고 일반 연구성과로는 39건의 국제학술대회 발표가 있는데, 대부분이 컴퓨터과학 분야의 성과임
 - 후지쯔, 파나소닉, 히타치제작소 등의 일본의 ICT 기업들이 활발하게 이용⁹⁾

7) <https://www.airc.aist.go.jp/en/computer-resources/index.html>

8) Predicting disruptive instabilities in controlled fusion plasmas through deep learning, 2019

9) <https://abci.ai/en/link/publication.html>

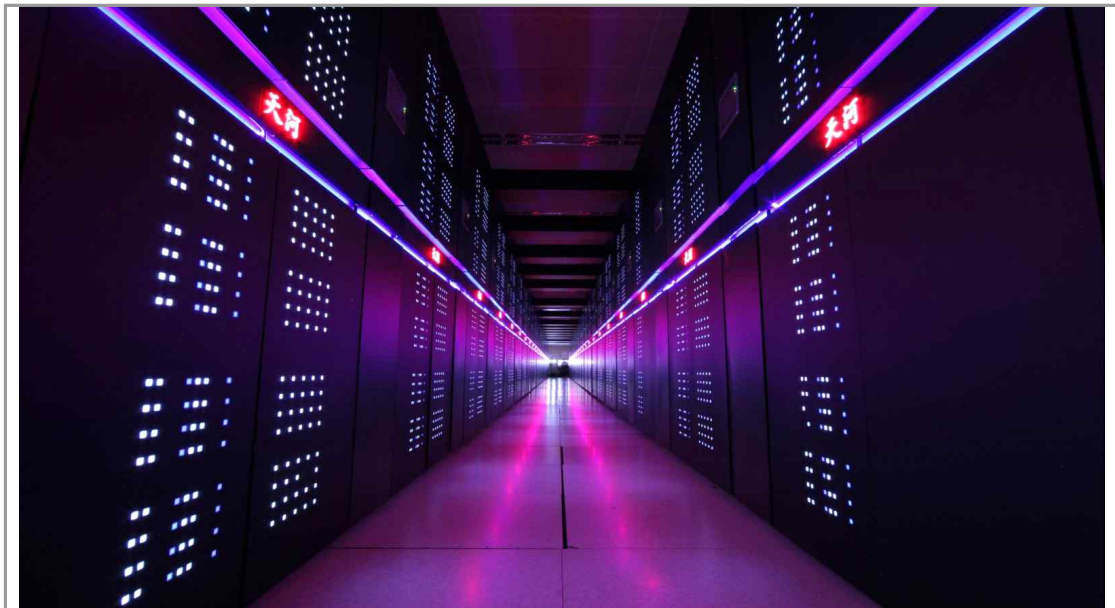


3 중국¹⁰⁾

가. 중산대학(中山大学) 광저우국가슈퍼컴퓨팅센터(NSCC-GZ)

- (기관) 4,293명의 교수(병원 인력까지 포함하면 16,363명)와 63,133명의 학생이 소속되어 있는 중산대학(Sun Yat-Sen University)은 5개의 캠퍼스 중 하나인 광저우 동부 캠퍼스에서 광저우국가슈퍼컴퓨팅센터(国家超级计算广州中心)를 운영
- (조직) 세계 7위의 텐허-2A(Tianhe-2A)를 운영하고 있는 광저우국가슈퍼컴퓨팅센터(NSCC-GZ)는 시스템 운영 관련 2개 부서(시스템운영부, 인프라유지보수부)와 응용 관련 3개 부서(HPC 응용부, 빅데이터·클라우드컴퓨팅응용부, 응용촉진부), 1개의 개발 관련 부서(연구개발부), 그리고 1개의 행정지원부서로 구성

(그림-2) 광저우국가슈퍼컴퓨팅센터 텐허-2A



* 출처 : NSCC-GZ (2021.10.25. 확인) 센터 소개 (<http://www.nscg-gz.cn>)

- (활용) 6개 분야(대기·해양 환경, 천문학 및 지구물리학, 산업디자인 및 제조, 신에너지 및 신소재, 의생명 건강, 스마트시티 클라우드 컴퓨팅)을 자원 신청 분야로 구분하여 제시하고 있듯이 자연과학 분야 외에도 산업 응용 지원에도 적극적임

10) 중국 정부는 13차 5개년 계획과 14차 5개년 계획에서 계속해서 초고성능컴퓨팅을 국가전략의 중심에 두고 있는데, 중국공산당 중앙군사위원회가 직접 관리하는 인민해방군 국방과학기술대학이 핵심

나. 텐진국가슈퍼컴퓨팅센터(NSCC-TJ)

- (기관) 연구기관이나 대학이 상위 기관으로 있지 않은 독립기관인 텐진국가슈퍼컴퓨팅센터(国家超级计算天津中心)이지만 이사회에 텐진시 관계자와 국방과학기술대학(国防科学技术大学, NUDT) 인사들이 포진하고 있어 의사결정에 영향력 행사
- (조직) 세계 229위의 텐허-1(Tianhe-1)을 운영하고 있는 텐진국가슈퍼컴퓨팅센터(NSCC-TJ)는 광저우국가슈퍼컴퓨팅센터와 비슷하게 시스템 운영 관련 부서와 응용 관련 부서, 개발 관련 부서, 2개의 행정지원부서로 이루어진 8개의 부(部)로 구성
- (활용) 2,000개 이상 연구기관, 3,000개 이상 기업, 그리고 정부기관의 약 6,000명 사용자에게 서비스를 제공하고 있으며, 활용 분야로는 생물정보학 및 의학, 석유 탐사, 항공 우주, 일기 예보 및 기후 예측, 해양 환경 시뮬레이션 분석, 항공 원격 감지 데이터 처리, 신소재, 신에너지, 뇌 과학, 천문학 등 매우 다양함

