

2022R2A1A1080893

제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립을
위한 연구

(Research for the establishment of the 3rd Master Plan
for Fostering National Supercomputing)

연구기관 : 한국과학기술정보연구원

연구책임자: 함재균

2023. 3. 14

한국연구재단

제 출 문

한 국 연 구 재 단 이 사 장 귀하

본 보고서를 “ 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립을 위한 연구 ”의
최종보고서로 제출합니다.

2023 . 3. 14.

연구기관명 : 한국과학기술정보연구원

연구책임자 : 함재균

연 구 원 : 고명주

연 구 원 : 허영주

연 구 원 : 정용환

연 구 원 : 온누리

연 구 원 : 최윤근

연 구 원 : 이연재

※ 연구기관 및 연구책임자, 연구원은 실제 연구에 참여한 기관 및 자의 명의임.

요 약 문

과제번호	2022R2A1A1080893	연구기간	2022년 6월 15일 ~ 2023년 3월 14일		
과제명	(한글) 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립을 위한 연구 (영문) Research for the establishment of the 3 rd Master Plan for Fostering National Supercomputing				
연구책임자 (주관연구기관)	함재균 (한국과학기술 정보연구원)	참여 연구원수	총 7명	연구비	90,000천원
요약					
<p>□ 본 연구는 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」 제5조에 근거한 ‘제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(’23~’27)’수립을 지원하기 위한 연구를 목표로 함</p> <p>□ 본 연구는 초고성능컴퓨팅 분야 국내외 기술, 산업, 정책 관련 현황 분석 및 제2차 기본계획 성과분석을 기반으로 향후 국가 초고성능컴퓨팅 육성 방향에 대한 시사점을 도출하고, 이에 근거하여 기본계획 수립을 위한 기획위원회(총괄 및 4개 분과) 및 전문가, 대국민 의견수렴 절차를 거쳐 ‘제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(안)’을 마련함</p> <p>□ 『제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(안)』은 엑사스케일 시대에 대비한 초고성능컴퓨팅 역량 강화로 과학기술 선도국가 실현 지원을 비전으로 하며, 과학기술 및 경제·사회 혁신 가속화를 위한 초고성능컴퓨팅 기술력 및 인프라 확보를 목표로 다음의 4대 전략, 10개 추진전략을 도출함</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ [전략1] 활용 분야별 혁신 지원: 활용 지원 제도 고도화, 혁신적 활용성과 창출, 산업계 활용 활성화 지원 ○ [전략2] 초고성능컴퓨팅 자원 접근성 강화: 초고성능컴퓨팅 인프라 확충, 범국가적 공동 활용 서비스 체계 구축 ○ [전략3] 기술강국 도약: 초고성능컴퓨팅 독자 시스템 개발 추진, 산업 성장기반 조성 ○ [전략4] 산·학·연 생태계 기반 구축: 전문성 확보한 우수인재 양성, 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대, 지속 발전 기반 조성 <p>□ 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」에 따른 기본계획 수립을 통해 국가 초고성능컴퓨팅 생태계의 체계적이고 효율적인 육성 추진 기대</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ‘4차 산업혁명 퀀텀점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략(’21)’과 연계한 기본계획 수립으로 정책 효과 강화 ○ 초고성능컴퓨팅 활용 기업체수, 국가 자원총량(국가 및 전문센터), 선도수준 기술 분야 수, 전문인력 배출 등의 전반적인 향상을 통한 국가 초고성능컴퓨팅 육성의 가시적 성과 기대 					
비공개 사유			비공개 기간		

< 목 차 >

제1장 서론	1
제1절 연구 배경	1
1. 초고성능컴퓨팅의 중요성	1
2. 주요국 전략적 집중 육성 현황	3
제2절 연구 필요성	11
1. 한국의 현황	11
2. 한국의 노력	13
3. 연구 필요성	17
제3절 연구 목표 및 방법	18
1. 연구 목표	18
2. 연구 방법	19
제2장 초고성능컴퓨팅 분야 국내외 현황 조사·분석	22
제1절 초고성능컴퓨팅 분야별 주요국 현황	22
1. 글로벌 초고성능컴퓨팅 분야 패러다임 전환	22
2. 인프라	23
3. 기술개발	34
4. 활용확산	43
5. 인력양성	56
제2절 초고성능컴퓨팅 관련 국내 현황	67
1. 초고성능컴퓨팅 정책 현황	67
2. 초고성능컴퓨팅 인프라 구축 현황	75
3. 초고성능컴퓨팅 기술개발 현황	90
4. 초고성능컴퓨팅 활용 현황	102
5. 초고성능컴퓨팅 인력양성 현황	113
제3장 국가 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 정책 방향 도출	122
제1절 제2차 기본계획 성과분석 개요	122
제2절 제2차 기본계획 주요 추진실적 분석	129

1. 제2차 기본계획 주요 추진실적 요약	129
2. 제2차 기본계획 주요 추진실적 분석 결과	131
제4장 국가 초고성능컴퓨팅 정책수요 발굴	140
제1절 이해관계자 대상 정책수요 발굴	140
1. 이해관계자 대상 정책수요 발굴 개요	140
2. 이해관계자 대상 정책수요 발굴 주요 내용	140
제2절 현황진단 및 개선방향 도출	144
1. 현황진단 및 개선방향 도출 개요	144
2. 현황진단 및 개선방향 도출 주요 내용	145
제3절 시사점	146
제5장 국가 초고성능컴퓨팅 정책방향 도출	147
제1절 초고성능컴퓨팅 외부 환경 분석	147
제2절 초고성능컴퓨팅 내부 환경 분석	148
제3절 SWOT 분석	149
제6장 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립	151
제1절 기획위원회 운영	151
1. 기획위원회 개요	151
2. 기획위원회 운영 일정 및 주요 내용	155
제2절 기본계획 수립 방향성 도출	157
1. 기술개발 및 산업 지속성장기반 구축	157
2. 활용지원체계 마련 및 산업 디지털 혁신 지원	158
3. 국가 인프라 확충 및 다양화	160
4. 인력양성 체계 마련	162
제3절 기본계획 수립 방안	164
1. 제3차 기본계획 수립 개요	164
2. 기본계획 기획위원회 운영	165
3. 제3차 기본계획(안) 공청회 개최	177
제4절 목표 및 추진 전략	180
1. 비전 및 목표	180
2. 추진 전략 및 주요 내용	180

제5절 기본계획 상세 내용	183
1. 활용 분야별 혁신 지원	183
2. 초고성능컴퓨팅 자원 접근성 강화	187
3. 기술강국 도약	191
4. 산학연 생태계 기반 구축	194
제6절 기대 성과 및 향후 계획	198
참고문헌	200
summary	203

< 표 목 차 >

<표 1> 주요국의 투자규모 및 인프라 구축 현황	3
<표 2> 미국의 SciDAC 프로그램	6
<표 3> PRACE 액세스 프로그램 유형	6
<표 4> 주요국들의 CPU/ 가속기 개발동향	8
<표 5> 주요국의 대표 핵심기술	9
<표 6> 초고성능컴퓨팅 활용 전용 R&D 프로그램 대표 사례	10
<표 7> 주요국 TOP500 60차(2022.11) 순위 및 진입 컴퓨터 보유량 비교	11
<표 8> 제1차·제2차 초고성능컴퓨팅 기본계획 주요 내용	14
<표 9> 국가센터 초고성능컴퓨터 구축 운영 현황	15
<표 10> 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략의 중점추진과제 구조	15
<표 11> XSEDE 제공 서비스	27
<표 12> XSEDE 자원 현황	27
<표 13> ACCESS 제공 서비스	28
<표 14> 유럽 인프라 프로젝트	30
<표 15> EuroHPC JU pre-엑사스케일 시스템 구축 현황	30
<표 16> NSCI update 주요 내용 (2019)	35
<표 17> ECP 애플리케이션 개발 분야	37
<표 18> 유럽 기술개발 프로젝트	40
<표 19> SciDAC 단계별 주요 연구 분야	46
<표 20> ECP 애플리케이션 연구 분야 및 목적	47
<표 21> ECP 소프트웨어 연구 분야 및 목적	47
<표 22> 미국 마이크로소프트社 초거대AI 모델 결합 사례	50
<표 23> 유럽 애플리케이션 프로젝트	52
<표 24> HPCI 지원 과제	55
<표 25> 전문인력 확대 관련 현재 추진 중인 지원활동	59
<표 26> 유럽 HPC 관련 주요 기관별 역할 및 교육활동	61
<표 27> 유럽 HPC 교육·훈련 관련 ETP4HPC 활동목표	61
<표 28> 국정운영계획 중 관련된 국정과제	70
<표 29> 국정운영계획 중 본 사업과 관련된 국정과제	71
<표 30> 국정운영계획 중 본 사업과 관련된 국정과제	72
<표 31> 과학기술기본계획과의 연계 과제	72
<표 32> 기상청 초고성능컴퓨터 연혁	76
<표 33> 기초과학연구원 초고성능컴퓨팅 주요 제원	76

<표 34> 국내 고성능컴퓨터 인프라 운영 현황	77
<표 35> 국가센터 초고성능컴퓨터 구축·운영 현황	78
<표 36> 각 국가별 1위 초고성능컴퓨터 자원량 비교	78
<표 37> 각 국가별 전체 초고성능컴퓨터 자원량 비교	79
<표 38> 국내 고성능컴퓨터 자원 보유 현황	79
<표 39> 국가 초고성능컴퓨팅 6호기 성능목표	81
<표 40> 국가 초고성능컴퓨팅 6호기 소요예산(안)	84
<표 41> 분야별 초고성능컴퓨팅센터(전문센터) 지정 현황	89
<표 42> 총괄1 연구내용 및 성과	91
<표 43> 총괄2 연구내용 및 성과	93
<표 44> 총괄3 연구내용 및 성과	95
<표 45> 1단계 연구내용 및 성과	97
<표 46> 2단계 연구내용 및 성과	98
<표 47> 초고성능컴퓨터개발선도 성과1	101
<표 48> 초고성능컴퓨터개발선도 성과2	101
<표 49> 초고성능컴퓨팅 활용 지원(과기정통부)	102
<표 50> 초고성능컴퓨팅 활용 지원(기상청)	103
<표 51> 초고성능컴퓨팅 활용 지원(관계부처)	103
<표 52> 국가센터 5호기 활용 정량적 성과	104
<표 53> 국가센터 5호기 활용 M&S지원 성과	104
<표 54> 국가센터 5호기 활용 분야(순 CPU 타임)	105
<표 55> 국가센터 5호기 활용 SW(순 CPU 타임)	105
<표 56> 국가센터 5호기 활용 논문 성과(SCI급 논문 기준)	106
<표 57> 국가센터 5호기 활용 정성적 성과 (대표성과)	107
<표 58> 국가 10대 분야별 응용SW 예시	108
<표 59> 포럼 운영 프로세스	111
<표 60> 지난 10년 간 교육서비스 환경 구축 사업으로 개발된 콘텐츠 현황	117
<표 61> EDISON 플랫폼 활용 국내외 수상 실적	118
<표 62> KISTI 주요 교육과정(2021 기준)	120
<표 63> 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 이행 성과분석 과정	122
<표 64> 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 소관 부처 현황	124
<표 65> 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 주요 추진실적 요약	129
<표 66> 광범위한 국가 R&D 지원 관련 예산 변화 추이	131
<표 67> 제조업의 디지털 혁신 지원 관련 예산 변화 추이	132
<표 68> 국민생활문제 해결 지원 관련 예산 변화 추이	132
<표 69> 초고성능컴퓨팅의 국가 전략분야 현안 해결 활용 현황	133

<표 70> 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화 관련 예산 변화 추이	134
<표 71> 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화 추이	134
<표 72> 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분 관련 예산 변화 추이	135
<표 73> 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변 확대 관련 예산 변화 추이	136
<표 74> 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화 관련 예산 변화 추이	137
<표 75> 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응 관련 예산 변화 추이	138
<표 76> 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응 관련 예산 변화 추이	138
<표 77> 이해관계자 대상 정책 수요 발굴 주요 질의사항	140
<표 78> 분야별 전문가 간담회 참석자 명단	144
<표 79> 정책발굴을 위한 의견수렴 시사점	146
<표 80> 외부 환경분석 결과	147
<표 81> 내부 환경분석 결과	148
<표 82> SWOT 요인 종합	149
<표 83> SWOT 전략별 대응방안	150
<표 84> 제3차 기본계획 기획위원회(총괄위원회)	153
<표 85> 제3차 기본계획 기획위원회(분과위원회)	153
<표 86> 기획위원회 일정 및 주요내용	156
<표 87> Top500 국가별 1위 초고성능컴퓨터 성능 비교	161
<표 88> 기본계획 기획위원회 추진 현황	164
<표 89> 제1차 분과별 기획위원회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 도출(안)	167
<표 90> 제2차 분과별 기획위원회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 수정(안)	171
<표 91> 제3차 분과별 기획위원회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 수정(안)	174
<표 92> 제2차 총괄위원회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 수정(안)	176
<표 93> 공청회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 수정(안)	179

< 그림 목 차 >

[그림 1] 지능정보사회구현을 견인하는 초고성능컴퓨팅의 역할	1
[그림 2] 초고성능컴퓨팅의 활용개선	2
[그림 3] 일본 Society 5.0	4
[그림 4] 주요국들의 정책현황	4
[그림 5] 주요국들의 초고성능컴퓨팅 공동활용체계	5
[그림 6] ‘Top500 초고성능컴퓨터’ 현황(최근 10년, ‘13~’22)	5
[그림 7] 유럽 ECP 엑사스케일 구축 로드맵과 EPI 개발 로드맵	7
[그림 8] FLAGSHIP 2020 구축 전략	7
[그림 9] ABCI 플랫폼	10
[그림 10] 국내 자원량 대비 수요 대응 현황	12
[그림 11] 국가별 1개 연구당 자원배분시간(’19)과 국가센터 5호기 활용현황(’22)	12
[그림 12] 초고성능컴퓨팅 기술의 전·후방 산업 파급효과	16
[그림 13] 기본계획 수립위원회 구조	20
[그림 14] 글로벌 초고성능컴퓨팅 분야 패러다임 변화상	22
[그림 15] 주요국의 초고성능컴퓨팅 인프라 구축 방향	23
[그림 16] 초고성능컴퓨팅 활용 가능 분야	23
[그림 17] 엑사스케일 컴퓨팅 프로젝트	25
[그림 18] ECP의 지속 가능성 및 채택을 위한 계획	25
[그림 19] ECP 비전 및 미션	26
[그림 20] 유럽 EPI 개발 로드맵	29
[그림 21] 일본 Society 5.0과 초고성능컴퓨팅 활용 분야	33
[그림 22] NSCI update 추진전략 및 세부내용	36
[그림 23] NSCI 참여 기관 및 역할	36
[그림 24] EuroHPC 컴퓨팅 인프라 구축 로드맵	38
[그림 25] 융합형 HPC 플랫폼	44
[그림 26] 융합활용 AI 플랫폼	44
[그림 27] 미국 HPC 전략분야	45
[그림 28] 유럽 HPC 전략분야	51
[그림 29] 일본 전략프로그램	54
[그림 30] 인력양성 관련 목표 및 실행계획	58
[그림 31] ETP4HPC가 제안하는 HPC 전문인력 범주 및 교육과정	62
[그림 32] 일본 「제6기 과학기술·혁신기본계획」 ‘연구역량 강화’ 및 ‘교육·인재 양성’ 관련 주요 대처방안	64

[그림 33]	일본 「AI전략 2019」 내 교육관련 정책 방향	65
[그림 34]	일본 「AI전략 2022」 교육개혁 관련 주요 정책방안	66
[그림 35]	제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획('18~'22) 추진전략	68
[그림 36]	국가초고성능컴퓨팅 혁신전략의 중점추진과제 구조	68
[그림 37]	국가슈퍼컴퓨팅센터 초고성능컴퓨터 변천사	75
[그림 38]	국가 초고성능컴퓨터 6호기 도입 사업추진체계	82
[그림 39]	국가 초고성능컴퓨터 6호기 도입 사업 추진절차 및 내용	83
[그림 40]	1PF 지원 이종컴퓨팅 시스템의 SW 스택	91
[그림 41]	BDBC Engine	92
[그림 42]	총괄3 기계학습 기반 미래 예측 패키지 개발	94
[그림 43]	차세대 초고성능컴퓨터를 위한 이기종 매니코어 HW시스템 개발 개요	96
[그림 44]	통합 기술개발 로드맵	97
[그림 45]	슈퍼컴퓨터 개발선도 사업 목표 총괄	99
[그림 46]	슈퍼컴퓨터 개발선도 사업 2단계	100
[그림 47]	슈퍼컴퓨터 개발선도 사업 결과	100
[그림 48]	초고성능컴퓨팅 추진체계	110
[그림 49]	연간 추진 프로세스	112
[그림 50]	과제 발굴-검토-심의 프로세스	112
[그림 51]	국가초고성능컴퓨팅 혁신전략 : 인력양성 관련 정책과제	115
[그림 52]	EDISON 웹사이트 메인화면	116
[그림 53]	EDISON 및 디지털융합R&D플랫폼 구축사업 비교분석결과	118
[그림 54]	과학데이터교육센터 웹사이트 메인화면	119
[그림 55]	국민참여 프로그램 홍보자료(2021)	121
[그림 56]	제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 비전 체계도	123
[그림 57]	국가센터 자원 배분 기본방향(안)	183
[그림 58]	국가 초고성능컴퓨팅 활용 지원 협업체계(국가-전문센터 역할)	184
[그림 59]	연계 인프라 기반의 초고성능컴퓨팅 통합 데이터서비스	188
[그림 60]	플랫폼 기반 자원 공동활용 원스톱서비스 체계	189
[그림 61]	원스톱 서비스 체계도	190
[그림 62]	국가초고성능컴퓨팅 기술자립화 로드맵(안)	191