〈 표-19 〉 텐진국가슈퍼컴퓨팅센터(NSCC-TJ)의 주요 활용 사례

분야	사례
석유 탐사	대규모 지진 데이터 처리 소프트웨어 테스트
	석유 지진 탐사 데이터의 마이그레이션 처리
	석유 지진 탐사 데이터 처리 소프트웨어 최적화
생물정보학 및 의학	대규모 유전자 데이터 처리 및 분석
	유전자 검사 플랫폼
	대용량 가상 약물 스크리닝
	가금류 게놈 생물정보학 분석 플랫폼
항공우주	포유류 진화
	본격적인 초음속 연소실의 고해상도 저팽창 제트 및 대형 소용돌이 시뮬레이션 연구
	난류로 전환하는 극초음속 차량의 직접 수치 시뮬레이션
일기예보 및 안개경보	프로펠러 유동 소음 설계
	수치적 일기예보 플랫폼
해양환경공학	안개 경보 및 예보 플랫폼
	대가육지 표면 모델 및 해양-해빙 모델 시뮬레이션
	해양생태환경 시뮬레이션
	중국의 3세대 해양 재분석 제품 개발
	해저 파이프라인의 최적화된 설계

* 출처 : NSCC-TJ (2021.10.25. 확인) 슈퍼컴퓨팅 애플리케이션 (<https://www.nscctj.cn/>)



4 유럽

가. 독일 울리히연구소(FZJ) 울리히슈퍼컴퓨팅센터(JSC)

- (기관) 6,796명의 직원과 약 1.1조 원(8억 1,200만 유로) 예산 규모의 울리히연구소(Forschungszentrum Juelich)는 독일 연방정부(90%)와 주정부(10%)로 소유하고 있는 자연과학 분야 종합 공공연구기관

< 표-20 > 독일 울리히연구소(FZJ) 조직 (2021.10.1. 기준)

부문(Directorate)	연구소(Institute)
과학 부문 1	핵물리학 (IKP)
	고급 시뮬레이션 (IAS)
	울리히 중성자 과학 센터 (JCNS)
	Ernst Ruska Center for Microscopy and Spectroscopy with Electrons (ER-C)
	Peter Grünberg 연구소 (PGI)
과학 부문 2	Helmholtz Nano Facility
	에너지 및 기후 연구소 (IEK)
	중앙 엔지니어링, 전자 및 분석 연구소 (ZEA)
과학 부문 3	생명 및 지구과학 연구소 (IBG)
	생물정보처리연구소 (IBI)
	신경과학 및 의학 연구소(INM)
연구 인프라 부문	행정부서(인사, 재무, 계약, 안전, 국제, 홍보 등)

* 출처 : FZJ (2021.10.1.) (https://www.fz-juelich.de/portal/DE/zentrum/Organisation/_node.html)

- 울리히슈퍼컴퓨팅센터(JSC)는 고급시뮬레이션(IAS)의 10개 디비전 중 하나

< 표-21 > 독일 울리히연구소(FZJ) 고급 시뮬레이션 (IAS) 조직 (2021.1.4. 기준)

연구소(Institute)	디비전(Division)
고급 시뮬레이션 (IAS)	물질의 양자 이론(PGI-1 / IAS-1)
	이론 연질 물질 및 생물 물리학(ICS-2 / IAS-2)
	이론적 나노전자공학(PGI-2 / IAS-3)
	강한 상호작용 이론(IKP-3 / IAS-4)
	전산 생물의학(IAS-5 / INM-9)
	이론 신경과학(IAS-6 / INM-6)
	시민 안전 연구(IAS-7)
	데이터 분석 및 기계 학습(IAS-8)
	재료 데이터 과학 및 정보학(IAS-9)
	울리히 슈퍼컴퓨팅 센터(JSC)

* 출처 : FZJ (2021.1.4.) (https://www.fz-juelich.de/portal/DE/zentrum/Organisation/_node.html)

- (조직) 2021년 10월 29일 기준, 335명이 근무하고 있는 울리히슈퍼컴퓨팅센터는 기술개발 부서까지 갖추고 있음
 - JUWELS(세계 8위, 유럽 1위)¹¹⁾ 외에도 JURECA(세계 52위)¹²⁾, JUSUF¹³⁾, QPACE3¹⁴⁾, DEEP-EST¹⁵⁾ 등 복수의 슈퍼컴퓨터를 운영하고 있음

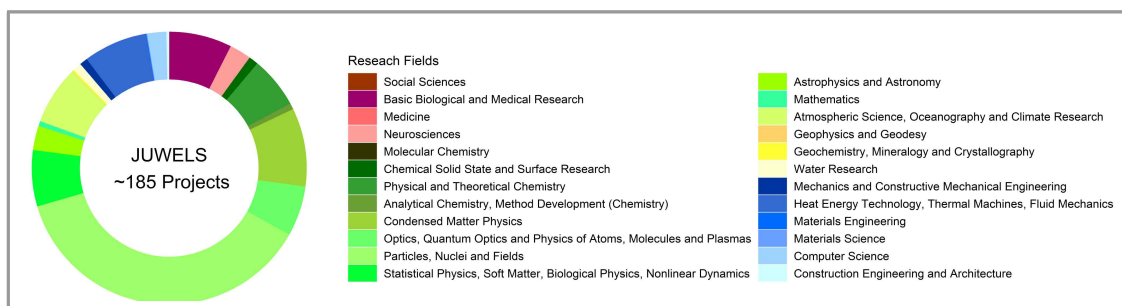
〈 표-22 〉 독일 울리히연구소(FZJ) 울리히슈퍼컴퓨팅센터(JSC) 조직구성

구분	그룹 또는 유닛
(부서)	고성능 컴퓨팅 시스템
	네트워킹 시스템
	기술개발
	연합 시스템 및 데이터
	수학 및 교육
	계산과학
	신경과학 고성능컴퓨팅
(연구그룹)	행정 인프라
	전산시간 배분조정실
	계산생화학 연구그룹
	계산구조생물학 연구그룹

* 출처 : FZJ (2021.10.25. 확인) 울리히슈퍼컴퓨팅센터 소개 (<https://www.fz-juelich.de/ias/jsc>)

- (활용) 울리히연구소의 모든 자연과학 분야에서 시뮬레이션 데이터랩(SDL)을 운영하고 있는데 물리학 분야에서의 사용자 비중이 매우 높음

(그림-3) 울리히슈퍼컴퓨팅센터 JUWELS 연구분야별 사용자 현황 (2021.5 기준)



* 출처 : FZJ (2021.10.25. 확인) JUWELS 연구분야 (<https://www.fz-juelich.de/ias/jsc>)

11) Jülich Wizard for European Leadership Science
 12) Jülich Support for Fenix
 13) Jülich Research on Exascale Cluster Architectures
 14) 3세대 Quantum Chromodynamics Parallel Computing on the Cell
 15) Dynamical Exascale Entry Platform 프로토타입 시스템



나. 스위스 취리히연방공대(ETHZ) 국가슈퍼컴퓨팅센터(CSCS)

- (기관) 스위스 국가슈퍼컴퓨팅센터(Centro Swizero di Calcolo Scintifico)의 운영 기관인 취리히 연방 공과대학(ETH Zurich)¹⁶⁾는 연구 중심 대학¹⁷⁾으로 520명의 교수와 6,400명의 연구직 직원, 3,000명의 기술직 및 행정직 직원, 그리고 121개국으로부터 입학한 23,400명의 학생이 소속되어 있고 예산은 약 2.5조 원(18억 8,800만 스위스 프랑)¹⁸⁾

〈 표-23 〉 스위스 취리히연방공대(ETHZ) 교육·연구센터 (2021.1.1. 기준)

구분	센터
교학 부총장 (rector)	Collegium Helveticum
	Language Center
	Congressi Stefano Franscini (CSF)
	Institute of Science, Technology and Policy (ISTP)
	School for Continuing Education (SCE)
연구 부총장	Fuctional Genomics Center Zurich (FGCZ)
	University Medicine Zurich
	Swiss Data Science Center (SDSC)
	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS)
	FIRST Lab
	Scientific Center for Optical and Electron Microscopy (ScopeM)
	Swiss Seismological Service (SED)
	Binnig and Rohrer Nanotechnology Center (BRNC)
	ETH Phenomics Center (EPIC)
	Institute for Theoretical Studies (ETH-ITS)
	NEXUS Personalized Health Technologies
	AgroVet Strickhof
	Good Manufacturing Practice Facility (GMP Facility)
Singapore-ETH Centre (SEC)	
지식이전 및 기업대응 부총장	Wyss Translational Center Zurich

* 출처 : ETHZ (2021.10.25. 확인) 조직도 (<https://ethz.ch/en/the-eth-zurich/organisation.html>)

- (조직) 1991년에 설립되어 루가노(Lugano)에 위치한 국가슈퍼컴퓨팅센터(CSCS)는 2020년 116명의 직원과 약 560억 원(4,300만 스위스 프랑)의 예산으로 세계 20위 컴퓨터인 Piz Daint¹⁹⁾를 비롯하여 복수의 초고성능컴퓨터(Grand Tavé, Tsa/Arolla, Alps²⁰⁾)를 운영하고 있고 엔지니어 중심의 개발 조직도 보유

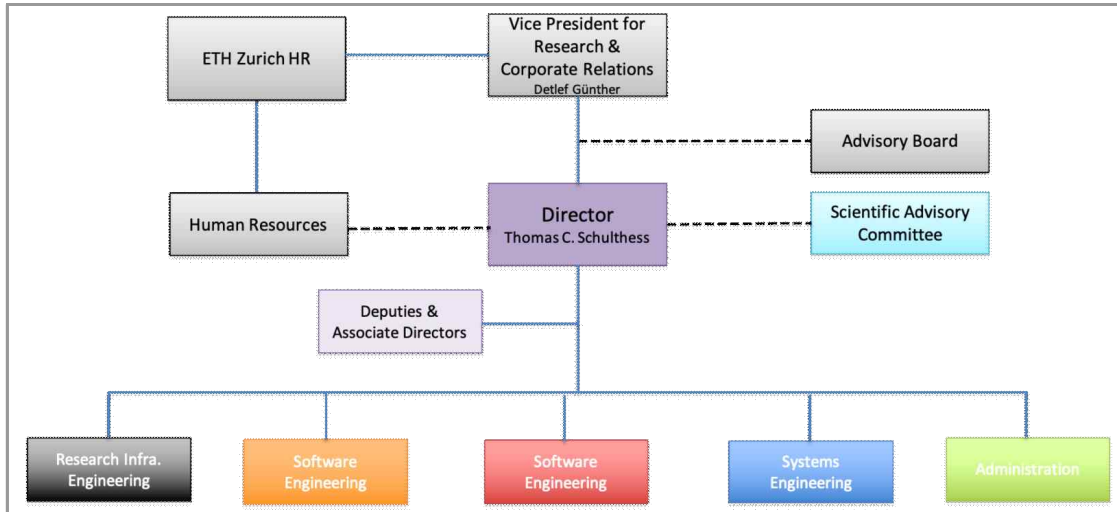
16) 대학이지만 Top500.org에서는 대학(academic)이 아닌 연구기관(research)으로 분류하고 있음