제1장 서론

제1절 연구 배경

1. 초고성능컴퓨팅의 중요성

가. 국가 경쟁력 제고를 위한 신(新)사회간접자본으로서의 초고성능컴퓨팅

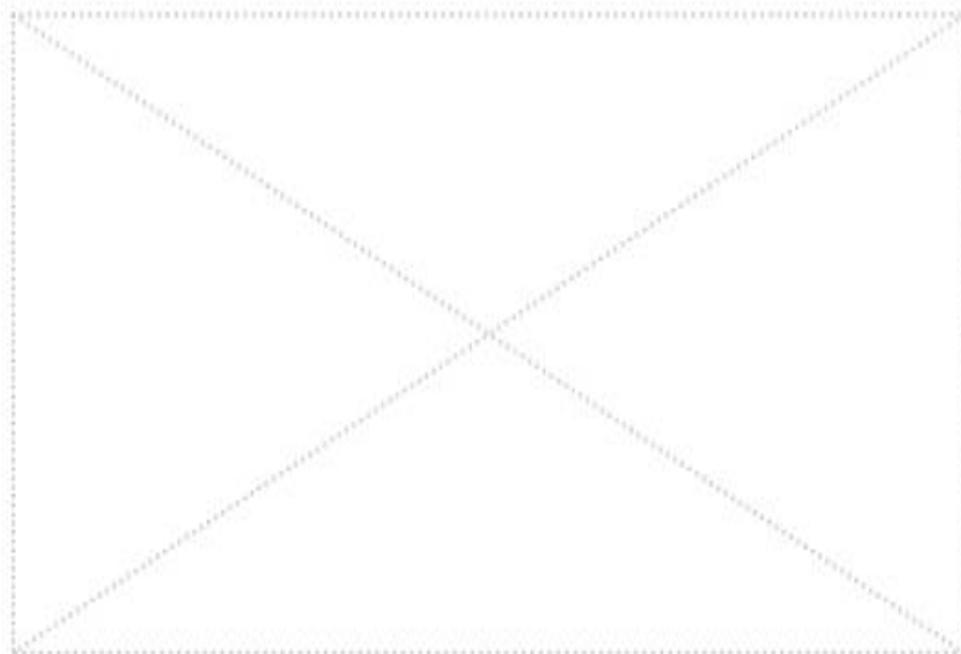
□ 초고성능컴퓨팅은 과학기술, 경제, 사회 전반의 혁신을 지원하는 핵심 연구인프라이자 지능정보사회 구현의 필수 요소

※ 디지털 혁신 시대에 고성능컴퓨팅 자원은 국가, 경제, 산업, 사회 전반의 필수 인프라('22, EU)

※ 초고성능컴퓨팅은 게임의 룰을 바꾸는 증명된 기술('15, 미국경쟁력위원회(CSIS))

○ 초고성능컴퓨팅은 국가 경제·사회 전반의 혁신적인 산업 발전과 패러다임 전환, 4차 산업혁명*의 촉진에 필수적인 기반으로 첨단 분야의 혁신적 연구성과 창출, 산업 생산성 향상, 국가·사회문제 예측 및 해결 등 국가 경쟁력 제고 및 과학적 의사결정을 위한 신(新)사회간접자본으로 역할 수행

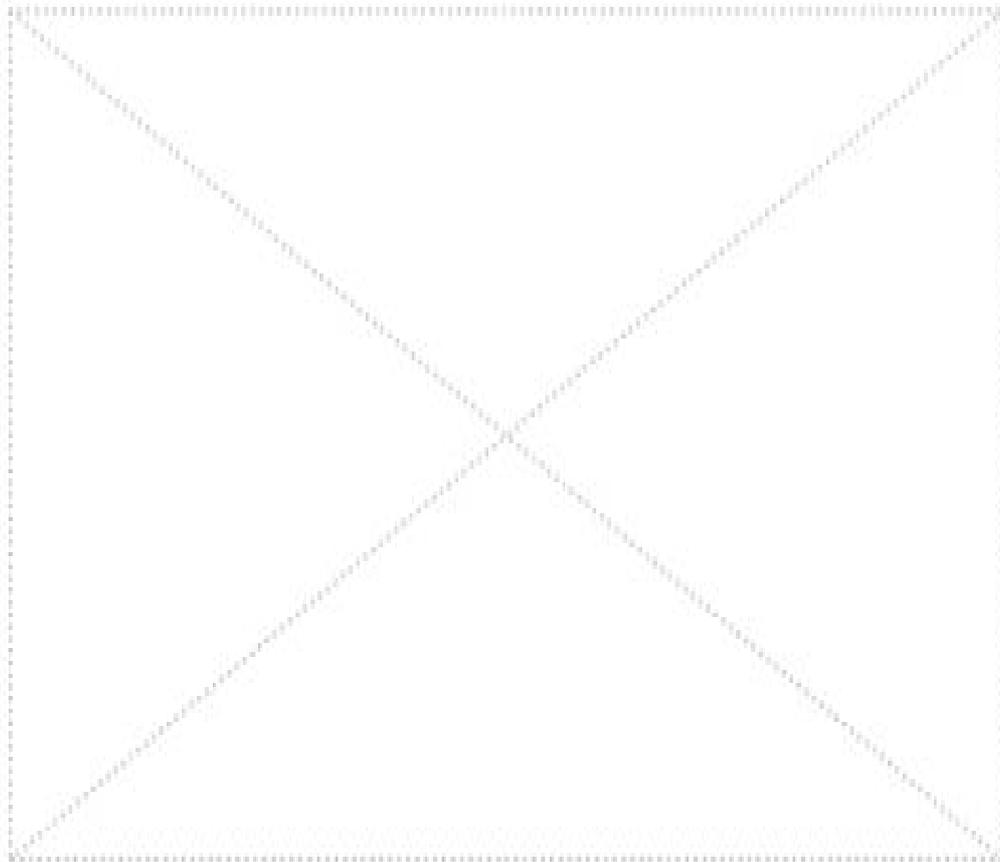
* 빅데이터, 인공지능(AI), 클라우드 컴퓨팅, 모바일 컴퓨팅 등 정보통신기술(ICT)이 핵심



[그림 1] 지능정보사회구현을 견인하는 초고성능컴퓨팅의 역할

- (연구생산성) 거대·복잡한 연산을 지원함으로써 바이오, 우주, 소재, AI 등 첨단 국가 전략기술분야에서 연구기간 단축 및 정확도 향상을 통해 우수성과 달성에 기여
- (ICT 산업) 인공지능(AI)과 빅데이터 기술과 결합하여 데이터분석 및 지능정보기술

- 구현을 통한 통찰력 제공 도구로 활용 및 4차 산업혁명을 통한 신산업 창출
- (제조산업) 제조산업에서 M&S(Modeling and Simulation)기술을 활용한 제품개발·설계 신속화, 생산 공정 개선 및 자동화 구축 등을 이용한 스마트공장 발달 응용기술을 활용한 기술 경쟁력 강화로 제품의 질 향상과 비용의 감소
 - (국민 삶의 질 향상) 발전된 초고성능컴퓨팅 기술을 국민 생활과 직결된 분야에 활용함으로써 공공 서비스 품질 개선을 통한 국민 삶의 질 향상
 - ※ 기상예측 기술발전, 이상 기후 및 환경문제 예측, 유전자 분석을 통한 질병 예측·예방, 스마트 의료 발전으로 맞춤형 의학 제공 가능
 - (국가안보 강화) 빠른 선제적 대응을 통해 국민의 생명과 자산을 보호하고 국가 위기 관련 문제 해결 및 전략 수립 등에 활용
 - ※ 국방·에너지·식량 안보 등 국가 위기 관련 문제 해결 및 전략 수립 등에 활용, 신종 전염병, 지진 등 재난·재해의 조기 경보기능 향상
 - (새로운 일자리 창출) 금융, 자율주행 자동차, 교육 등 융합 산업을 개척하여 새로운 일자리 창출에 기여



[그림 2] 초고성능컴퓨팅의 활용개선

- 데이터 급증, 인공지능 거대화·고도화 등 급속도로 확장되는 지능정보사회를 원활히 뒷받침할 핵심 인프라로 대두
 - ※ 세계 데이터 유통량 연61%증가(IDC), 인공지능 계산량 매년 7배 증가(스탠포드대학)
 - ※ 거대 AI 자연어 처리모델(GPT-3)의 1,750억개 매개변수와 570GB 사전학습 데이터

처리에 NVIDIA V100 1개 355년 소요 vs 1엑사급 HPC 3.6일 소요

나. 전략기술 자산으로서 부각

- 경제·사회 혁신을 위한 핵심인프라로 대두되면서 전략기술화 경향
- 글로벌 기술패권 시대에 국가전략기술 육성의 필요 자산*으로서 그 중요성이 증대되면서 초고성능컴퓨팅 기술·제품 공급망의 경직화 발생
 - * ('21) 미국은 중국 기업과 정부연구소 7곳을 대상으로 초고성능컴퓨팅 기술 거래 금지 조치, ('22) 미국은 슈퍼컴퓨터에 사용되는 반도체 등에 대한 對 중국 수출통제 조치
- 선도국은 초고성능컴퓨팅 분야 HW 및 SW 자체 개발 기술, 엑사스케일 컴퓨팅 시스템 구축 등 국가 간 기술경쟁 및 격차 심화 예상
 - (미국) 엑사시스템 대비 SW 개발 및 3기의 엑사급 컴퓨터 구축 추진 중이며, '22년 6월 세계 최초 1.1EF급 구축 시스템을 Top500 순위에 등재(DOE, Frontier, '23년~ 운영)
 - (EU) '25년까지 자체 기술을 적용한 엑사 컴퓨팅 시스템 구축·고도화를 목표로 유럽 프로세서 이니셔티브 구성 및 프로세서 독자 개발 추진
 - (일본) Flagship2020 사업을 기반으로 당시 세계 1위 슈퍼컴퓨터(Fugaku) 자체 개발 성공

2. 주요국 전략적 집중 육성 현황

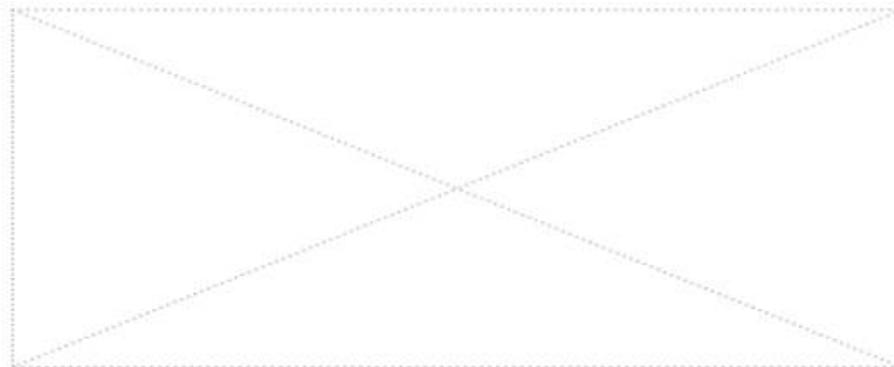
- 미국, 일본, EU 등 주요국은 초고성능컴퓨팅 분야의 글로벌 패러다임 전환에 따라 인프라구축-자체기술개발-활용 연계 분야에 국가 주도 육성 주력
- 신규 인프라 구축에 대규모 투자 및 공동활용 노력 병행
 - EuroHPC JU('20~'23, 4PF~엑사급의 7개 시스템 구축) 등
 - (미국) XSEDE 4개 HPC센터 13개 시스템(22.5PF/65PB), (EU) PARCE Top500 50위권 8개(109PF)와 중소규모 12개(22.9PF) 등 활용 공동활용체계 구축·운영 중
- 고성능 CPU 등 자체 기술력 既 확보, 엑사시스템* 개발 경쟁 심화
 - * 연산성능·집적도 100배(초당 10^{18} 번 연산)↑, 전력효율 3배↑, 높은 확장성·유연성 구현 등

<표 1> 주요국의 투자규모 및 인프라 구축 현황

미국	· 전방위 투자('21년 18억\$ 수준) · '22년까지 엑사시스템 실제 구축(1.1EF) · IBM, HPE 등 강력한 산업생태계 보유	일본	· K-Computer('12), Fugaku('20) 등 2차례 세계 최고 시스템 개발 ('20년까지 1조5천억 수준) · NEC, Fujitsu 등 전문기업 육성
유럽	· 지속적 투자('23년 30억€ 수준) · CPU 포함 엑사시스템 자체 개발 중 · 약한 산업기반으로 인해 별도의 벤처회사를 설립하여 추진	중국	· CPU 등 대부분의 요소기술 확보 · '10년, '13년, 17년 세계 최고 시스템 개발 · 미국에 대응 기술개발 강화 (연 1조원 이상 투자)

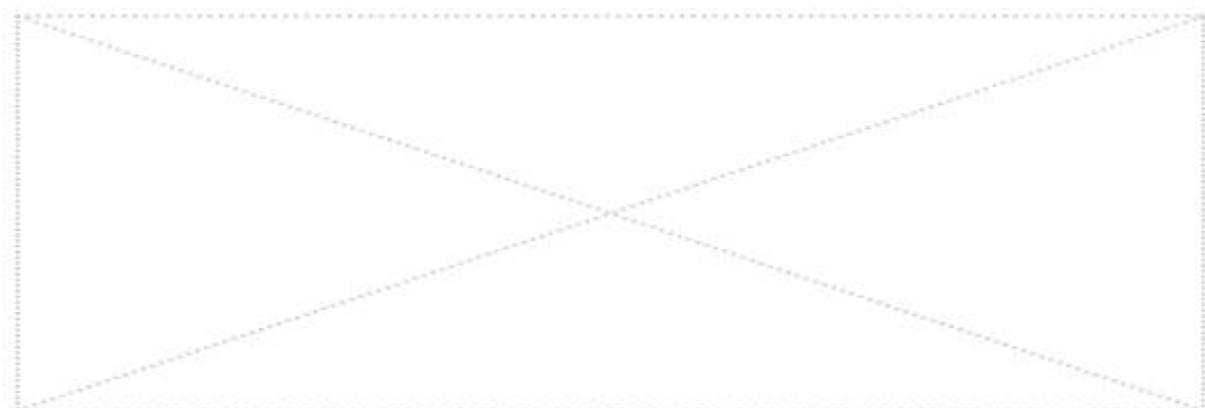
* 출처 : 4차 산업혁명 퀀텀점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략

- (정책·투자) 주요국들은 초고성능컴퓨팅 육성을 위해 국가 주도로 정책 역량과 투자 집중
- (미국) 세계 최초의 초고성능컴퓨터 법 제정('91), 엑사스케일 컴퓨팅 프로젝트 발족('16), 국가초고성능컴퓨팅전략(NSCI) 재정 및 개정('19) 등 정책 기반 마련 노력
 - 초고성능컴퓨팅 세계 최고 기술·산업 패권 강화를 위한 전방위 투자('21년 18억\$ 수준)
- (EU) Horizon Europe 2020~2024 전략에서 차세대 디지털 혁신을 위해 고급컴퓨팅과 빅데이터, 양자기술 개발 등 전략 추진
 - 유럽 내 초고성능컴퓨팅의 결점 극복 및 지적재산권 확보 추진 지속적 투자('23년 30억€ 수준)
 - EuroHPC JU는 '18~'27년 동안 80억 유로 투자를 통해 국제 경쟁력 제고를 위한 원천기술 인프라 확충·운용 및 엑사스케일급 초고성능컴퓨터 시스템 자체개발 추진
- (일본) 차세대 기술개발에 대규모 투자를 통해 초고성능컴퓨팅 강국 재도약의 발판 마련
 - 자연재해라는 문제 해결책의 일환으로 통상산업성의 개발 시작(~'81), 「Society5.0」 등과 같이 기획 단계부터 산학연 참여를 주도하여 응용·활용 분야를 반영한 시스템 설계 및 개발 추진



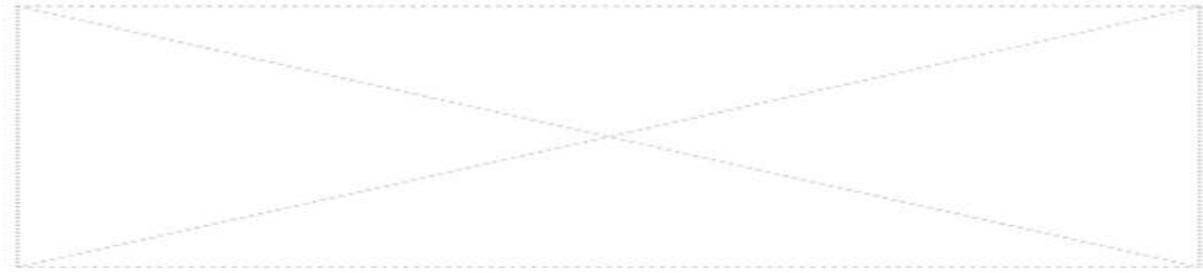
[그림 3] 일본 Society 5.0

- (중국) 정부 주도의 적극적인 대규모 투자(연 1조원 이상 투자)로 ‘초고성능컴퓨팅 강국’으로 부상



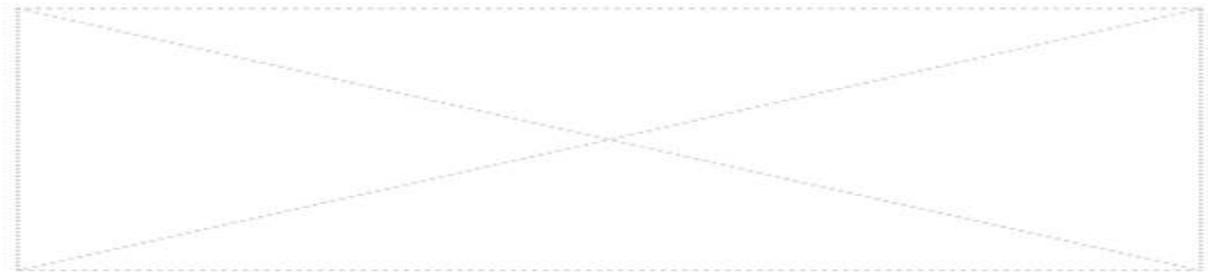
[그림 4] 주요국들의 정책현황

- (인프라) 미국의 엑사스케일 초고성능시스템 구축 성공에 따라 주요국은 신규 인프라 구축에 대규모 투자와 공동활용 등 전략적 프로젝트 진행



[그림 5] 주요국들의 초고성능컴퓨팅 공동활용체계

- 세계 최고 성능의 시스템 구축 경쟁 심화에 따라 매년 전세계 초고성능컴퓨팅 연산성능이 급증하고, 국가 간 성능의 격차 또한 벌어지는 추세



[그림 6] 'Top500 초고성능컴퓨터' 현황(최근 10년, '13~'22)

- (미국) 연구개발-상용화-산업화로 이어지는 ACCESS(舊 XSEDE) 대학 및 국가연구소의 4개 슈퍼컴퓨터 센터와 국가센터의 공동활용체계 구축·운영 중
 - '22년 미국 1,100PF '22년 5월 DOE 세계 최초 엑사시스템 구축 완료로 초고성능컴퓨팅 분야 '세계 최강' 명성을 유지
 - ※ Frontier, 실측성능 약 1.1EF, 이론성능 약 1.68EF
 - 「엑사스케일 컴퓨팅 프로젝트」 '23년까지 산업생태계를 적극 활용한 엑사스케일 시스템 구축(ECP,'16~) 진행 중
 - ※ Intel과 AMD의 x86 CPU 및 GPU 기술을 바탕으로 응용분야와 SW가 요구하는 HW 설계를 진행하여 엑사플롭스급 시스템 3기를 개발하는 프로젝트
 - 산학연 역량을 결집하여 각 국가전략 분야에 초고성능컴퓨팅 기술을 활용하여 기술개발을 선도하기 위한 「SciDAC Program」, 「Exascale Computing Project」 등과 같은 정책 추진

<표 2> 미국의 SciDAC 프로그램

구 분	기간	세부내용	목표
SciDAC-1	2001 ~ 2006	병렬 컴퓨팅을 위한 과학적 소프트웨어 인프라 생성	테라스케일 컴퓨팅 지원
SciDAC-2	2006 ~ 2011	과학도메인 추가 및 학계 참여 확대 데이터 및 가시화 추가	페타스케일 컴퓨팅 지원
SciDAC-3	2011 ~ 2016	불확실성 정량화 추가	멀티코어 및 하이브리드 아키텍처 지원
SciDAC-4	2017 ~ 2021	응용에너지 및 머신 러닝 추가	Pre-엑사스케일 아키텍처 지원

* 출처 : 4차 산업혁명 퀀텀점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략

- (EU) PARCE* 상위권 5개국의 10개 시스템을 연동하여 최대 77PF까지 허용 가능한 Tier-0와 13개국이 18개의 시스템을 연동하여 최대 16.2PF까지 허용할 수 있는 Tier-1을 함께 통합·연동하여 사용하는 공동활용체계 강화

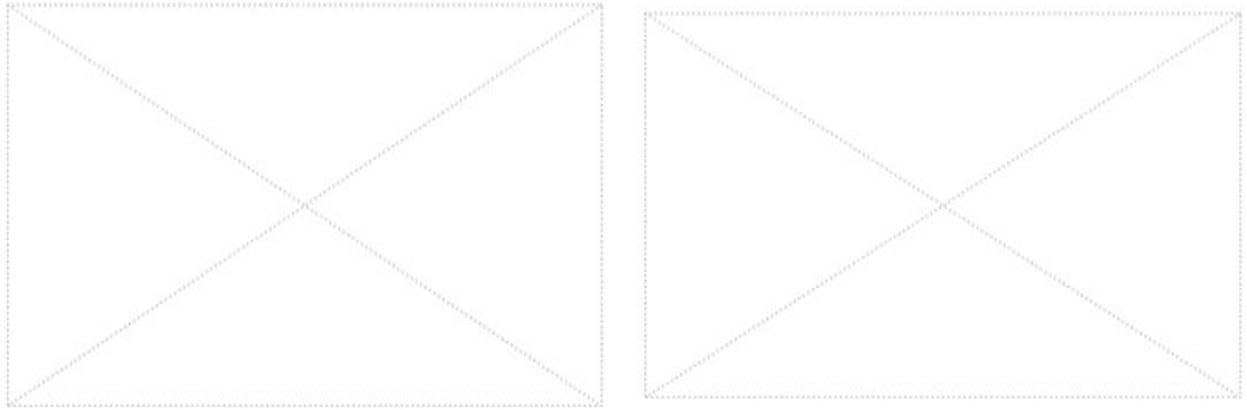
* Tier-0는 TOP500의 50위권 내 프랑스, 독일, 스페인, 이탈리아, 스위스 5개국, Tier-1은 체코, 핀란드 등 13개국 참여

<표 3> PRACE 액세스 프로그램 유형

구 분	세부내용	추천사용자
Project	사전 테스트가 완료된 코드를 사용하는 프로젝트에 대한 PRACE Tier-0 HPC 시스템에 대한 액세스 권한	Tier-0 사용자
Preparatory	PRACE Tier-0 시스템에서 최적화, 확장 및 테스트 코드를 사용할 수 있도록 준비하는 과정	프로젝트 액세스를 준비하는 사용자
SHAPE	중소기업이 PRACE RI 내에서 이익을 얻을 수 있도록 지원	HPC 사용하는 중소기업
DECI	소규모 프로젝트를 위해 Tier-1 아키텍처 접근 지원	소규모 프로젝트

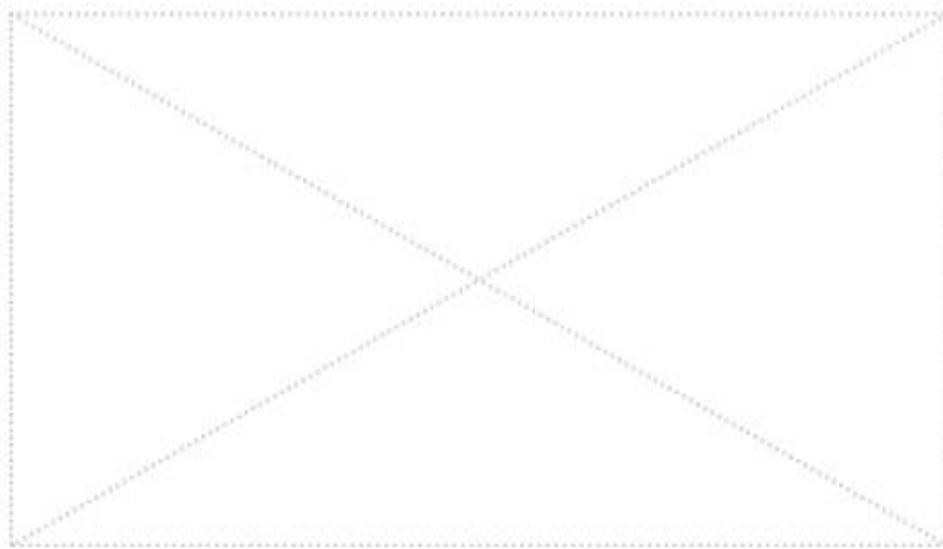
* 출처 : 4차 산업혁명 퀀텀점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략

- 「EPI SGA1 프로젝트」 EuroHPC('20~'23, 4PF~엑사급의 7개 시스템 구축) 등 '23년까지 HPC 시스템온칩(System-on-Chips, SoCs)과 가속기 및 오픈 IP 라이선스 기반의 ARM과 오픈소스 RISC-V기반의 CPU를 자체개발하는 엑사플롭스급 초고성능컴퓨터 자체개발 추진 중
 - ※ 산업기반이 열악한 점을 감안, 오픈 IP라이선스, 오픈소스, 별도 벤처회사를 설립해 공동 R&D, 제작·설치 등 추진



[그림 7] 유럽 ECP 엑사스케일 구축 로드맵과 EPI 개발 로드맵

- (일본) 대학과 국가연구소를 포함하여 13개 기관의 21개 시스템을 연동하여 공동 활용하는 HPCI 체계 사용
 - 7년간 「플래그쉽2020(FLAGSHIP2020) 프로젝트*('14~'20, 약 1조5천억 원 규모)」를 통해 최초로 ARM 기반의 A64FX CPU 기반의 세계 1위 초고성능컴퓨터(Fugaku) 시스템 기술 자체 개발('20.6) 및 엑사스케일 슈퍼컴퓨터 구축 추진
 - * K-Computer('06~'12, 1조3천억 원 규모) 프로젝트의 후속



[그림 8] FLAGSHIP 2020 구축 전략

- (중국) 「엑사스케일 프로젝트」 AMD와 합작하여 자체개발 CPU와 가속기 원천기술을 사용하여 엑사스케일 슈퍼컴퓨터 프로토타입 개발 및 전체 시스템·응용 최적화 까지 확대
 - '10년, '13년, '17년 세계 최고 시스템 개발, 미국 대응 기술개발 강화

- (기술개발) 기술안보와 기술적 독립을 위해 주요국은 자체기술력 확보를 통한 엑사스케일 시스템 개발 노력 중
 - 이기종 아키텍처 및 저전력 기술 등 한계극복 기술 집중 및 초고성능컴퓨팅 기술의 안보 측면 중요성 부각

<표 4> 주요국들의 CPU/ 가속기 개발동향

미국	<ul style="list-style-type: none"> - 차세대 엑사스케일 시스템은 모두 가속기를 장착한 시스템으로 Intel/AMD의 조합으로 구성 • (Frontier/ORNL) 1개의 AMD EPYC CPU 및 4개의 AMD Radeon Instinct GPU 탑재 • (AURORA/ANL) 인텔 Xeon scalable CPU 및 인텔 Xe GPU 기반 가속기 탑재 • (El Capitan/LLNL) AMD Zen 4 기반의 차세대 EPYC CPU(Genoa) 및 차세대 AMD Radeon Instinct GPU 탑재
유럽	<ul style="list-style-type: none"> - 새로운 저전력 유럽 프로세서 제품군의 로드맵 설계 및 구현을 목적으로 European Processor Initiative(EPI) 추진 • (1세대, ~'21) ARM ZEUS 기반 CPU(Rhea) 개발 진행 중 : RISC-V 기반 가속기, 다목적 프로세싱 어레이(MPPA), 임베디드 FPGA 및 암호와 ASIC H/W 포함 • (2세대, ~'23) ARM 기반의 범용 CPU(Cronos) 개발 및 엑사스케일 시스템 구축 예정
일본	<ul style="list-style-type: none"> - ARM 기반 CPU를 자체 개발하여, TOP500 1위에 위치 • CPU Only 시스템으로 48개의 코어를 가진 시스템 온 칩(SoC)인 A64FX 프로세서 탑재 • 칩당 이론성능은 2.7TFlops정도이며, 0.4Byte/Flops의 메모리대역폭/flops 성능 비율이 우수
중국	<ul style="list-style-type: none"> - 3개의 엑사스케일 시스템 개발중 • (NUDT 시스템) ARM 기반 Phytium CPU와 Matrix2000+* 가속기 탑재 * Tianhe-2A 가속기 후속모델 • (Sugon) AMD EPYC 프로세서 복제본인 Hygon X86 CPU와 자체개발 가속기 DCU 구성 • (Sunway) CPU Only 시스템으로 SW26010* 기반 * 중국 자체개발 CPU로 Sunway TaihuLight에 탑재

* 출처 : 4차 산업혁명 키템점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략

- (미국) IBM, Cray/HPE, NVIDIA 등 강력한 산업생태계를 바탕으로 미국 기업이 세계시장 주도
 - 이기종 프로세서, 이기종 메모리 및 인터커넥트 기술, 에너지 효율 아키텍처 기술개발 추진
 - 미국은 중국에 대한 고성능칩 판매 금지(~'15)와 중국의 슈퍼컴퓨팅 기업과 정부연구소 7곳 거래 금지('21) 등 거래제한 강화로 관련 기술의 기술안보 강화
- (EU) '10년대 중반부터 기술종속 등을 우려하여 CPU 포함 엑사시스템 자체 개발 중
 - 해외 도입되던 CPU 등 원천기술을 자체개발로 전환, 엑사시스템 자체개발 중('23년까지 80억 유로 투자)
 - HORIZON Europe은 엑사스케일에서 효율적인 이기종 컴퓨팅 기술개발 추진
- (일본) 자연재해라는 현실적 문제해결을 위해 '81년부터 기술개발 시작, '11년 (K-Computer, 1조3천억원), '20년(Fugaku, 1조5천억원) 2차례 세계 최고 시스템 개발

- CPU 등과 같은 초고성능컴퓨팅 시스템의 구성요소 대부분을 자체적으로 개발·구축
 - 자국 내 초고성능컴퓨터 전문기업 NEC, Fujitsu 등 전문기업 육성, 국산화 추진
 - (중국) '87년부터 국가 차원의 개발 프로그램을 통해 기업과 협업하여 기술력을 확보하고 시장에 진입
 - 「과학기술발전 13차 5개년 계획」 산학연 협력의 R&D 생태계 조성과 초고성능컴퓨팅 구성요소에 대한 자체기술 개발을 목표로 CPU 등 대부분의 요소기술 확보
- (활용) 주요국은 국가 발전을 위해 초고성능컴퓨팅을 활용한 국가전략 분야 기반 인프라 구축-기술개발-활용-연계를 추진

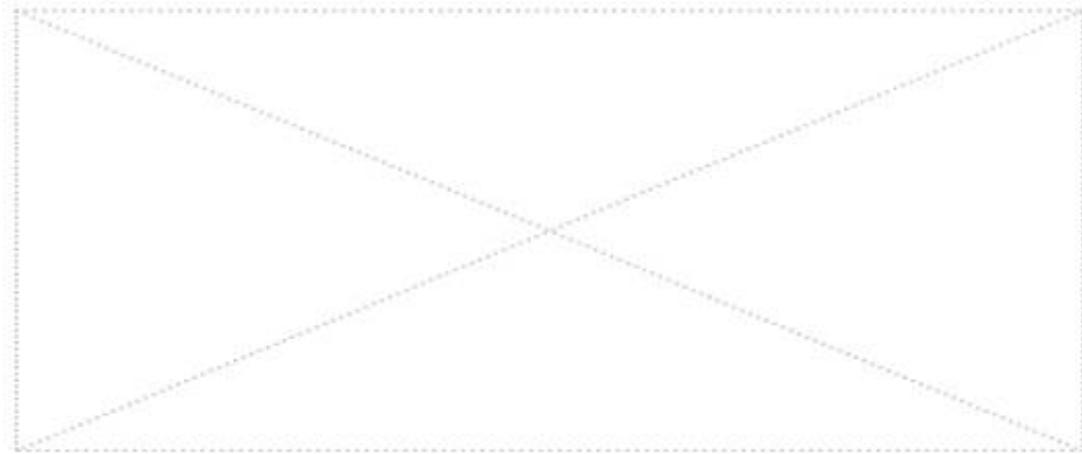
<표 5> 주요국의 대표 핵심기술

국가	국가별 대표 핵심기술
미국	- 10대 핵심기술 ①인공지능/머신러닝/자율주행, ②고성능컴퓨터/반도체, ③양자정보과학, ④로봇/첨단제조, ⑤자연재해·인재방지, ⑥첨단통신/실감기술, ⑦생명공학/합성생물학, ⑧데이터관리/사이버보안, ⑨첨단에너지, ⑩첨단소재과학
EU	- 6대 전략분야 ①원재료, ②배터리, ③의약품원료, ④수소, ⑤반도체, ⑥클라우드/엣지
일본	- 10대 전략분야 ①인공지능, ②바이오, ③재료, ④Beyond 5G, ⑤슈퍼컴퓨터, ⑥양자, ⑦반도체, ⑧우주시스템, ⑨에너지·환경, ⑩건강의료
중국	- 과학기술 ①인공지능, ②양자, ③집적회로, ④뇌과학, ⑤유전자·바이오, ⑥임상의학/헬스케어, ⑦우주·심해·극지탐사 - 산업 ①신소재, ②대형운송수단, ③스마트제조/로봇, ④항공엔진, ⑤미래자동차, ⑥첨단의료기기/신약, ⑦북두위성항법시스템, ⑧농업기계장비
한국	- 10대 전략분야 ①소재·나노, ②생명·보건, ③정보통신기술, ④기상기후·환경, ⑤자율주행, ⑥우주, ⑦핵융합·가속기, ⑧제조기반기술, ⑨재난·재해, ⑩국방·안보 분야