17) 스위스 이공계 연구 중심 대학은 ETHZ와 EPFL(Ecole polytechnique fédérale de Lausanne)로 구성

18) <https://ethz.ch/en/the-eth-zurich/portrait/eth-zurich-in-figures.html>

19) 2012년 도입, 2013년과 2016년, 2017년 업그레이드

(그림-4) 취리히연방공대(ETHZ) 국가슈퍼컴퓨팅센터(CSCS) 조직도



* 출처 : ETHZ CSCS (2021.10.25. 확인) 조직도 (<https://www.cscs.ch/about/organization>)

- (활용) 국가슈퍼컴퓨팅센터(CSCS)는 2020년 134개 프로젝트를 지원하고 총 2,270명이 사용했는데, 컴퓨팅 사용시간을 기준으로 취리히연방공대 이용자가 전체의 21%를 차지하고 있고 스위스 주요 대학 등이 사용하였고, 분야별로는 화학 및 재료(39%), 물리학(24%), 생명과학(15%), 지구·환경과학(12%), 기계학·공학(8%), 기타(2%)로 자연과학 중심으로 활용

< 표-24 > 스위스 취리히연방공대(ETHZ) 국가슈퍼컴퓨팅센터(CSCS) 사용자 분포

연구기관	노드 사용량 (시간)	비중(%)
취리히연방공대	8,834,857	21
로잔연방공대	6,558,708	16
취리히대	5,360,017	13
베른대	2,572,587	6
바젤대	1,500,656	4
제네바대	1,335,542	3
Empa (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology)	1,209,798	3
스위스 내 기타	2,485,546	6
국제 (유럽연합국가 중심)	11,907,049	28
합계	41,764,760	100

* 출처 : ETHZ (2021.10.25. 확인) CSCS 2020년 연차보고서²¹⁾

20) 2023년까지 Piz Daint를 대신할 시스템으로 업그레이드 예정

21) https://www.cscs.ch/fileadmin/user_upload/contents_publications/annual_reports/CSCS_AR2020_web.pdf





5 한국

가. 한국과학기술정보연구원(KISTI) 국가슈퍼컴퓨팅센터(KSC)

- (기관) 2021년 기준 약 1,605억원의 예산²²⁾과 532명의 임직원을 보유한 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 4개의 본부²³⁾ 중 하나인 국가슈퍼컴퓨팅본부와 동격인 국가슈퍼컴퓨팅센터에서 초고성능컴퓨팅 자원을 운영하고 있으며, 다른 3개의 본부는 국가과학기술데이터본부, 데이터분석본부, 과학기술디지털융합본부임
- (조직) 국가슈퍼컴퓨팅센터는 세계 38위인 누리온(Nurion)과 뉴론(Neuron)을 운영하고 있으며, 7개의 센터로 구성되어 있고 약 136명의 직원이 근무하고 있음

〈 표-25 〉 국가슈퍼컴퓨팅센터 조직 및 인원 (2021.1.27. 기준)

센터 또는 단	팀	인원(명)
본부	본부전략팀	5
초고성능컴퓨팅정책센터	-	9
슈퍼컴퓨팅인프라센터	시스템팀	16
	사용자서비스팀	
대용량데이터허브센터	-	18
슈퍼컴퓨팅응용센터	-	32
지능형시뮬레이션센터	시뮬레이션응용팀	17
	시뮬레이션응용플랫폼팀	
HPC융합플랫폼연구단	-	16
슈퍼컴퓨팅기술개발센터	-	22
합계		135

* 출처 : KISTI (2021.10.25. 확인) 조직도

(<https://www.kisti.re.kr/intro/organization/pageView/19?t=1636119675283>)

- (활용) 2020년 11월 6일부터 2021년 11월 5일까지의 누리온의 사용자는 순CPU 이용률을 기준으로 교육계가 79.7%로 가장 많고 연구소(16.1%)와 정부(3.1%), 기업(1.1%)의 순서이고, 응용 분야별로는 화학(29.0%), 물리(5.9%), 대기/환경(2.9%), 기계(2.7%), 전기/전자(0.6%)이며, 기타가 58.8%로 가장 많음²⁴⁾

22) <http://www.alio.go.kr/popReportTerm.do?apbaId=C0161&reportFormRootNo=31401>

23) 국가과학기술데이터본부, 국가슈퍼컴퓨팅본부, 데이터분석본부, 과학기술디지털융합본부

24) 국가슈퍼컴퓨팅센터 (2021.11.5.확인) 시스템 모니터링 (<https://www.ksc.re.kr/rnd/tg/sstmntn/main>)

- 국가슈퍼컴퓨팅센터의 홈페이지에 대표성과로 26건이 제시되어 있는데 UNIST(6건), KAIST(5건), 서울대(5건), 연세대(5건), 1건(포항공대, 한양대, 단국대, 인하대, KIST)으로 대학이 절대 다수를 차지하고 있음²⁵⁾

〈 표-26 〉 국가슈퍼컴퓨팅센터 컴퓨팅 자원을 이용한 대표 연구성과

기관	논문	연구자	연구 제목 또는 부제
UNIST	2019	이상영, 곽상규	탄소나노튜브 활용 리튬 저장 연구
	2019	송현곤, 곽상규	리튬-공기전지 개발 연구
	2019	유지형, 곽상규	이성질체 자가조립 활용 암 세포막 파괴 연구
	2019	이근식	차세대 스핀트로닉스 소재 연구
	2019	김광수	고성능 물분해 광촉매 연구
	2017	김광수	강상관계를 이용한 나노소자 개발
KAIST	2019	정유성	역설계 방법 기반 신소재 연구
	2019	김용훈	페로브스카이트 나노선(nanowire) 특성 연구
	2018	김용훈	다공간 제한 밀도 범함수 이론을 활용한 금속-그래핀 계면 간 상호작용 연구
	2017	성형진	난류 경계층 유동 내 거대 구조의 횡 방향 스케일 증가
	2016	김용훈	용매 효과를 고려한 단분자 접합구조 인장에 따른 전도도 변화를 기반으로 한 Au-S 원자구조의 결정
서울대	2019	한승우	P형 반도체용 최적 소재 연구
	2019	박철환	정보 저장용 2차원 자성물질인 삼황화리니켈 소재 연구
	2018	이원중	격자케이이지이론을 이용한 epsilon_K의 표준모형 이론 계산을 통한 표준모형의 진위 판별
	2017	한승우	제일원리계산 자동화를 통한 p형 투명 반도체 신물질 고속 전산 스크리닝
	2017	이건도	그래핀-실리콘 이종구조의 구조적, 전자적 성질과 그 응용에 대한 연구
연세대	2019	김동호	들뜬 상태의 구조와 성질 조절 연구
	2019	김동호	반반향성 이합체 연구
	2017	김동호	기능성 파이 공액 분자체의 구조가 엑시톤 동역학에 미치는 영향에 관한 연구
	2018	최형준	층상 물질의 전자 구조와 자성 특성에 대한 제일원리적 계산 연구
	2018	이석영	최첨단 우주론적 은하형성 시뮬레이션 New Horizon
포항공대	2017	임지순	단일층 MoS2의 grain boundary에 생기는 conducting channel의 존재성
한양대	2017	조준형	Strain, 도핑, 전기장을 통한 고체 표면에 흡착된 전자화물의 물성 제어 연구
단국대	2017	이환규	카본나노튜브 및 리포솜 기반 약물 복합체 물성에 관한 분자모델링 연구
인하대	2018	김광용	유동제어를 위한 유체진동기의 응용
KIST	2019	김상태	배터리 소재 연구

* 출처 : 국가슈퍼컴퓨팅센터 (2021.11.5.확인) 대표성과 (<https://www.ksc.re.kr/rnd/ygsg/dpsg/list>)

25) 국가슈퍼컴퓨팅센터 (2021.11.5.확인) 대표성과 (<https://www.ksc.re.kr/rnd/ygsg/dpsg/list>)



6 기타

가. 호주국립대(ANU) 국가계산인프라센터(NCI)

- (기관) 호주국립대는 6개의 단과대(자연과학, 공학·컴퓨터과학, 보건·의학, 인문사회과학, 경영·경제, 법학, 아시아·태평양학)에 2만 명의 학생이 재학하는 종합대학
- (조직) 국가계산인프라센터(NCI)는 세계 53위인 Gadi(2019년)와 Raijin(2012년)을 운영하고 있는데, 컴퓨팅 환경 혁신(클라우드서비스 포함)과 데이터 혁신(데이터관리 등), 사용자 지원 및 교육 훈련 중심으로 조직이 구성되어 있음
- (활용) 2019년 회계연도(2019.7.1.~2020.6.30.)에 Gadi는 총 1,125건의 프로젝트에 참여한 6,000명이 넘는 사용자를 지원했고 Raijin의 사용자도 5,000명이 넘는 정도로 많은 지원을 했는데, 주요 사용자가 호주국립대와 연방과학산업연구기구(CSIRO), 호주 기상청 등과 같이 협약을 맺은 기관임

〈 표-27 〉 호주 국가계산인프라센터의 주요 지원 프로젝트 (2020년 기준)

연구기관	프로젝트 또는 내용	컴퓨팅 사용량 (천서비스유닛)
호주국립대	The Dynamics of the Southern Ocean 등	61,500
CSIRO	AI-Driven Materials Design	52,558
CSIRO	ACCESS - AOGCM	51,140
CSIRO	the AUStralian community ocean model ReAnalysis project (AURA)	48,905
CSIRO	Deep Earth Imaging: molecular simulation of mineral and geological fluids	47,287
뉴사우스웨일즈대	Direct Numerical Simulations of Turbulent Combustion	44,390
호주국립대	Modeling supernova explosions 등	42,750
호주 기상청	Water Information Services	41,500
호주국립대	3D magneto-hydrodynamical stellar modelling	38,375
뉴사우스웨일즈대	남반구 기술변화 모델링	37,342
CSIRO	호주 동쪽 바다 등에서의 지역 규모의 계절 변화 예측	37,102
호주 기상청	수치일기예보 모델링	33,000
알데레이드대	Electromagnetic Structure of Matter	27,517
시드니대	Geodynamics and evolution of sedimentary systems	20,490
호주국립대	Materials for Sustainable Energy Applications	20,150
	기타	908,362
	합계	1,512,368

* 출처 : NCI (2020) NCI Annual Report 2019-20 Compute projects

나. 대만 국가실험연구원(NAR) 국가고성능컴퓨팅센터(NCHC)

- (기관) 대만 국가고성능컴퓨팅센터는 2020년 직원 수가 1,385명이고 예산이 약 3,000억 원(255백만달러, 7,277백만 대만달러)인 응용연구 중심의 국가실험연구원(NAR Labs: National Applied Research Laboratories)의 8개 연구센터 중 하나

〈 표-28 〉 대만 국가실험연구원의 조직별 예산 및 인원 (2020년 기준)

구분	예산 (백만 달러)	인원 (명)
본부(인사, 재무, 계약, 안전, 국제, 홍보 등)	9	53
기술정책연구정보센터 (科技政策研究與資訊中心, STPI)	25	111
국립실험실동물센터 (國家實驗動物中心, NLAC)	19	148
국립지진공학연구센터 (國家地震工程研究中心, NCREE)	25	139
국립우주센터 (國家太空中心, NSPO)	47	210
대만기기기술연구센터 (台灣儀器科技研究中心, TIRI)	27	169
대만반도체연구센터 (台灣半導體研究中心, TSRI)	44	278
국가고성능컴퓨팅센터 (國家高速網路與計算中心, NCHC)	47	183
대만해양과학기술연구센터 (台灣海洋科技研究中心, TORI)	12	94
합계	255	1,385

* 출처 : NAR (2021) NAR Labs 2020 Annual Report (<https://www.narlabs.org.tw/>)