* 출처 : 4차 산업혁명 퀀텀점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략

- (미국) 「Exascale Computing Project」 에서 국가안보, 과학적 발견, 경제안보, 에너지, 헬스케어 등 산학연 연계 및 다양한 분야에서 활용 연구 진행
- (EU) 「EC」 와 같은 정책을 활용하여 산학연 역량을 두루 활용*
 - * HPC 구현 로드맵, 커리큘럼(교육), 사업화, 커뮤니티, 우수센터 구축 등에 활용
 - 세분화된 기술개발 방식에 초점을 두어 광범위한 핵심기술 개발 대비 효율적이고 집약적인 기술* 개발 도모
 - * 마이크로·나노 기술, 유럽 프로세서, 에너지 효율화 등
 - 초고성능컴퓨팅 산업 열세 극복을 위한 단기간 초고성능컴퓨팅 생태계 구축을 위해 범유럽 차원에서 협력 강화를 목적으로 EuroHPC JU('16)을 결성
 - 유럽 프로세서 이니셔티브(EPI) 발족('18)

- (일본) 「ABCI 브리징 클라우드 인프라 정책」 일본 인공지능 연구의 산·학·연 연계 강화를 위한 플랫폼으로 인공지능 전용 대규모 클라우드 인프라 활용



[그림 9] ABCI 플랫폼

- 초고성능컴퓨터 자원과 활용연구에 특화된 응용SW의 개발·활용과 대형·집단연구 중심으로 전용 R&D 프로그램을 진행·지원

<표 6> 초고성능컴퓨팅 활용 전용 R&D 프로그램 대표 사례

국가	프로젝트	참여 기관	연 평균예산
미국	DoE SciDAC	60개 기관 참여(4개 연구분야)	469억 원('01~'17)
유럽	HORIZON 2020 CoE	122개 기관 참여(9개 연구분야)	293억 원('15~'18)
일본	K-Computer SPIRE	11개 기관 참여(9개 연구분야)	240억 원('11~'15)

* 출처 : 4차 산업혁명 퀀텀점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략

- (인력) 주요국은 초고성능컴퓨팅의 지속가능한 발전을 목표로 관련 전문인력 양성에 국가적 차원의 지원 중
- (미국) NSCI, 국가과학기술위원회, 미래 첨단컴퓨팅 생태계 실현에서 다양하고 유능하며 유연한 인력양성을 위한 5개 세부 목표 및 실행계획 제시 등 전문인력 양성 추진
- (EU) EuroHPC JU, EUMaster4HPC 등에서 주요 정책에 초고성능컴퓨팅 분야 생태계를 강화시키기 위한 인력양성(교육·훈련) 프로젝트 추진
- (일본) 초고성능컴퓨터 자원과 활용연구에 특화된 응용SW의 개발·활용, 대형·집단연구 중심으로 전용 R&D 프로그램을 진행·지원

제2절 연구 필요성

1. 한국의 현황

- 한국은 초고성능컴퓨팅 육성의 중요성을 인지하여 2011년 미국에 이어 세계에서 두 번째로 HPC 관련 법을 제정하는 등 국가 차원의 육성 노력 중이나 아직 주요국과의 격차가 존재
- (인프라) 주요국들과 초고성능컴퓨팅 보유 자원 격차가 크고, 국내 HPC 활용 수요가 증가함에 반해 신규 투자 정체 및 효율적 활용 체계 미비 등의 문제로 자원 부족 심화
- 주요국들의 경쟁적 기술발전과 컴퓨팅 역량 확대에 따라 국내 초고성능컴퓨팅 자원의 역량 경쟁력은 지속적으로 하락
 - TOP 500('22.11)에서 우리나라의 최고 수준의 초고성능컴퓨터는 18위, TOP 500진입 초고성능컴퓨터는 8대이며, 주요국들과 비교 시 초고성능컴퓨팅 자원의 역량 격차가 매우 큼을 확인 가능
 - 우리나라는 현재 페타(PF)급 초고성능컴퓨팅시스템 개발('16~'22, 329억원)

<표 7> 주요국 TOP500 60차(2022.11) 순위 및 진입 컴퓨터 보유량 비교

국가	60차 최고순위	이론 성능 (Rpeak/TFlops)	실측 성능 (Rmax/TFlops)	TOP500 진입 컴퓨터 수
미국	1	2,122,791	3,216,124	127
일본	2	624,251	815,667	31
EU	3	1,100,020	1,601,003	102
중국	7	514,492	1,132,071	162
한국	18	88,683	128,264	8

- 미국·일본·EU 등은 국가전략 분야를 정하여 초고성능컴퓨팅 자원 구축에서부터 기술 개발, 활용까지 연계를 추진하고 있으나, 국내는 연구목적 활용을 중심으로 함
 - KISTI 자원은 대부분 학술연구목적으로 활용하고 있어 산업지원 대비 혁신 창출 및 파급효과가 상대적으로 낮고, 중소·중견기업을 위한 M&S 기술지원도 지속적인 감소 추세
- 관련 수요 증가 대비 자원 부족으로 수요자에 대한 서비스의 질 저하
 - 국내 자원량/수요 현황: ('15) 9.7PF/311PF(수요 32배↑) → ('20) 31.5PF/15.1EF(수요 480배↑)



[그림 10] 국내 자원량 대비 수요 대응 현황

- (투자 규모) 국내 초고성능컴퓨팅 분야 정부 투자액은 연평균 1,000억 원 내외로 주요국의 10분의 1수준
- (운영기관) 인프라 운영기관은 확대되었으나, 투자 규모가 작아 전반적으로 자원 경쟁력은 낮은 수준, 주요국들과 인프라 확보 격차 지속의 원인
- (기술개발) 초고성능컴퓨팅 분야의 자생적 산업생태계 부재로 기술격차 심화, 해외의존도 증가
 - 전반적 기술 수준 즉, 하드웨어, 시스템 소프트웨어, 응용 소프트웨어는 최고기술국 대비 대략 3~7년 뒤쳐진 수준으로, 타 ICT 분야(약 1.3년)에 비해 낮은 편
 - 고성능컴퓨팅 시장의 규모가 작아 전문기업과 기술·인력의 육성이 미약하여 기업역량이 성장하지 못해 초고성능컴퓨팅의 자원 도입·유지보수의 해외의존 악순환 고착
 - 전반적으로 자체적인 기술 확보·개발과 전문인력 육성 및 사업 간의 연계가 부족하여 효과적인 초고성능컴퓨터 핵심기술개발에 난관
- (활용) 국가적 전략 및 산업계에서 전략적·지속적 초고성능컴퓨팅 활용체계 부족
 - 전략 분야 없이 개인 연구수요 중심으로 자원이 배분되고, 이마저도 자원 한계로 충분한 자원을 제공받지 못해 우수성과 창출을 저해
 - 주요국 대비 1개 연구과제당 자원 배분 시간은 1/3, 산업계 배분 자원량은 1/20 수준



[그림 11] 국가별 1개 연구당 자원배분시간('19)과 국가센터 5호기 활용현황('22)

- (인력) 전문인력 활용에 대한 체계적인 지원 및 체계적인 전문인력 양성 전략 부족

- 활용연구 지원사업 및 보안체계*, 연구특화 응용SW, 분야별 전문인력** 등 활용기반이 부족해 우수 연구자·산업계의 신규진입을 제약
 - * 기업의 공공 인프라 활용을 제약하는 가장 큰 요인은 영업비밀 유출 우려 등 보안 문제
 - ** 초고성능컴퓨팅 관련 산업 인력: 종사자 14,443명, 부족 인원 3,312명 ('22년 실태조사 기반 추정)
- 전문인력 육성 방법의 부재 및 산학연의 연계가 미비하여 기술 발전에 미비한 효과

2. 한국의 노력

- 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」 제정('11)
 - 미국에 이어 한국이 세계에서 두 번째로 초고성능컴퓨터법을 제정하여 체계적인 국가 계획을 통해 해당 분야의 역량 강화를 지원 중
 - 국가초고성능컴퓨팅 육성발전 추진체계 구축, 기반 조성, 체계적 관리 등을 통해 지속 가능한 초고성능컴퓨팅 활용과 과학기술의 발전을 도모함으로써 국민 삶의 질 향상과 국가 경제 발전에 기여하는 것을 목적으로 함.
- 「1차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획」 ('13~'17)
 - 과학기술 발전과 국가 경쟁력 강화의 핵심 인프라로써 초고성능컴퓨팅을 국가 차원에서 중점 육성하기 위한 우리나라 첫 번째 기본계획
 - 신규 수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용확대 모색
 - 세계 Top10 수준의 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축 목표
 - 초고성능컴퓨팅 자체 개발 역량 확보 등 3대 전략과 10대 과제 설정
- 「2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획」 ('18~'22)
 - '4차 산업혁명 대응 초고성능컴퓨팅 역량 확보'를 비전으로 기본계획 수립
 - 미래 초고성능컴퓨팅 자원 및 기술 확보와 4차 산업혁명 시대 핵심 인프라인 초고성능컴퓨터의 역할 확대를 목적으로 함
 - 다양한 분야의 초고성능컴퓨팅 활용확대, 미래 수요 대비 인프라 확보, 초고성능컴퓨팅 분야 자체 원천기술 확보의 3가지 추진전략 제시

<표 8> 제1차·제2차 초고성능컴퓨팅 기본계획 주요 내용

구분	제1차 초고성능컴퓨팅 기본계획(2013~2017)	제2차 초고성능컴퓨팅 기본계획(2018~2022)
비전	초고성능컴퓨팅의 효율적 구축 및 활용을 통한 국가혁신역량(Super Korea) 강화	4차 산업혁명 대응 초고성능컴퓨팅 역량 확보
정책 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 신규 수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용확대 • 세계 Top10 수준의 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축 • 독자적 초고성능컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련 	<ul style="list-style-type: none"> • 초고성능컴퓨팅 활용확대 및 응용 전문화 • 초고성능컴퓨팅 인프라 확보 • 초고성능컴퓨팅 원천기술 확보 및 산업육성
추진 전략	<ul style="list-style-type: none"> • 세계적 과학 발견 기여 • 국내 제조경쟁력 강화 • 초고성능컴퓨팅 활용확대 • 국가센터·기상청 4호기 등 구축·운영 • 세계 수준 대용량 데이터 전송·저장 • 실무인력 교육 • 테라급 초고성능컴퓨팅 시스템 자체 구축 • 초고성능컴퓨터 독자개발 요소기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 광범위한 국가 R&D 지원 • 제조업의 디지털 혁신 지원 • 국민생활문제 해결 지원 • 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화 • 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분 • 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변 확대 • 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화 • 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응 • 초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출

* 출처 : 제2차 초고성능컴퓨팅 기본계획(2018~2022)

- (중장기 계획) 2030년까지 초고성능컴퓨팅 강국 도약을 목표로 「4차 산업혁명 대도약(퀀텀점프)을 위한 ‘국가초고성능컴퓨팅 혁신전략’(’21~’30)」 수립 및 추진 중
 - 국내 초고성능컴퓨팅 현안인 연구자 수요 대응, 자체기술 개발, 산업생태계 조성 등을 해결하기 위한 목적으로 중장기 혁신전략 수립
 - 변화된 패러다임*에 대응하고 선도국과의 기술격차 극복과 새로운 성장 기회로 만들 전략 기획
 - * 엑사급 컴퓨팅, 원천기술 자체개발, 응용기술개발·활용
 - 2030년까지 초고성능컴퓨팅 강국 도약을 위해 구체적으로 컴퓨팅 파워 5위, 선도기술 24개로 확대, 10대 전략 분야 기반의 신서비스 10개 창출을 목표로 제시
- ※ '22.11. 60회 TOP 500기준, 現 우리나라 초고성능컴퓨터 최고 순위 18위

<표 9> 국가센터 초고성능컴퓨터 구축 운영 현황

구분	운영기간	성능 (TFlops)	구축예산 (억원)	주요 활용 성과 및 비고
1호기	'88~'93(5년)	0.002	180	<ul style="list-style-type: none"> 국산 자동차 설계 지원으로 개발기간 비용 단축 과학적 기상예보 시작
2호기	'93~'01(8년)	0.015	260	<ul style="list-style-type: none"> 액체로켓 엔진 연소실 내부 시뮬레이션으로 액체로켓 효율 향상 탄소나노튜브를 이용한 평면 디스플레이 제작
3호기	'01~'09(8년)	4.6	594	<ul style="list-style-type: none"> 세계최대 우주 시뮬레이션을 통해 우주의 생성·진화 과정 규명
4호기	'08~'18(10년)	363.6	732	<ul style="list-style-type: none"> 대체작물 미래 생산성 예측을 통한 기후변화 대응 식량생산 정책 수립 지원
5호기	'18~'22(5년)	25,700	908	<ul style="list-style-type: none"> 초거대규모 난류 열유동 해석을 통해 난류에너지 생성·변화과정 규명
6호기 (예정)	'23~'27(5년)	50,000	2,517	<ul style="list-style-type: none"> 6호기 구축사업에 따라 '23 구축 예정 '23말 기준 세계적 수준의 컴퓨팅 제공 목표

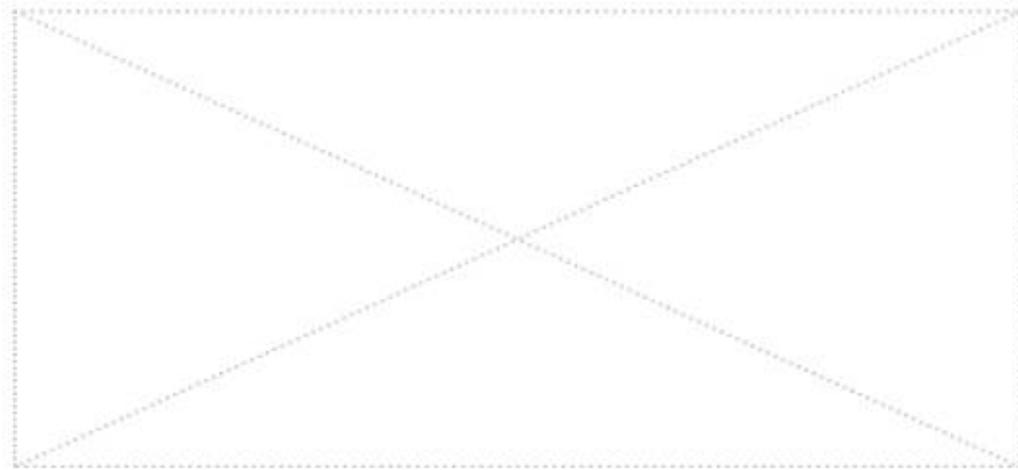
- 관계부처 합동으로 '인프라 확충', '기술력 확보 및 산업화 기반 마련', '활용 활성화' 사이의 발전적 연계체계를 전략적으로 이용할 방법으로 3대 전략과제와 8대 실행과제를 마련
- 초고성능컴퓨팅 활용 파급효과가 큰 10대 전략 분야선정
- ※ ①소재·나노, ②생명·보건, ③정보통신기술, ④기상·기후·환경, ⑤자율주행, ⑥우주, ⑦핵융합·가속기, ⑧제조기반기술, ⑨재난·재해, 국방·안보

<표 10> 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략의 중점추진과제 구조

비전	초고성능컴퓨팅 강국 도약으로 4차 산업혁명 퀀텀점프 실현			
전략 목표 및 추진 전략	【목표】			
	구분	'20년	'25년	'30년
	컴퓨팅 파워	12위	8위	5위
	선도기술 분야*	5개	13개	24개
	新서비스 창출	-	5개	10개
	*기술수준이 최고국가 대비 80% 이상인 분야			
중점 추진 과제	① 전략적 인프라 확충		<ul style="list-style-type: none"> 세계적 인프라를 갖춘 국가센터 육성 분야별 전문센터 지정·육성 초고성능컴퓨팅자원 공동활용체계 2.0 구축 	
	② 독자적 기술력 확보 및 산업화 기반 마련		<ul style="list-style-type: none"> 전략기술 포트폴리로 기반의 핵심원천기술 확보 자체 프로세서 기반 엑사급 초고성능컴퓨터 개발 및 구축 기술사업화 장벽 해소 및 지속성장기반 구축 	
	③ 혁신적 활용 활성화		<ul style="list-style-type: none"> 국가 전략 분야 중심의 수요맞춤형 지원 강화 전문성 기반의 개방형 활용생태계 구축 	

3. 연구 필요성

- 글로벌 패러다임 전환 대응을 위한 국가 차원의 중장기 계획 마련 필요
- 초고성능컴퓨터 기술은 컴퓨팅 기술의 최정점으로, 다양한 산업으로 확산 가능
 - 초고성능컴퓨팅 기술은 전자공학, 메모리/시스템 반도체, 소프트웨어 등 혁신적 첨단기술의 집약체로 관련 시장은 지속적으로 성장 중
 - ※ 스토리지, 고성능컴퓨터급 서버 시장의 비중이 지속적으로 확대 중('19년 41.8% → '24년 47.8%)
 - 데이터 저장·처리의 대응량화·초고속화 경향 고려시, 디지털 전환 시대에 초고성능컴퓨팅 관련 전·후방 산업 규모와 파급효과는 광범위할 것으로 예측
 - ※ (전방산업) 데이터센터, 클라우드 컴퓨팅 서비스, 인공지능, 빅데이터, 컴퓨팅SW, IoT 등
 - ※ (후방산업) 프로세서, 메모리, 디스플레이, 스토리지, 각종 센서 등 컴퓨터 요소기술 전반