- (조직) 국가고성능컴퓨팅센터는 세계 54위 Taiwania 2와 278위 Taiwania 3를 8개 팀(기획추진팀, 행정서비스팀, 정보시스템·네트워크팀, 데이터기술팀, 고효율컴퓨팅팀, 사이버보안기술팀, 생물·의학IoT팀, 예술과기컴퓨팅팀)의 183명으로 운영
- (활용) 응용 프로젝트 연구자의 대다수가 대학 또는 다른 국가연구기관 소속이며, 자연과학 분야보다 아니라 응용과학(예: 자율자동차 가상 시뮬레이션 R&D 서비스 플랫폼) 또는 기업 지원 중심 (예: 2019년 200개 이상의 기업 지원)

〈 표-29 〉 대만 국가고성능컴퓨팅 센터의 과학기술 분야 성과 예시 (2020년 기준)

연구기관	프로젝트 또는 내용
국립교통대	고속 회가스 유동장에서 몬테카를로 방법 직접 시뮬레이션 적용
국립양명대(國立陽明大)	심층 전사체 분석으로 간암의 알려지지 않은 유전적 특징 발견
중앙연구원	크라운 에테르 분자를 사용하여 단백질 표면 특성을 제어하는 크라운 단백질
중앙연구원	구리-산소 초전도체의 불균일 상태
국립대만사범대	알코올 아민 분자에 의한 CO2 포집의 반응 시뮬레이션
국립중흥대(國立中興大)	EHTW 기후 모델(EN)
가오슝의과대	접합 단백질 항체 약물
국립중산대(國立中山大)	초미세 팔라듐 나노튜브는 우수한 수소 저장 특성 보유 확인

* 출처 : NAR (2021) NAR Labs 2020 Annual Report (<https://www.narlabs.org.tw/>)



IV 초고성컴퓨팅센터 비교 및 종합

- (기관) 미국, 일본, 유럽의 최상급 초고성능컴퓨팅센터를 운영하는 연구기관들은 예산이 1조 원이 넘고 중점 연구분야는 자연과학, 국방, 에너지 등이 많음

〈 표-30 〉 주요 초고성능컴퓨팅센터의 소속 연구기관 현황

구분	국가	기관	본부	예산(조원)	직원(명)	중점 연구분야	초고성능컴퓨팅센터
1	미국	ORNL	테네시주	2.9	5,700	자연과학	NCSC
2	미국	LLNL	캘리포니아주	2.8	7,378	국방·안보	LC
3	미국	LBNL	캘리포니아주	1.1	3,565	에너지	NERSC
4	일본	RIKEN	도쿄 인근 사이타마현	1.0	3,451	자연과학	R-CCS
5	일본	AIST	도쿄 인근 이바라키현	1.0	2,975	응용과학	AIRC
6	중국	중산대학	광둥성 광저우시	-	-	다양함	NSCC-GZ
7	중국	-	-	-	-	다양함	NSCC-TJ
8	독일	FZJ	켈른 인근 올리히시	1.1	6,796	자연과학	JSC
9	스위스	ETHZ	취리히시	2.5	-	자연과학	CSCS
10	호주	ANU	캔버라시	-	-	다양함	NCI
11	대만	NAR	타이페이시	0.3	1,385	응용과학	NCHC
12	한국	KISTI	대전광역시	0.2	532	다양함	KSC

- (조직) 초고성컴퓨터의 운영뿐만 아니라 응용과 개발 관련 조직까지 함께 갖춘 경우도 많고, 인원은 대부분 100명 이상인데 300명 이상인 경우도 있음

〈 표-31 〉 주요 초고성능컴퓨팅센터 현황

구분	국가	기관	초고성능컴퓨팅센터	직원(명)	예산(억원)	조직 구성	대표 컴퓨터
1	미국	ORNL	NCSC	280	-	운영/응용/개발	Summit
2	미국	LLNL	LC	약 1,000	-	운영/응용/개발	Sierra
3	미국	LBNL	NERSC	120	-	운영/응용	Permuter
4	일본	RIKEN	R-CCS	141	-	운영/응용/개발	Fugaku
5	일본	AIST	AIRC	-	-	운영	ABCI 2.0
6	중국	중산대학	NSCC-GZ	-	-	운영/응용/개발	Tianhe-2A
7	중국	-	NSCC-TJ	-	-	운영/응용/개발	Tianhe-1
8	독일	FZJ	JSC	355	-	운영/응용/개발	JUWELS
9	스위스	ETHZ	CSCS	116	560	운영/응용/개발	Piz Diant
10	호주	ANU	NCI	-	-	운영	Gadi
11	대만	NAR	NCHC	183	-	운영/응용	Taiwania2
12	한국	KISTI	KSC	135	-	운영/응용/개발	누리온

- (활용) 대부분 외부 사용자 비중이 높은 가운데 내부 사용자 비중인 상대적으로 높은 일부 초고성능컴퓨팅센터는 활용 분야가 뚜렷한 특징을 보여줌

〈 표-32 〉 주요 초고성능컴퓨팅센터의 사용자와 활용 분야

구분	국가	기관	초고성능컴퓨팅센터	사용자	활용 분야
1	미국	ORNL	NCSC	내부 비중 높음	자연과학 중심
2	미국	LLNL	LC	내부 매우 높음	국방·안보 중심
3	미국	LBNL	NERSC	외부 비중 높음 (대학 중심)	에너지 중심
4	일본	RIKEN	R-CCS	내부와 외부 비슷	바이오생명, 자연과학 등
5	일본	AIST	AIRC	외부 중심 (기업, 대학)	다양함
6	중국	중산대학	NSCC-GZ	외부 중심	다양함
7	중국	-	NSCC-TJ	외부 중심	다양함
8	독일	FZJ	JSC	-	자연과학 중심
9	스위스	ETHZ	CSCS	외부 비중 높음 (대학 중심)	자연과학 중심
10	호주	ANU	NCI	외부 비중 높음 (연구기관, 대학)	다양함 (대기환경 포함)
11	대만	NAR	NCHC	외부 중심 (연구기관, 대학)	다양함
12	한국	KISTI	KSC	외부 비중 높음 (대학 중심)	다양함

- (종합) 내부 사용자 비중이 높고 대규모 계산과학 조직을 갖춘 경우 주 지원 분야는 상위 연구기관의 중점 연구기관과 일치한데 반해(예: NCSC, LC, JSC), 외부 사용자 비중이 높은 경우 지원 분야가 다양함

〈 표-33 〉 상위 연구기관과의 관계 관점에서의 국가별 주요 초고성능컴퓨팅센터 활용 현황

구분	초고성능컴퓨팅센터	주 사용자	계산과학	주 지원 분야
1	오크리지국립연구소(ORNL) 국가계산과학센터(NCSC)	내부	◎	자연과학
2	로렌스리버모어국립연구소(LLNL) 리버모어컴퓨팅센터(LC)	내부	◎	국방·안보
3	로렌스버클리국립연구소(LBNL) NERSC	외부(대학)	◎	에너지
4	이화학연구소(RIKEN) 계산과학센터(R-CCS)	비슷	◎	바이오생명
5	산업총합기술연구소(AIST) 인공지능연구센터(AIRC)	외부(기업)	×	컴퓨터과학
6	중산대학 광저우국가슈퍼컴퓨팅센터(NSCC-GZ)	외부	○	다양함
7	텐진국가슈퍼컴퓨팅센터(NSCC-TJ)	외부	○	다양함
8	울리히연구소(FZJ) 울리히슈퍼컴퓨팅센터(JSC)	-	◎	자연과학
9	취리히연방공대(ETHZ) 국가슈퍼컴퓨팅센터(CSCS)	외부(대학)	○	자연과학
10	호주국립대(ANU) 국가계산인프라센터(NCI)	외부(학연)	×	다양함
11	국가실험연구원(NAR) 국가고성능컴퓨팅센터(NCHC)	외부(학연)	○	다양함
12	한국과학기술정보연구원(KISTI) 국가슈퍼컴퓨팅센터(KSC)	외부(대학)	○	다양함

범례) 계산과학: ◎(대규모 조직 보유) ○(소규모 조직 보유) ×(관련 조직 없음)



V 결론

- (특징) 12개 초고성능컴퓨팅센터의 사용자와 활용 분야에서 세 가지 특징 확인함
 - 첫째, 다수의 초고성능컴퓨팅센터들을 가지고 있는 국가들의 상위 초고성능컴퓨터 운영센터들은 소속 연구기관의 중점 연구분야(예: 자연과학, 국방, 에너지)를 주로 지원하는 경우가 많음 (예: 미국, 일본, 유럽)
 - 둘째, 소속 연구기관의 중점 연구분야를 지원하는 초고성능컴퓨팅센터들의 대부분은 내부 사용자 비중이 높고, 그렇지 않은 센터들은 외부 사용자 비중이 높음 (국가 전체 초고성능컴퓨터 수가 많지 않으면 외부 사용자 비중 높음)
 - 셋째, 내부 사용자 비중이 높은 기관들은 대규모 계산과학 조직을 갖추고 있고, 기관의 예산이 1조 원이 넘을 정도가 규모가 큰 기관들임 (예: 미국의 ORNL, LLNL, LBNL, 일본의 RIKEN, AIST, 독일의 FZJ, 스위스의 ETHZ)
- (해석) 향후 한국도 미국, 일본, 유럽 등과 같이 복수의 슈퍼컴퓨팅센터를 보유하려고 하면 내부 사용자 중심과 외부 사용자 중심의 비중에 대한 검토 필요
 - 만약 내부 사용자 중심으로 슈퍼컴퓨팅센터를 운영하려고 한다면 외국 사례에서 처럼 소속 연구기관이 대규모 연구기관이며 계산과학 조직을 보유해야 함
 - 충분히 많은 수의 컴퓨터과학 연구인력을 보유한 기관은 초고성능컴퓨터의 운영 뿐만 아니라 개발에서도 주도권을 확보할 수 있음 (예: 미국 ORNL)
- (한계) 이 자료는 12개의 주요 초고성능컴퓨팅센터의 기관과 조직, 활용을 체계적으로 정리하고 비교한 의미 있는 자료임에도 불구하고 다음과 같은 한계를 내포하고 있어 향후 연구에서는 보완이 필요함
 - 사용자 구성과 활용 분야 확인에 더해 사용자 지원과 활용 프로젝트 선택에 관한 의사결정 과정까지 확인한다면 더욱 의미 있을 것으로 기대
 - 미국, 일본, 중국, 유럽 등 세계 최상위 초고성능컴퓨터를 운영하고 있는 기관들을 확인하는 것이 선행되어야 하지만 한국의 현실에 비추어 볼 때, 5,000억 원 내외 예산을 가진 기관들이 운영하는 초고성능컴퓨팅센터 확인 필요



참고문헌

◆ 국내자료

- 공공기관 경영정보 공개시스템 (2021.10.25. 확인) KISTI 수입 및 지출 현황
(<http://www.alio.go.kr/popReportTerm.do?apbaId=C0161&reportFormRootNo=31401>)
- 과학기술정보통신부 (2021.5.28.) 4차 산업혁명 권텀점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략
- 국가슈퍼컴퓨팅센터 (2021.11.5.확인) 대표성과 (<https://www.ksc.re.kr/rnd/ygsg/dpsg/list>)
- 국가슈퍼컴퓨팅센터 (2021.11.5.확인) 시스템 모니터링
(<https://www.ksc.re.kr/rnd/tg/sstmntr/main>)
- 한국과학기술정보연구원 (2021.10.25. 확인) 조직도
(<https://www.kisti.re.kr/intro/organization/pageView/19?t=1636119675283>)