[그림 12] 초고성능컴퓨팅 기술의 전·후방 산업 파급효과

- 기술·산업 대전환기에 중장기 계획 수립·추진을 통한 선제적 대응으로 선도국과 격차 해소 및 신성장동력 창출의 기회 마련
- 주요국은 초고성능컴퓨팅 분야 기술 주도를 목표로 엑사스케일 시스템 구축·운영에 필요한 양적(자원량)·질적(성능) 향상을 위한 전략적 계획 추진
 - (미국) 자원 구축(3기의 엑사급 컴퓨터 구축), 원활한 사용을 지원하기 위한 HW·SW·플랫폼·인력양성 등 종합적인 수행 체계인 엑사스케일 컴퓨팅 프로젝트(ECP) '16년부터 추진
 - (EU) 엑사시스템 구축을 위해 EuroHPC JU(공동연구)를 결성하여 '23년까지 80억 유로 투자 중
- 제2차 기본계획('18~'22)이 종료됨에 따라 글로벌 환경 변화에 맞춰 국내 생태계의 조기 구축을 실현할 수 있는 신규 기본계획 수립 필요
 - 국가 HPC 인프라 확보 및 활용, 기술 개발 및 산업 생태계 확산, 인력 양성 및 기반 조성 등을 중점으론 중장기 계획 마련 시급

- (본 연구의 필요성) 초고성능컴퓨터법 제5조에 따라 「제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(’23~’27)」 수립이 필요
- 정부는 초고성능컴퓨터법 제5조(국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획의 수립)에 따라 5년마다 기본계획을 수립할 의무가 있음
 - 현재 제2차 기본계획에 따라 활용 확대, 인프라 확충, 기술개발의 3대 전략, 9개 과제를 추진 중이나 중장기 실행전략 부족 등으로 대규모 성과 창출에 한계 도달
 - 2차 기본계획 성과분석을 통해 추진실적 정리, 미비점을 도출하여 보완할 필요가 있음
- ’21년 5월 발표된 「4차 산업혁명 대도약(퀀텀점프)을 위한 ‘국가초고성능컴퓨팅 혁신전략」을 반영한 체계적인 국가초고성능컴퓨팅 발전방안 마련 필요
 - 초고성능컴퓨팅 활용 분야와 필요 등이 늘어남에 따라 수요는 급증하고 있으나 실제 자원 규모가 작고 연계 인프라가 미흡
 - 초고성능컴퓨팅 전문기업 부재 및 기술인력 부족으로 기반이 취약해 민·관 인프라 도입 등 산업생태계 활성화 계획 필요
 - 초고성능컴퓨팅 활용 기반 센터 구축 및 운영을 위한 전문인력 필요
- 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립을 위한 기획위원회 구성 및 운영 필요
 - 국가초고성능컴퓨팅 발전 및 비전, 목표, 정책과제 등을 제시하여 초고성능컴퓨팅 국가 R&D 사업과의 연계 방안 연구 필요
 - 기본계획 수립을 위해 총괄위원회 및 분야별 분과위원회, 워킹 그룹 등 관련 전문가 위원회를 구성하여 운영 필요

제3절 연구 목표 및 방법

1. 연구 목표

- 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」 제5조에 근거하여 국가초고성능컴퓨팅을 육성하기 위한 ‘제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(‘23~’27)’ 수립을 지원하고자 함
- 4차 산업혁명 시대, 시장과 응용분야가 대폭 확대되고 있는 초고성능컴퓨팅을 국가 차원에서 적극 육성하기 위해 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획을 수립
- 특히, ‘21년 수립된 혁신전략과 연계하여 성과를 극대화할 수 있도록 범정부 차원의 육성 계획 수립을 그 목표로 함

< 추진 근거 >

국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률 제5조

국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률 제5조

(국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립)

- 과학기술정보통신부장관은 국가초고성능컴퓨팅을 육성하기 위하여 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획을 세우고 이를 추진
- 과학기술정보통신부장관은 5년마다 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 기본계획을 작성하고 국가초고성능컴퓨팅위원회의 심의를 거쳐 확정

[기본계획의 범위]

국가초고성능컴퓨팅 육성 정책의 기본 방향 및 목표

국가초고성능컴퓨팅자원의 확보·배분·공동활용에 관한 사항

소요재원의 투자 및 조달에 관한 사항

국가초고성능컴퓨팅 관련 연구개발에 관한 사항

국가초고성능컴퓨팅 관련 인적자원의 개발 및 활용에 관한 사항

국가초고성능컴퓨팅의 국제협력 촉진에 관한 사항

국가 연구개발프로그램의 국가초고성능컴퓨팅자원의 활용 연계에 관한 사항

그 밖에 국가초고성능컴퓨팅 육성을 위하여 필요한 사항

2. 연구 방법

○ 본 연구는 3개의 Module과 8개의 Step으로 구성되어 체계적으로 추진

[Module 1] 초고성능컴퓨팅 분야 국내외 현황 조사·분석

- Step 1-1 초고성능컴퓨팅 분야별 국내외 동향 조사·분석
- Step 1-2 초고성능컴퓨팅 관련 정책 조사 및 분석

[Module 2] 국가 초고성능컴퓨팅 육성 시사점 도출

- Step 2-1 제2차 기본계획('18~'22) 추진 성과 분석 및 보완점 도출
- Step 2-2 국가초고성능컴퓨팅 정책수요 발굴
- Step 2-3 국가초고성능컴퓨팅 정책 방향 도출

[Module 3] 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(안) 마련

- Step 3-1 기본계획 기획위원회 운영 및 공청회 진행
- Step 3-2 국가초고성능컴퓨팅 육성을 위한 비전 및 전략 수립
- Step 3-3 추진과제 도출

가. 초고성능컴퓨팅 분야 국내외 현황 조사·분석

- 초고성능컴퓨팅 관련 분야별 동향 조사·분석
- 초고성능컴퓨팅 인프라, 기술/산업, 활용 관련 국내외 현황 조사 및 분석
 - 문헌 및 자료 수집/분석, 주요 이해관계자 인터뷰, 벤치마킹 등을 활용하여 다음의 초고성능컴퓨팅 분야별 국내외 현황 조사 및 분석 실시
- 국내외 초고성능컴퓨팅 기술개발의 연구정책동향, 중점투자방향, 주요 프로젝트 현황 및 성과 등을 조사하고 시사점 도출
- 초고성능컴퓨팅 관련 정책 조사 및 분석
- 국내외 초고성능컴퓨팅 관련 법령 및 제도, 관련 주요 정책 등에 대한 조사 및 분석 실시
 - 관련 부처 및 타 부처에서 시행하고 있는 관련 정책 내용을 조사·분석하여 초고성능컴퓨팅 관련 기술개발 정책기조를 파악하여 시사점 도출

나. 국가초고성능컴퓨팅 육성 시사점 도출

- 제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 추진 성과 분석 및 보완점 도출
- 제2차 기본계획의 추진성과 분석, 유관 부처별 성과 의견수렴을 통한 수정 보완, 제2차 기본계획 추진의 핵심 이슈 및 개선사항 도출 진행
- 국가초고성능컴퓨팅 정책수요 발굴
- 초고성능컴퓨팅 분야 생태계 구성원을 대상으로 의견수렴(정책 수립 및 육성 방안)을 시행

- 향후 5년 동안 정책적 지원이 필요한 초고성능컴퓨팅 관련 R&D, 기술개발, 활용확대 방안 도출을 위해 초고성능컴퓨팅 생태계 구성원 대상 의견조사 실시

□ 국가초고성능컴퓨팅 분야별 정책 방향 도출

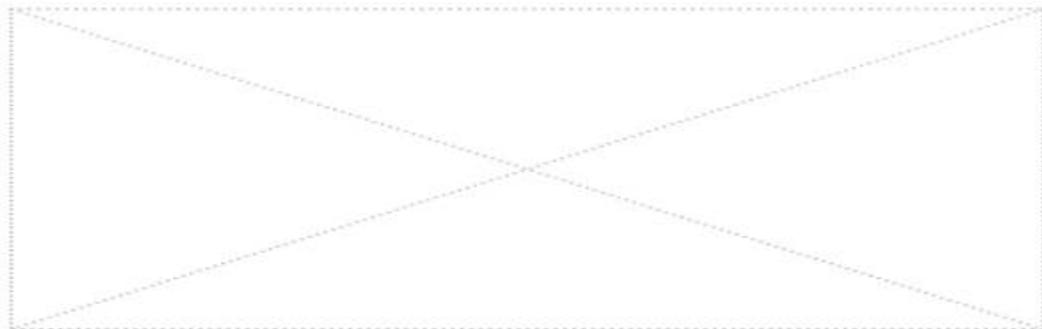
- `21년 수립된 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략의 성공적 추진을 위한 연계방안 및 이를 위한 정책 방향 도출에 집중
- 국내외 초고성능컴퓨팅 현황 및 역량 분석, 제2차 기본계획의 추진성과 및 보완점 등을 종합적으로 고려하여 향후 집중해야 시사점 및 정책 방향 도출
- 초고성능컴퓨팅 분야 필요 정책과제 발굴을 위해 기획위원회 및 전문가 대상 의견수렴
 - 국가초고성능컴퓨팅 중장기 발전전략 수립을 위해 논의되어야 할 이슈를 선정하여 인프라, 기술개발, 활용, 인력, 정책 등 분야별 전문가 대상 의견수렴 추진
 - 초고성능컴퓨팅 관련 정책적 공백, 시급히 개선되어야 할 사항 등 문제점 및 이슈를 기반으로 논의 주제 도출
- SWOT 분석을 기본계획 수립을 위한 중점방향 도출
 - 현황분석, 주요국 시사점, 외부환경 등을 고려하여 SWOT 분석을 실시
 - SWOT 분석을 기반으로 SO전략, ST전략, WO전략, WT전략을 도출하고, 기본계획 수립시 고려할 중점방향 도출

다. 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(안) 마련

□ 기본계획 수립을 위한 기획위원회* 운영 및 공청회 진행

* 총괄위원회, 4개 분과별 분과위원회, 4개 분과별 워킹그룹 등

- 초고성능컴퓨팅 관련 산, 학, 연, 정 전문가 자문의견을 바탕으로 국가 초고성능컴퓨팅 육성 방향성, 추진전략, 비전, 추진과제 및 세부 추진과제 등을 도출하기 위해 ‘제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립 기획위원회’(이하 기본계획 기획위원회)를 구성하여 운영
- (기본계획 기획위원회 구조) 기본계획 기획위원회는 국가초고성능컴퓨팅 자원 확대, 기술개발 역량확보, 활용 확대, 인력 양성 차원에서 4개 분과(인프라, 기술, 활용, 인력)위원회 및 각 분과별 워킹그룹과 전체를 아우르는 총괄위원회로 구성



[그림 13] 기본계획 수립위원회 구조

- 기본계획 기획위원회 통해 전략적 방향성 및 추진전략에 대한 의견을 수렴하고, 각 분과별 수요(자원확충, 기술개발, 응용확대, 인력양성) 및 의견을 종합하여 세부 추진과제 도출
 - 인프라, 기술, 활용, 인력 분과별 추진과제에 대한 세부사항을 도출하고, 분과별 종합 의견을 반영하여 기본계획(안) 마련
 - 분과별 도출 내용 연계·조정을 위한 총괄위원회를 별도로 구성하여 운영

- 기본계획(안) 마련 후 공청회 등을 통해 초고성능컴퓨팅 생태계 구성원 뿐만 아니라 국민을 대상으로 의견을 적극 수렴하는 절차를 거침
 - 정책 수립시 투명하게 의견을 수렴하는 절차는 매우 중요
 - 특히, 기본계획은 5년간 지속적으로 추진할 중요 정책이므로 이에 대한 초고성능컴퓨팅 전문가, 이해관계자, 일반 국민 등의 객관적인 의견수렴을 통해 정책 추진시 발생할 수 있는 갈등이나 문제점 등을 미연에 방지

- 국가초고성능컴퓨팅 육성을 위한 비전 및 전략 수립
- 상위 국가전략 연계 및 국가 과학기술역량, 기존 기본계획과의 연속성 및 정합성, 현황 분석을 통해 도출한 핵심이슈 및 개선사항 등을 종합적으로 고려하여 비전과 이의 달성을 위한 추진 전략 수립
 - 내·외부 환경분석 및 현황분석 결과, 기본계획 수립을 위해 도출한 중점방향 등을 종합적으로 고려해 비전체계 방향성을 도출함
 - 구조적, 전략적 측면을 고려하여 비전체계(안)을 도출하고, 내·외부 이해관계자 간의 협의를 통해 전략부합성을 검토하여 최종 비전체계(안)을 도출함

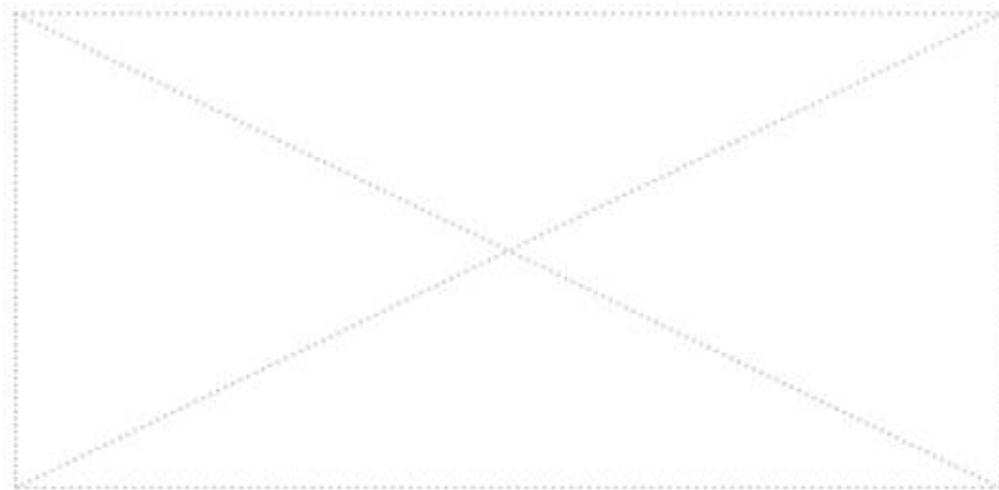
- 추진과제 도출
- 비전 달성을 위한 중점 추진과제 및 세부과제를 도출하고 달성도를 파악할 수 있도록 목표 설정
 - 초고성능컴퓨팅 생태계(인프라, 기술, 활용, 인력) 이해관계자의 의견을 적극 수렴하여 실행력 있는 추진과제를 도출

제2장 초고성능컴퓨팅 분야 국내외 현황 조사·분석

제1절 초고성능컴퓨팅 분야별 주요국 현황

1. 글로벌 초고성능컴퓨팅 분야 패러다임 전환

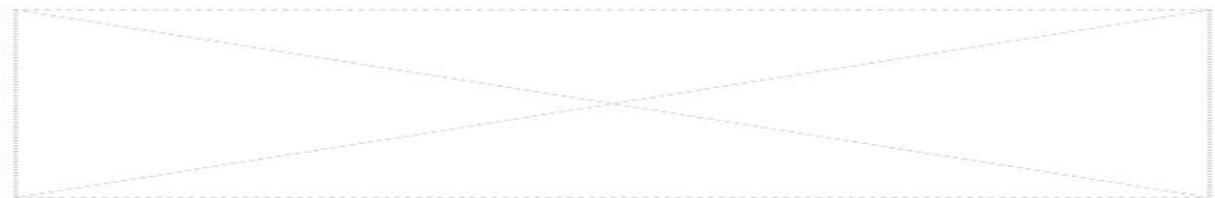
- 최근 초고성능컴퓨팅 분야는 이기종 아키텍처, 저전력 기술이 기반이 된 Exascale 인프라를 구축하여 데이터집약형 융합 HPC 활용체계로 발전 중
- (인프라) 엑사스케일 컴퓨팅 인프라 구축으로 초거대 컴퓨팅 시대 진입
 - 엑사스케일(10^{18}) 컴퓨팅은 기존 성능 대비 100배 이상의 고성능 인프라
- (기술) 이기종 아키텍처, 저전력 기술 등 한계 기술 극복 및 기술안보 부각
 - (이기종) 프로세서, 메모리 및 인터커넥트 기술 등, (저전력) 에너지 효율 아키텍처 기반 엑사스케일에서 효율적인 컴퓨팅 기술개발, (기술안보) 중국에 대한 미국의 기술 거래 제재 등
- (활용) 계산과학 중심에서 데이터 기반 HPC Convergence 활용 확대
 - HPC & AI 활용 융합 활용체계로 전환 추세(모델링, 시뮬레이션, 데이터 분석, 기계학습 등)
- (인력) 국가(정부) 차원의 지속 가능한 HPC 생태계를 위한 인력 양성 추진
 - (미국) NSCI, 국가과학기술위원회, (EU) EuroHPC JU, EUMaster4HPC 등에서 전문 인력 양성 추진