◆ 국외자료

- ABCI (2021.5.10.) Large-scale AI cloud computing system “ABCI” upgraded to “ABCI 2.0” (https://abci.ai/news/2021/05/10/en_abci20-launched.html)
- AIST (2021.4.1.) 연구소 소개 웹페이지
(https://www.aist.go.jp/aist_j/information/organization/organization_main.html)
- ETHZ (2021.10.25. 확인) 조직도 (<https://ethz.ch/en/the-eth-zurich/organisation.html>)
- ETHZ CSCS (2021.10.25. 확인) 2020년 연차보고서
https://www.cscs.ch/fileadmin/user_upload/contents_publications/annual_reports/CSCS_AR2020_web.pdf
- ETHZ CSCS (2021.10.25. 확인) 조직도 (<https://www.cscs.ch/about/organization/>)
- FZJ (2021.10.1.) 조직도
(https://www.fz-juelich.de/portal/DE/zentrum/Organisation/_node.html)



- FZJ (2021.10.25. 확인) JUWELS 연구분야 (<https://www.fz-juelich.de/ias/jsc>)
- FZJ (2021.10.25. 확인) 울리히슈퍼컴퓨팅센터 소개 (<https://www.fz-juelich.de/ias/jsc>)
- LBNL (2021.10.25. 확인) 조직도 (<https://www.lbl.gov/laboratory-organization-chart/>)
- LLNL (2015.9.) HPC 비국방분야 지원 (<https://str.llnl.gov/september-2015/carnes>)
- LLNL (2021.10.25. 확인) Computing 부문 웹페이지 (<https://computing.llnl.gov/>)
- LLNL (2021.10.25. 확인) 조직 소개 (<https://www.llnl.gov/about/organization>)
- NAR (2021) NAR Labs 2020 Annual Report (<https://www.narlabs.org.tw/>)
- NCI (2020) NCI Annual Report 2019-20 Compute projects
- NERSC (2021) 연차보고서
(<https://www.nersc.gov/assets/Uploads/NERSC-2020-Annual-Report-Final.pdf>)
- NERSC (2021.10.25. 확인) 조직도 (<https://www.nersc.gov/about/org-chart/>)
- NSCC-GZ (2021.10.25. 확인) 센터 소개 (<http://www.nscg-z.cn>)
- NSCC-TJ (2021.10.25. 확인) 슈퍼컴퓨팅 애플리케이션 (<https://www.nscg-tj.cn/>)
- ORNL (2021.10.25. 확인) OLCF Summit 웹페이지 (<https://www.olcf.ornl.gov/summit/>)
- ORNL (2021.10.25. 확인) OLCF 웹페이지
(<https://www.olcf.ornl.gov/leadership-science/project-search/>)
- ORNL (2021.10.25. 확인) 연구소 소개 웹페이지 (<https://www.ornl.gov/>)
- ORNL (2021.10.25. 확인) 컴퓨팅계산과학부문 웹페이지
(<https://www.ornl.gov/directorate/ccsd>)
- RIKEN (2021.10.25. 확인) 후가쿠 사용자 연구성과
(<https://www.r-ccs.riken.jp/fugaku/research/press/>)
- RIKEN (2021.4.1.) 계산과학센터 조직도 (<https://www.r-ccs.riken.jp/about/org-chart/>)
- RIKEN (2021.4.1.) 연구소 소개 웹페이지 (<https://www.riken.jp/about/data/index.html>)
- Top500 (2021.6), 제57차 세계 500대 초고성능컴퓨터 목록
(<https://top500.org/lists/top500/2021/11/>)

저자소개

최민석 ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 기술경영연구실 책임연구원
e-mail: cooldenny@etri.re.kr Tel. 042-860-1864

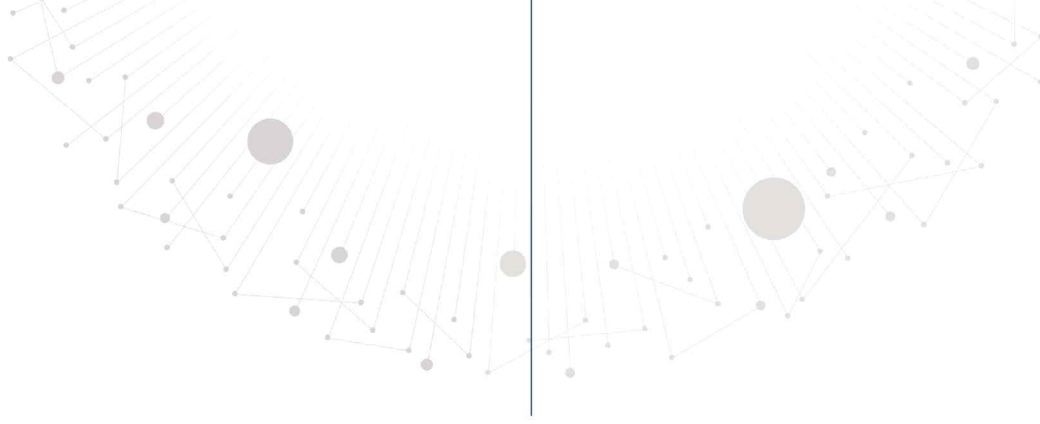
주요 초고성능컴퓨팅센터의 활용 현황: 사용자와 활용 분야

발행인 이 지 형

발행처 한국전자통신연구원 지능화융합연구소 기술정책연구본부

발행일 2021년 11월 30일





www.etri.re.kr

본 저작물은 공공누리 제4유형:

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



ETRI Electronics and Telecommunications
Research Institute

34129 대전광역시 유성구 가정로 218

TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504