[그림 14] 글로벌 초고성능컴퓨팅 분야 패러다임 변화상

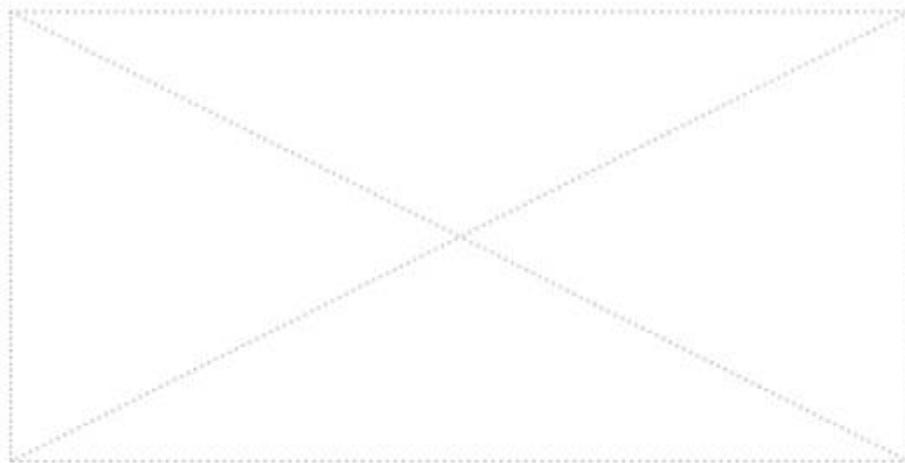
2. 인프라

- 최근 Exascale 인프라 구축으로 각 국가마다 신규 초고성능컴퓨팅 구축에 힘쓰고 있으며, 기술개발 계획과 공동활용체계 활용 구성 중
- 초고성능컴퓨팅 패러다임 전환으로 초거대 컴퓨팅 시대에 진입 및 지속 가능한 HPC 생태계 조성·구축
 - (미국) '22년 6월 슈퍼컴 1위 탈환, 세계 최고 1.1 EF급 Frontier(ORNL) 구축·운영('23~)과 '23년까지 엑사시스템 3기 개발 추진 예정
 - (EU) 자체개발 CPU 활용 엑사스케일 컴퓨팅 구축 추진 예정
 - (일본) '11년 1조 3천억 원(K-Computer) '20년 1조 5천억 원(Fugaku) 투자
 - (중국) '22년 현재 비공식적으로 엑사스케일 컴퓨팅시스템 2기 이상 보유 추정



[그림 15] 주요국의 초고성능컴퓨팅 인프라 구축 방향

- 여러 분야에서 HPC가 장벽없이 사용될 수 있도록 인프라 및 공동활용 체계 강화
 - AI가 포함된 컴퓨팅 또는 고급 분석 등 디지털 플랫폼 등이 새롭게 개발되고 구현되어 효율적으로 최적화 중



[그림 16] 초고성능컴퓨팅 활용 가능 분야

가 미국

- 2022년 Frontier 구축·운영으로 전 세계 슈퍼컴 1위를 탈환하면서, 엑사스케일 시스템을 구축하여 2023년까지 엑사시스템 3기 개발 추진 예정
- 인프라 구축 대규모 투자에 따라 엑사스케일 자원량 증가와 성능 향상에 집중
 - 최고 1.1 EF급 Frontier(ORNL) 구축·운영('23~)과 '23년까지 엑사시스템 3기 개발 추진 예정
 - 엑사스케일 인프라 구축으로 기존 시스템을 통합/연동 또는, 신규 초고성능컴퓨팅 인프라 구축 시, 추가 자금 지원을 통해 공동활용 자원 확보
 - 인프라 구축을 위해 성능 향상, 서비스 체계 확보, AI 이니셔티브 구축 등 체계적인 인프라 체계 구축
- 차세대 초고성능컴퓨터 개발을 목표로 애플리케이션 개발, 소프트웨어 기술, 하드웨어&통합의 세 가지 분야로 구성된 국가 연구개발 프로젝트¹⁾ 추진
- (구성) DOE 과학사무국²⁾과 국립원자력행정부³⁾로 구성된 엑사스케일 컴퓨팅 다부처 협의체에서 총괄 조정 수행
 - GM, ANSYS, Boeing 등 민간 기업*으로 구성된 민간 산업 위원회를 통해 프로젝트 범위 및 요구사항, 기술적 접근법, 진행 상황, 전략적 방향 및 기타 문제에 대한 조언과 피드백 수렴
 - * 바이오(Eli Lilly), 교통/운송(Cummins, Goodyear, Boeing), 석유/화학(Chevron, ExxonMobil), 소프트웨어(ANSYS, Altair) 등 HPC 활용 분야 17개 산업계 참여
 - (추진전략) ECP는 엑사스케일 컴퓨팅 시설의 효과적인 사용을 위해 엑사스케일 생태계 구축에 중점을 두고 수행
 - 엑사스케일 컴퓨팅 시설의 효과적인 사용에 중요한 생태계 구축을 목표로 하드웨어, 소프트웨어, 애플리케이션, 플랫폼 및 인력양성에 중점을 두고 있음⁴⁾
 - 도전적인 연구개발 및 배치 프로젝트인 ECP는 DOE 임무 수행을 위한 중요 애플리케이션 제공, 통합 소프트웨어 스택 및 엑사스케일 하드웨어 기술 진전에 초점을 맞추고 있음
 - 통합 소프트웨어 스택 제공을 위해 구축 완료 및 예정 시스템을 pre-엑사스케일 시스템 및 엑사스케일 시스템으로 구분하고 있으며, 완성된 일부 기술은 pre-엑사스케일 시스템에서 테스트 진행
 - (pre-엑사스케일 시스템) SUMMIT(200PF), SIERRA(125PF)을 구축·운영중이며, 2020년 PERLMUTTER(93PF) 구축
- 미국은 '22년 세계 최초 엑사스케일 초고성능컴퓨팅을 구축하여 운영을 시작했으며, '24년까지 3기의 이기종 엑사스케일 시스템 구축 예정

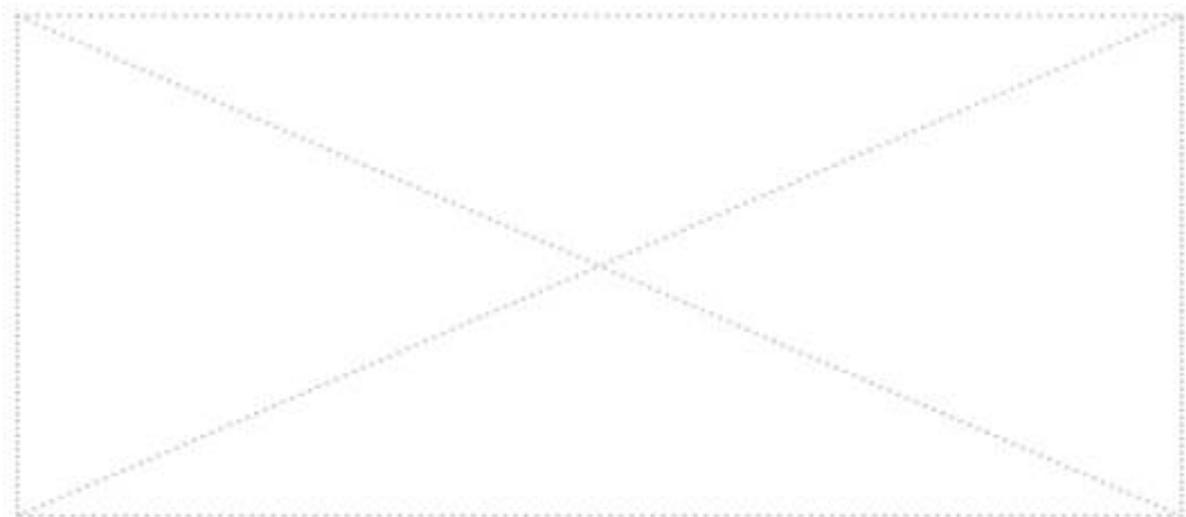
1) Exascale Computing Project

2) Office of Science

3) National Nuclear Security Administration

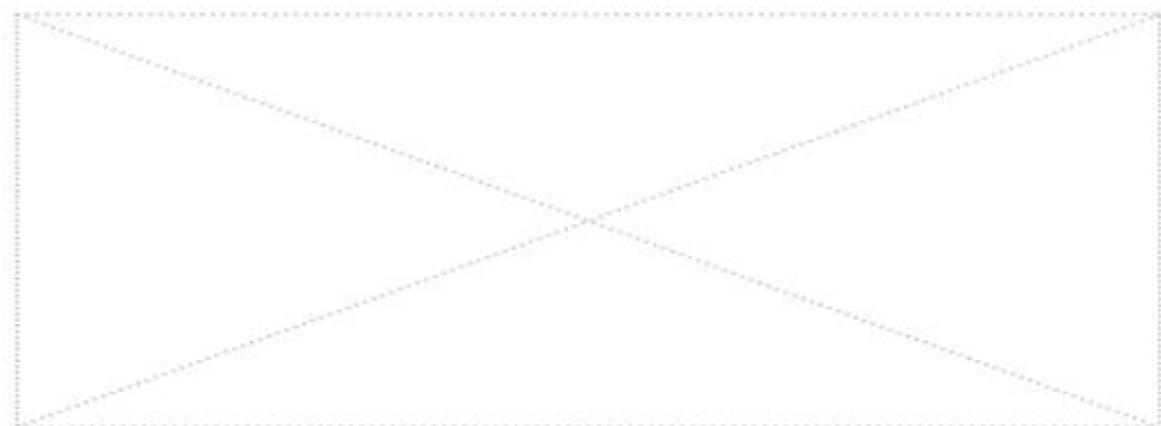
4) ECP BACKGROUND DOCUMENT (2020.6)

- '22년 6월 세계 최초의 엑사스케일 시스템 Frontier가 TOP500 1위에 랭크 되었으며, 이후 시스템 자원량 증가와 성능 향상에 집중 예정
 - AMD 3세대 CPU Milan 및 AMD Instinct MI250X 가속기를 결합하여 이론 성능 1.68EFlops, 실측성능 1.1EFlops의 이기종 시스템 구축
 - 인프라 구축을 위해 성능 향상, 서비스 체계 확보, AI 이니셔티브 구축 등 체계적인 인프라 체계 구축
- 이후 '24년까지 엑사스케일 시스템 Aurora 및 El Captian 구축 예정
 - (Aurora) Intel Xeon Sapire Rapids 프로세서 및 Xe GPU로 구성된 이기종 아키텍처로 구성되어 있으며, '23년 구축·운영을 목표로 추진
 - (El Capitan) AMD의 차세대 EPYC Genoa CPU와 Radeon GPU를 결합하여 이론성능 2 EFlops(FP64) 규모의 시스템 구축 예정('24)



[그림 17] 엑사스케일 컴퓨팅 프로젝트

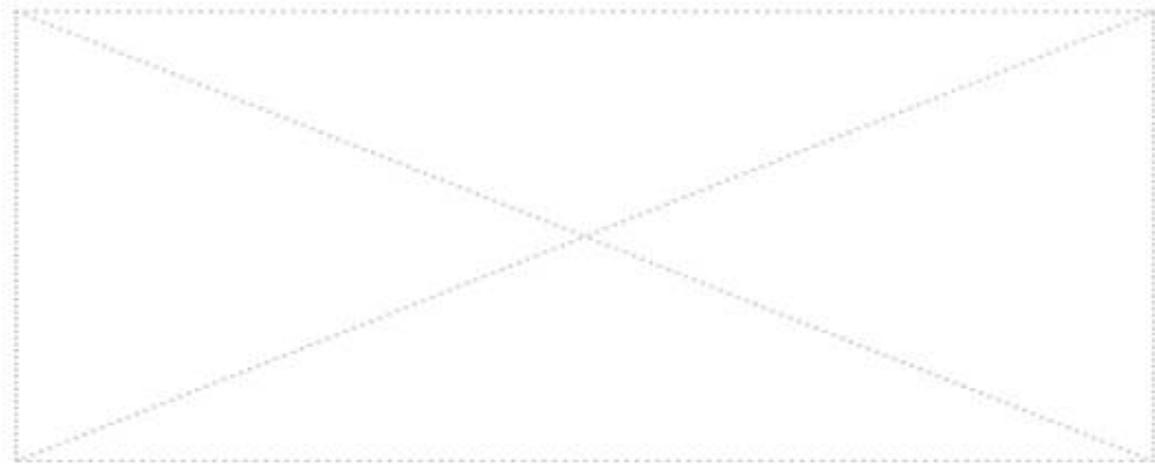
* 출처 : ECP Application Development Update 2022



[그림 18] ECP의 지속 가능성 및 채택을 위한 계획

* 출처 : ECP Application Development Update 2022

- ECP의 프로젝트 관리 종료 계획이 공식화·문서화되고, 성공적인 프로젝트 완료를 위해 ECP가 주요 작업에 대해 취해야 하는 계획 추진
- 엑사스케일 생태계 구축을 위해 3가지 미션 및 비전을 정의하고 추진
 - (비전) 미국의 경제 경쟁력을 높이고 삶의 질을 향상시키며, 국가안보를 강화하기 위한 국가적 차원의 문제에 대해 엑사스케일 시뮬레이션, 데이터 과학혁신 및 솔루션 제공
 - (미션) 엑사스케일 지원 애플리케이션 개발, 통합 소프트웨어 스택 개발 및 배포, HPC 산업체 기술개발 지원 및 배포를 위한 3가지 미션 추진



[그림 19] ECP 비전 및 미션

* <https://www.exascaleproject.org/> 편집

- 학생, 과학자, 엔지니어 등 다양한 분야 전문가들의 생산성을 향상시키기 위한 XSEDE 프로젝트 운영
- (XSEDE) NSCI 목표를 지원하기 위해 기존 공동활용 프로그램*을 2016년부터 5년간 확대 적용
 - * The Extreme Science and Engineering Discovery Environment(XSEDE)
 - 미국 내 과학자, 엔지니어 등의 생산성을 향상시키기 위한 통합 서비스
 - 다양해지는 과학 및 엔지니어링 과제 해결을 위한 협업 지원서비스, 고급시각화 및 데이터 분석 서비스, 교육, 훈련 및 홍보 활동 제공
- 2020년 현재 미국내 4개 초고성능컴퓨터센터*가 참여하고 있으며, 13개 시스템 (compute 및 storage)을 연결하여 약 22.5PF 및 65PB의 스토리지 서비스 제공
 - * 인디애나 대학, 텍사스대학(TACC), 피츠버그대학(PSC), 캘리포니아대학(SDSC)
 - SDSC는 XSEDE 전용 클러스터를 구축 운영 중이며, IU/TACC는 XSEDE를 위한 최초의 클라우드 환경을 구축·운영 중
 - 또한, TACC는 다양한 도전 과제 해결을 위한 초고성능컴퓨터, 데이터 분석 자원 서비스를 위해 약 18PF 규모의 Stampede2* 시스템 제공
 - * 2020.6월 기준 TOP500 랭킹 21위

<표 11> XSEDE 제공 서비스

서비스	세부내용
협업지원서비스 Extended Collaborative Support Service (ECSS)	광범위한 연구 영역에서 경험을 가진 80명 이상의 계산과학 전문가와 개별 연구자 또는 연구 커뮤니티 연계를 통해 최대 1년간 지속되는 공동 작업 수행
사이버 인프라 통합 XSEDE Cyberinfrastructure Integration (XCI)	개별화된 사용자 경험을 위한 고급 하드웨어 및 소프트웨어 아키텍처 제공
사용자 포털 The XSEDE User Portal(XUP)	XSEDE 리소스 모니터링 및 액세스, 작업관리, 리포트, 결과 분석 및 시각화 작업 수행
자원할당 서비스 Resource Allocation Service(RAS)	XSEDE 자원 및 디지털 서비스 제공 및 조정
커뮤니티 참여 및 강화 Community Engagement & Enrichment(CEE)	XSEDE 기반 프로젝트, 커리큘럼 개발 및 전통적인 교육 기회에 대한 참여 확대를 위한 교육, 훈련 및 홍보활동 제공
운영 센터 XSEDE Operations Center (XOC)	사용자 대면 시스템 및 서비스 모니터링 및 분쟁해결
시스템 운영 지원 Systems Operational Support (SysOps)	가상 엔터프라이즈 서비스 지원 및 시스템 관리 기능 제공

<표 12> XSEDE 자원 현황

센터	Compute	Storage
IU/TACC (Jetstream)	0.5 PFlops	2 PByte
PSC (Bridges)	1.3 PF	6PB + 10PB (로컬스토리지 + 공유스토리지)
SDSC (Comet/Data Oasis)	2.76 PF	7 PB
TACC (Stampede2/Wrangler/Ranch)	18PF	10PB + 30PB + 테이프 라이브러리
합계	22.56 PF	65 PB 이상

- 기존의 XSEDE는 '22년 8월까지 운영되고, 후속 프로그램으로 9월에 새로운 운영 방식 ACCESS 프로그램으로 관리될 예정
 - Advanced Cyberinfrastructure Coordination Ecosystem: Services & Support(ACCESS)
- (ACCESS) XSEDE 할당 자원이 새 프로그램에서도 계속 진행되지만, 관리되는 방식이 변경될 예정이며 5년 동안 적용 예상
 - 기존 XSEDE의 분산 구조와 프로젝트 조정 사무소는 다른 감독 역할로 운영되나, 서비

스 지원은 그대로 유지 지원함

- 연구 및 교육의 모든 영역에서 광범위하고 다양한 요구사항, 연구원 등을 지원하기 위한 일련의 사이버 인프라 조정 서비스 구축을 목표로 함
- XSEDE와 다른 구조로 제공 서비스도 변경되었으나, ACCESS에서 XSEDE 할당 자원 프로그램이 진행되도록 지원할 예정
 - 해당 서비스는 할당, 측정 및 사용자 지원 등 중요한 측면을 지원하고, NSF가 지원하는 S&E의 모든 분야에 걸쳐 연구자가 CI 생태계를 효과적이고 효율적으로 사용하고 빠르게 변화하는 애플리케이션 환경에서 생산성을 보장하고자 함
- ※ 할당 서비스, 최종사용자 지원 서비스, 운영 및 통합 서비스, 모니터링 및 측정 서비스, 기술번역 서비스, ACCESS 조정 사무소

<표 13> ACCESS 제공 서비스

	프로젝트	관련 활동
ACCESS Service Tracks	할당 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 할당 서비스 • 혁신적인 파일럿 • 서비스 모델
	최종 사용자 지원 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 사용자 지원 • 할당 및 활용 지원 • 최종 사용자 교육 • 전산과학 지원 네트워크
	운영 및 통합 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 운영 지원 • 데이터 및 네트워킹 지원 • 사이버 보안 지원
	모니터링 및 측정 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 모니터링 및 측정 작업 • 서비스 모델 • 데이터 분석 프레임워크
	기술 번역 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 파일럿/개발 단계 운영 • 생산 단계 운영 • 번역 파이프라인
ACCESS Coordination Office Service	ACCESS 조정 사무소(ACO)	<ul style="list-style-type: none"> • 집행위원회 • 외부 자문 위원회 • 커뮤니케이션 및 홍보

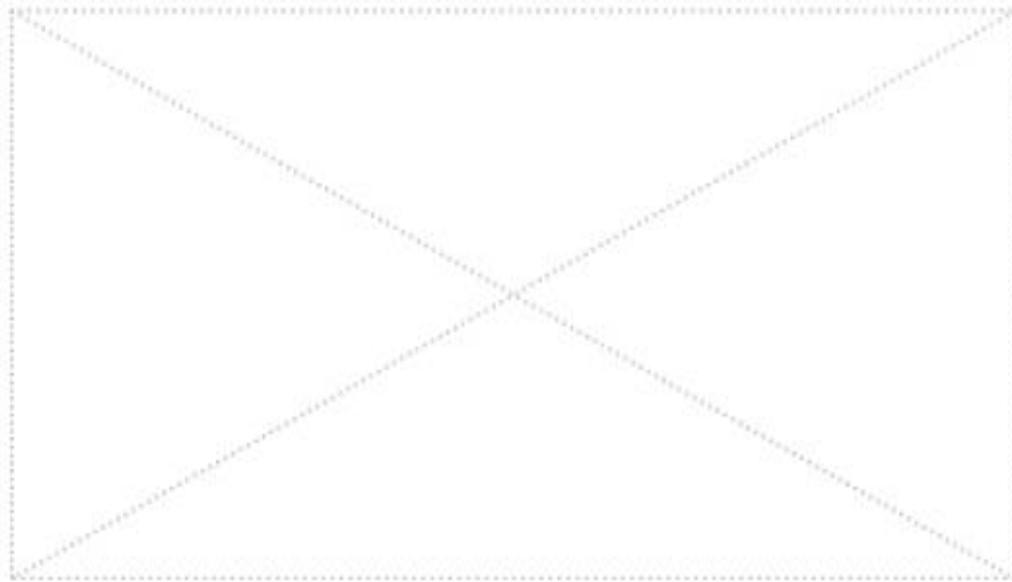
나. 유럽

- 자체개발한 CPU를 활용하여 엑사스케일 컴퓨팅 구축을 추진할 예정이며, Horizon 2020을 통해 HPC 생태계 개발, HPC 시스템 기술개발, 데이터 라이프사이클 정책에 이르기까지 131개의 HPC 분야(topic)⁵⁾프로젝트 자금 지원
- (프로세스 개발) 대규모 컴퓨팅, 고성능 빅데이터 및 다양한 애플리케이션을 위한 새로운 저전력 유럽 프로세서 제품군의 로드맵 설계 및 구현을 목적으로 EPI 추진
 - EPI SGA1 프로젝트는 유럽 고유 기술에 기반한 엑사스케일 머신(Exascale Machine) 프로세서 개발을 목표로, 최초의 유럽 HPC 시스템온칩(System-on-Chips, SoCs)과

5) <http://eurohpc.eu/projects>

가속기 개발을 추진 중

- 10개의 유럽 국가의 23개 파트너(연구 커뮤니티, 주요 초고성능컴퓨팅 센터, 컴퓨팅 및 실리콘 산업의 전문가뿐만 아니라 잠재적인 과학 및 산업의 사용자)가 참여



[그림 20] 유럽 EPI 개발 로드맵

* <https://www.european-processor-initiative.eu/project/epi/>

- 현재 Rhea 플랫폼으로 산업용 가속기 EPAC 1.5 버전 업데이트
- ※ K VX RISC-V 기반 아키텍처 정의, Menta FPFA 칩렛 아키텍처 정의
- 2023년 GPP 1세대와 EPAC 1.5버전 다중 노드 데모 클러스터 출시 예정
- ※ EPI 공통 플랫폼: Arm & Risc-V(STX, VRP,~), Arm 네오버스 VI 코어~N6, 외부 IP
- ※ EPAC 2.0을 위해 데모 클러스터 추진 예정이며, 제조용 Menta FPGA 칩 발송 후, Kalray RISC-V SDK 출시
- 2024년 GPP 2세대로 Rhea2 플랫폼 출시 계획
- ※ 이중 칩렛 구현 Rhea 프로세서가 탑재된 최초의 EU 엑사스케일 시스템 HW 공통 플랫폼의 FPGA Die-to-Die 시제품
- ※ RISC-V K VX FPGA 에뮬레이터
- 2025년 Rhea2 프로세서가 탑재된 EU Exascale 시스템과 EPAC 기술기반 허리케인 PCIe 가속 카드 기반 GPP 3세대로 Cronos Family 출시 계획
- (인프라) 유럽 인프라 프로젝트는 공동활용 서비스인 PRACE와 데이터 중심 e-인프라 구축, 거버넌스 수립으로 구성
 - (공동활용) PRACE 공동활용을 위한 네트워크 구축 및 운영, 사용자 포털 관리, 교육, 훈련 및 세미나 등을 위한 자금 지원 프로그램으로 구성
 - (e-인프라) 유럽 내 분산된 e-인프라를 통한 대규모 온라인 데이터 스트림 분석 지원을 위한 프로그램으로 구성

- ※ 다양한 형태의 유형(고성능컴퓨팅, 하이브리드 데이터 클라우드, 데이터클라우드)의 익스트림 데이터 분석 지원에 중점
- (거버넌스) 데이터 정책 모델링, 구현 및 시뮬레이션, 정책 집행 및 적응에 대한 의사결정 지원 등 데이터 기반 정책 관리를 위한 통합 클라우드 기반 환경 제공 프로젝트

<표 14> 유럽 인프라 프로젝트

분야	세부내용
공동활용	PRACE 4차~6차 지원 프로젝트
데이터중심 e-인프라	대규모 데이터 분석, 데이터 클라우드, 하이브리드 데이터 클라우드에서의 e-인프라 구축 프로젝트
거버넌스	데이터 수명주기 관리, 의사결정을 위한 지원체계 수립 등의 프로젝트 포함

- 유럽연합은 EuroHPC JU를 통해 신규 pre-엑사스케일 시스템 구축 예정
 - (LEONARDO, ~'23 예정) CPU-GPU 기반의 이기종 타입으로 이탈리아 CINECA에 구축될 예정
 - '22년 구축된 pre-엑사스케일 시스템 LUMI는 전통적인 CPU, GPU 별도 파티션으로 구성되어 Top500 순위 3위에 등재
 - '23년 구축 예정인 pre-엑사스케일 시스템 LEONARDO는 CPU-GPU 이기종 모듈 기반 시스템으로 데이터 분석 컴퓨팅 애플리케이션, 클라우드 컴퓨팅 등에 활용 예정

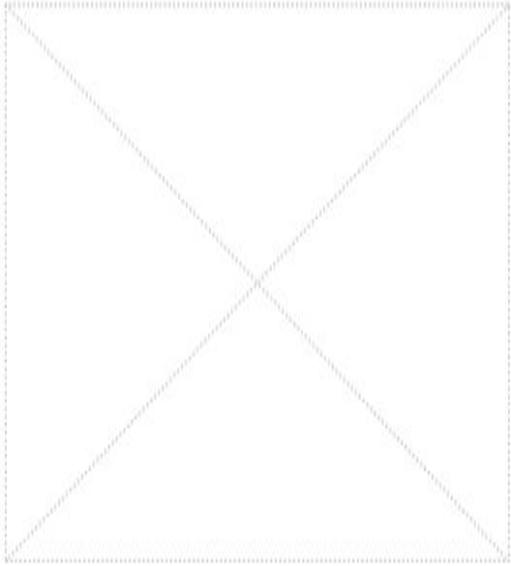
<표 15> EuroHPC JU pre-엑사스케일 시스템 구축 현황

구분	LUMI		LEONARDO
구축 국가	핀란드		이탈리아
구축 년도	2022년		2023년 (예정)
실측 성능	151.9 PF (GPU)	6.3 PF (CPU)	249.4 PF (예정)
이론 성능	214.4 PF	7.6 PF	322.6 PF (예정)
계산자원	GPU 파티션(LUMI-G), x86 CPU 파티션(LUMI-C), 데이터 분석 파티션(LUMI-D), 컨테이너 클라우드 파티션(LUMI-K)		CPU-GPU 모듈 기반 부스터 모드 (240PF) DDR5 메모리 및 로컬 NVM 기반 데이터 분석 모드 (9PF)
CPU	64코어 차세대 AMD EPYC 프로세서		Intel Ice-Lake(부스터), Intel Sapphire Rapids(데이터)
GPU	차세대 AMD Instinct GPU 기반		NVIDIA Ampere 아키텍처 기반 GPUs
스토리지	초고속 플래시 스토리지 파티션 (7PB) Lustre 병렬 파일 시스템 (80PB) Ceph 기반 스토리지 (30PB)		최첨단 스토리지 (100PB 이상) 고성능 스토리지 (5PB)
응용분야	AI(딥러닝 및 전통적인 대규모 시뮬레이션과 대규모 데이터 분석 결합)		모듈 컴퓨팅(modular computing), 데이터 분석 컴퓨팅 애플리케이션, 긴급한(urgent) 요구사항 및 클라우드 컴퓨팅

다. 일본

- 문부과학성, 경제산업성을 중심으로 초고성능컴퓨팅 구축·활용 프로젝트 추진
- (플래그십2020 프로젝트) 초고성능컴퓨팅 선도국 지위 회복을 목표로 문부과학성 주도의 플래그십 2020 프로젝트('14~'20) 추진
 - 포스트-K(Fugaku) 초고성능컴퓨터는 일본이 처한 문제해결*과 글로벌 경쟁력 획득을 목표로 설계
 - * 건강, 환경, 에너지 등 우선적으로 해결해야 할 중점과제·탐색적과제를 지정하여 애플리케이션 공동 설계
 - 다양한 사회·과학적 문제 해결을 최우선 순위로 설정하고, 이를 위해 광범위한 분야에서 사용가능한 HW와 SW를 공동 설계 및 개발
 - 일본의 강점을 살리고 세계적인 기술을 통합하기 위한 국제협력을 전략적으로 활용

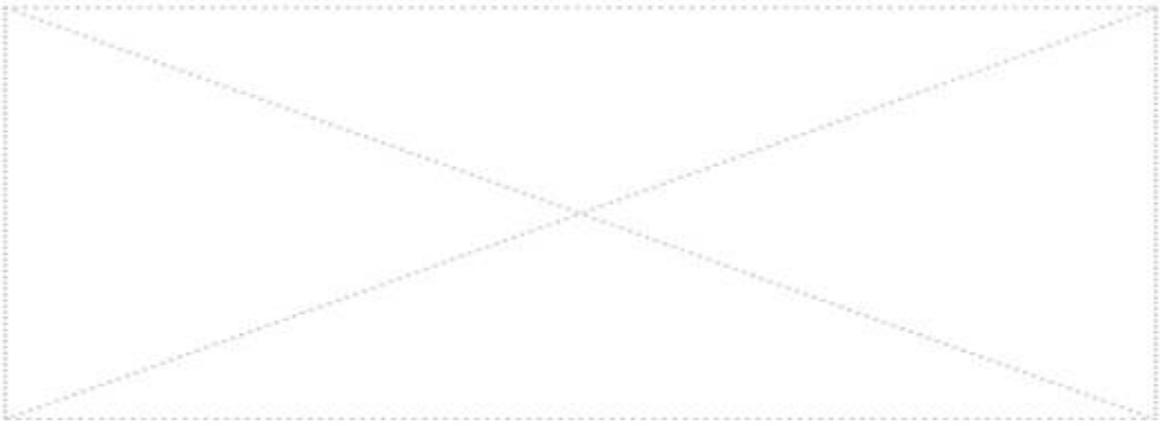
< 참고. Flagship 2020 구축 전략 >

	<ul style="list-style-type: none"> □ 시스템 개발 전략 <ul style="list-style-type: none"> ○ 자국 내 선도 기술을 기반으로 핵심기술을 확보한 후 범용 제품 또는 국제협력을 추진하여 효과적·효율적으로 개발 ○ 시스템 소프트웨어는 미국과 협력하면서 개발 □ 시스템 개발 체제 <ul style="list-style-type: none"> ○ (국제제휴) 시스템 소프트웨어(OS, 통신), 프로그래밍 환경, 전력 절약 기술, FT 기술 등 ○ (대학 연구 위탁) 표준API 개발, 벤치마크 코드 개발, 아키텍처 평가 및 공동설계 검토 평가 ○ (중점과제 실시기관) 대상 애플리케이션을 통한 공동설계·연계, 주요 애플리케이션 고도화 ○ (HPCI 컨소시엄) 사용자 요구사항 도출, 시스템 소프트웨어 보급 및 홍보
---	--

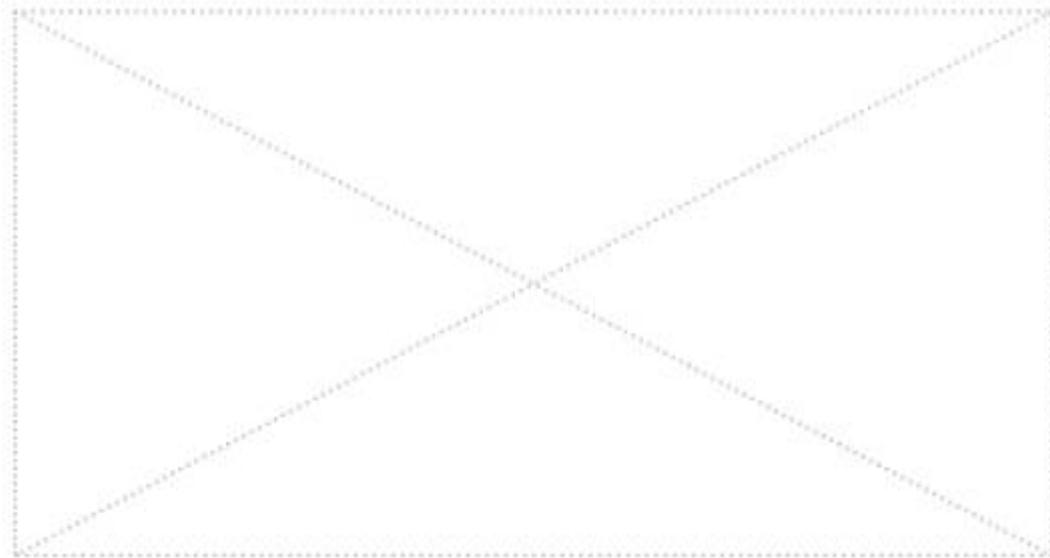
- (ABCI 프로젝트) 경제산업성 주도로 인공지능, 기계학습 및 딥러닝 강화를 위한 AI Bridging Cloud Infrastructure(ABCI, '16~'19) 추진
 - 인공지능의 중요성 증대와 구글, MS 등 외국 클라우드 컴퓨팅 공급자에 대한 의존도 감소*를 목표로 ABCI 정책 추진
 - * 일본은 MS, 구글 등 글로벌 기업에 집중처리 부분을 아웃소싱
 - 로봇, 배터리, 인공지능 및 주요 성장 분야를 이끌어 나갈 수 있도록 초고성능컴퓨팅 개발과 이를 활용할 민간 산업과의 긴밀한 협력 추진
 - TOP500 성능(LINPACK)보다는 정밀도가 낮은 부동 소수 점, 빅 데이터 및 인공 지능 애플리케이션에 초점
- ※ (이중정밀도, 64bit) 37 PF, (반정밀도, 16bit) 550 AI-PF

< 참고. ABCI 플랫폼 >

- (AI인프라) ML, DL에 적합한 컴퓨팅 성능, AI 작업을 가속화하기 위한 메모리 등 AI 활용을 위한 인프라 구축
 - 첨단 데이터 분석, 과학적 시뮬레이션 등을 위한 최신 설계에 통합된 시스템 구축
 - 다양한 AI 작업을 가속화하기 위한 메모리, 네트워크 확보 및 스토리지 대기 시간을 감소시킬 수 있는 인프라 구축
- (브릿징 인프라) 다양한 주체 협력, 기술간 융합과 시너지를 위한 기반 인프라 구축
 - 산학 협력을 통한 기술이전을 목표로 AI 애플리케이션, 서비스 및 인프라 설계를 위한 공용 플랫폼
 - 인공지능 R&D 협업을 위한 멀티 페타바이트급 공유 가능 대용량 데이터 스토리지 구축



- 4차 산업기술을 사회 전반에 활용하여 사회적 문제를 해결해 나가고자 하는 범국가적 차원의 성장 로드맵* 발표
 - * Society 5.0 (내각부)
- 일본의 사회적 문제와 전략적 강점 분석을 통해 5개 전략분야*를 선정하고, 문제해결을 위한 핵심수단으로 데이터(AI, BigData)를 강조
 - * 건강수명 연장, 이동혁명 실현, 공급사슬 차세대화, 쾌적한 인프라·지역조성, 핀테크
 - (건강수명 연장) ICT 활용으로 4P* 중심의 의료·헬스케어 산업으로 전환
 - * BT와 IT 융합을 통해 예측(predictive), 예방(preventive), 개인맞춤형(personalized), 참여확대(participatory) 중심으로 의료·헬스케어 산업 전환
 - (이동혁명) 사람·물류의 이동 무인화로 이동 서비스의 효율화 달성
 - (공급사슬 개선) 개발-제조-판매-소비로 연결되는 제조 프로세스 개선
 - (인프라) ICT, 로봇, 센서 등을 활용하여 건설현장 생산성 향상
 - (핀테크) 데이터 유통환경, 비현금사회, 전자결제 보안강화를 통한 핀테크 환경 조성



[그림 21] 일본 Society 5.0과 초고성능컴퓨팅 활용 분야

3. 기술개발

- 이기종 아키텍처 및 저전력 기술 등 한계 극복 기술집중, 초고성능컴퓨팅 기술안보 측면의 중요성 부각으로 패러다임 전환
- 넓은 해외 시장을 대상으로 HPC 솔루션, 데이터 등을 통합·설계하여 다양한 워크로드 분야에 효과적인 기술 동향, 시장 동향 지원 가능
 - (미국) 초고성능컴퓨팅 분야의 '세계 최강' 유지를 위해 전 방위에 투자하고 있으며, '23년까지 Intel·AMD x86 CPU 기반 엑사플롭스급 시스템 2기 개발 추진 중
 - ※ Aurora(ANL), El Capitan(LLNL) : HW-시스템SW-응용SW 종합 개발
 - 국가초고성능컴퓨팅 전략(NSCI) 제정 및 개정('19)
- (유럽) Horizon Europe 전략 내 HPC 시스템 기술개발 프로젝트 포함 기술개발과 초고성능컴퓨팅 산업 열세 극복을 위해 범유럽 차원에서 협력 강화
 - '23년까지 Arm·RISC-V 기반으로 CPU와 가속기를 자체개발 추진 중
 - ※ 2018~2027년 : 80억 유로 투자(엑사스케일 급 초고성능컴퓨터 개발 및 인프라 확충·운영)
 - 광범위한 '핵심기술 개발' 중심에서 마이크로·나노 기술, 유럽 프로세서, 에너지 효율화 등 '세분화된 기술개발' 방식으로 전환
 - ※ 산업기반이 열악한 점을 감안, 별도 벤처회사를 설립해 공동R&D, 제작·설치 등을 추진
- (일본) Flagship 2020 프로젝트를 추진하여 차세대 초고성능컴퓨팅 핵심기술 개발 추진
 - CPU를 포함한 구성요소 대부분을 자체개발·구축
 - K-Computer('06~'12, 1조3천억 원) 후속으로 7년간('14~'20) 약 1조5천억 원 규모 FLAGSHIP2020 프로젝트를 통해 세계 1위 Fugaku 개발('20.6)
 - ※ 최초 Arm CPU 기반 세계 1위 초고성능컴퓨터('22.5월까지)
- (중국) 미국의 기술거래 제재에 대응하여 정부 대응 정책 일환으로 독자 기술개발 추진과 정부의 대규모 투자로 '초고성능컴퓨팅 강국'으로 부상
 - ※ Top100위 내 부품 비율(국내:국외) ('09) 45:55 → ('19) 100:0
 - 엑사플롭스 성능 초고성능컴퓨팅시스템 독자개발 추진 중
 - ※ 세 종류(자체개발 CPU, AMD합작, 자체개발 가속기)의 프로토타입 개발 중

가. 미국

- 한계를 극복하고 기술집중, 초고성능컴퓨팅 기술안보 측면의 중요성을 부각하여 이기종 아키텍처 및 저전력 기술 등장으로 패러다임 전환
- 엑사스케일 컴퓨팅을 통해 미국의 미래 전략산업 분야 강화를 위해 전략을 제시하고 중점 지원 중
 - AI, 첨단제조, 5G, 바이오 등 핵심기술 분야에서 산업계·정부·학계 및 연구기관 간의 새로운 협업 시스템 구축 강조
 - HPC, AI, QIS 기술융합을 통한 시뮬레이션 정확도 향상을 추진하고, 분자화학, 핀테크

크, 기상학 및 운동기술개발

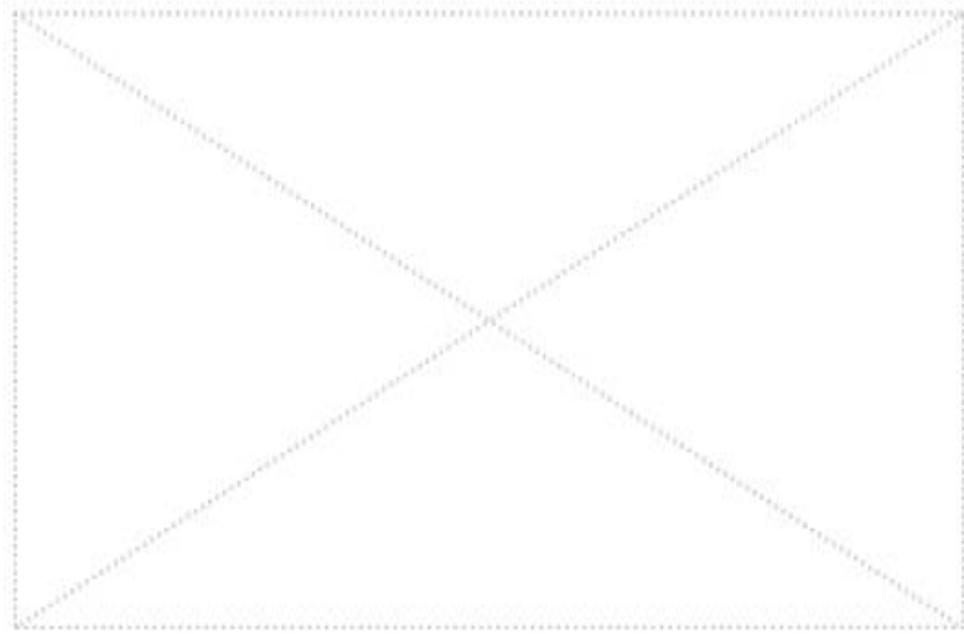
- NSCI 초고성능컴퓨팅 전략은 엑사스케일 컴퓨팅 구축 중심으로 차세대 컴퓨팅 계획, 기술적 일관성 개선, 지속 가능한 생태계 구축 등 신기술 도입
- 2019년 컴퓨팅 환경(신기술 도입) 변화에 따른 NSCI⁶⁾ Update 발표
 - 산·학·연 이해관계자가 참여하는 FC-COI⁷⁾를 추진하여, 주요 논의사항을 NSCI Update에 반영
 - 향후 10년 이상 동안 컴퓨팅이 어디에 위치할 것인가 초점
 - 새로운 하드웨어 아키텍처와 패러다임을 효과적으로 활용하기 위한 새로운 소프트웨어 개념과 접근방식에 대한 논의

<표 16> NSCI update 주요 내용 (2019)

추진전략	세부내용
컴퓨팅의 미래 활성화	(하드웨어) 이기종 프로세서, 이기종 메모리 및 모델 새로운 인터랙트 기술, 특수 목적 및 에너지 효율적인 아키텍처 그리고 신경망 및 양자 기술 같은 비 폰 노이만(non-von Neumann) 컴퓨팅 요소에 대한 대응
	(소프트웨어) 새로운 기회(실시간 응답, 센서 또는 구동장치(actuators)의 내장 데이터 처리, 모델 및 실험 조정)에 따른 새로운 알고리즘, 계산 모델, 데이터, 프로그래밍 환경 및 소프트웨어 스택 필요
컴퓨팅을 위한 전략적 기반 제공	(HW/SW 인프라) 파운드리, 테스트베드, 실험시스템 프로토타입 및 공급망 형태의 신소재, 장치, 패러다임, 기술 및 인프라 탐색에 대한 지속적인 투자 활성화
	(데이터) 롱테일 데이터(크기는 작지만 수량과 이질성이 큼) 뿐만 아니라 차세대 계측장비에서의 데이터 생산은 기하급수적으로 증가 데이터 검색, 액세스, 호환성 및 재사용 가능성을 위해 합의된 표준 인터페이스
	(사이버보안) 네트워크 이벤트 탐색, 사용자 행동분석, 네트워크 매핑과 같은 문제를 해결하기 위해 혁신적인 분석과 인공지능기술 결합하고, 공격 경로 최소화를 위해 사이버 환경 모델링과 공격 이벤트 시뮬레이션 구현
	(사이버인프라) 동적 시스템 시나리오에서 하이엔드 컴퓨팅(HEC) 사용을 단순화 하고, 보안 컨테이너 및 가상머신과 같은 고급 고성능 서비스 제공 메커니즘 제공
	(인력) 인력 교육, 재실습, 생산성 및 협업에 필요한 도구를 개발하고, 인력양성 및 유지를 위한 창의적인 인센티브와 보상 메커니즘 개발
협업 및 조정 접근방식 보장	(산학연 파트너십) 특정 업무 지원을 위한 기술 탐색, 개발 및 생산하기 위해 산업계, 학계 및 장기적인 연방기관의 참여 활성화
	(거버넌스) 연방기관 개별 기관 임무에 따라 우선 순위를 파악하고 미래 컴퓨팅 목표를 지원할 수 있는 거버넌스 구조 구현

6) National Strategic Computing Initiative Update (2019.11)

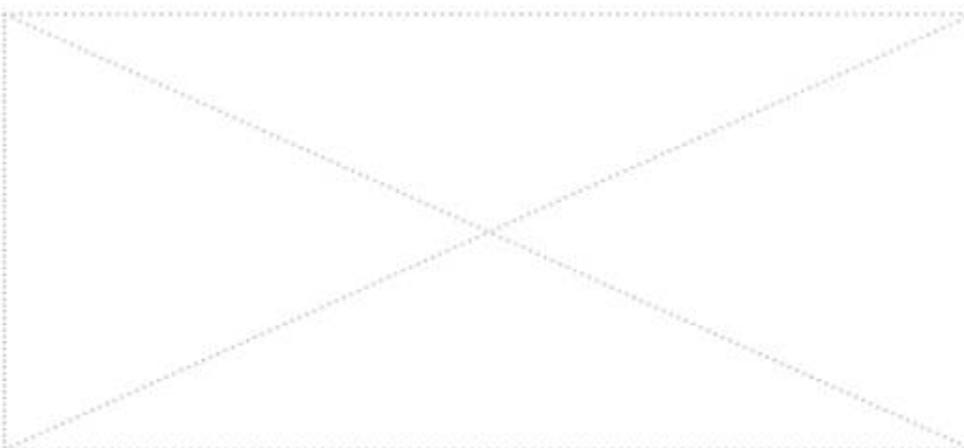
7) Future Computing Community of Interest Meeting of August 5-6, 2019



[그림 22] NSCI update 추진전략 및 세부내용

* 출처 : National Strategic Computing Initiative Update : Pioneering the future of computing (2019)

- 전략적 목적을 달성하기 위해 선도기관(Lead)*, 기초R&D기관**, 활용기관*** 선정 및 기관별 역할 명시
 - * (선도기관) 에너지부·국방부·국립과학재단 참여, 하드웨어·소프트웨어 연구개발 및 인력양성 담당
 - ** (기초R&D기관) 정보고등연구기획국·국립표준연구소 참여, 미래컴퓨팅 패러다임 연구 및 기술 지원
 - *** (활용기관) 국토안보부·연방수사국·해양대기청·항공우주국·국립보건원 참여, HPC 시스템, 소프트웨어, 응용프로그램 설계 초기단계에 각 기관의 미션 요구사항 통합



[그림 23] NSCI 참여 기관 및 역할

- 엑사스케일에서 활용 가능한 여러 애플리케이션을 개발 중이며 완성된 기술은 테스트를 거쳐 공개 활용 중

- 공동연구센터, 데이터 분석 및 최적화, 지구 및 우주과학, 화학 및 재료, 에너지의 6개 세부분야별 애플리케이션 개발·활용
- ECP 애플리케이션 개발 분야 중 현재 다루기 어려운 3가지 이상의 문제에 대한 모델링 및 시뮬레이션 솔루션을 제공하는 국가 안보 분야 제공

<표 17> ECP 애플리케이션 개발 분야

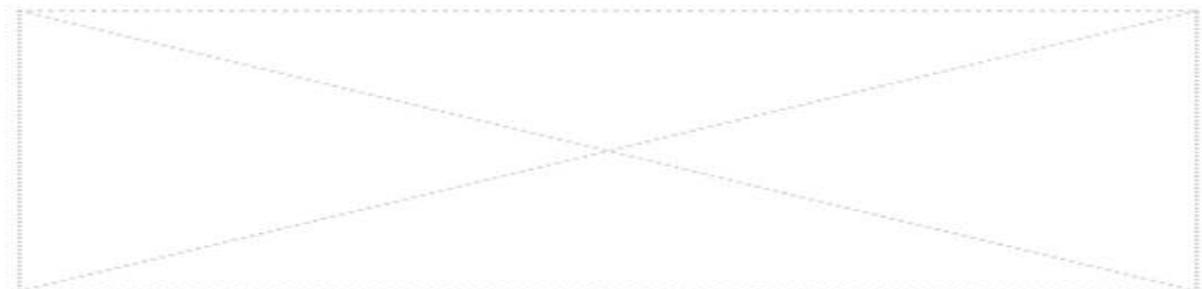
분야	세부내용
화학 및 소재 (Chemistry and Materials)	새로운 재료 및 에너지 기술의 설계를 최적화하고 제어하는 데 필요한 물질의 기본 특성을 정확하게 설명하려는 시뮬레이션 기능 중심 복잡한 물리 방정식을 해결하기 위해 정교한 모델과 알고리즘 사용
공동설계 (Co-design Centers)	ECP 애플리케이션에서 가장 일반적인 연산 및 통신 모티브(motifs)를 포착하는 교차 절단 알고리즘 방법 구현 빠르게 발전하고 있는 소프트웨어 스택을 새로운 하드웨어 기술과 통합하는 동시에 가장 일반적인 애플리케이션 모티브를 구현하는 소프트웨어 구성요소 개발
데이터 분석 및 최적화 (Data Analytics and Optimization)	현대식 데이터 분석 및 기계 학습 기술에 부분적으로 기반을 둔 새로운 영역의 데이터 분석 방식 개발
지구 및 우주과학 (Earth and Space Science)	우주와 화학 원소의 기원에서부터 행성의 탄생과 지속에 영향을 미치는 과정과 상호작용에 이르기까지 근본적인 과학적 질문에 대한 해답 도출 제어 및 미세 해상도 데이터 수집이 극히 어렵거나 실행 불가능한 현상 처리
에너지 (Energy)	증가하는 에너지 수요를 충족시키기 위해 효율적이고 책임이 따르는 에너지 생산을 위해 기존 및 미래 기술의 모델링 및 시뮬레이션 수행 복잡한 시설과 다중 결합 물리적 프로세스에 대한 상세한 모델링 제공
국가안보 (National Security)	엑사스케일 HPC 기술의 효과적 활용을 통해 현재 다루기 어려운 3가지 이상의 문제에 대한 모델링 및 시뮬레이션 솔루션 제공

- DOE 산하연구소 및 6개 민간 기업이 참여하는 대규모 컨소시엄 형태로 엑사스케일 컴퓨팅 시스템 개발/통합
 - 애플리케이션 통합, 자원 활용, 하드웨어 평가, 차세대(Path Forward), 소프트웨어 배포, 교육 및 생산성의 6개 세부분야로 구성
 - 특히, 차세대(Path Forward) 분야는 병렬 처리, 메모리 및 스토리지, 신뢰성(오류복원) 및 에너지 소비 등 주요 과제를 해결하기 위해 미 에너지부 산하 국립연구소 및 6개 민간 기업*과 공동연구 수행⁸⁾
- * AMD, CRAY, HPE, IBM, INTEL, NVIDIA

8) <https://www.exascaleproject.org/research-group/pathforward/>

나. 유럽

- 과학, 산업 및 국가안보 측면의 중요성을 부각시키고, HPC 활용전략을 강조하면서 미래 활용시나리오 제시
- 기초물리학에서 물질과학과 지구과학에 이르는 복잡한 과정을 이해하고 예측하는 소프트웨어를 개발하여 다양한 워크로드에 적용하도록 개발
 - 기초물리학은 물질에 대한 이해 및 우주, 물질과학은 제약, 에너지 분야의 새로운 중요 요소 설계, 지구과학은 행성 수준의 대기 및 해양 현상 모델링 등 다양한 과정에 해당
 - 국가안보는 사이버보안 및 범죄에서 매우 중요한 인프라의 보호를 위해 활용 중
- 세계 최고 수준의 초고성능컴퓨팅 생태계 구축을 위해 EuroHPC JU를 결성하고, Horizon Europe 통해 자금 지원
- (Horizon Europe) 전략 내 HPC 시스템 기술개발 프로젝트를 포함하여 초고성능컴퓨팅 산업 열세 극복을 위해 범유럽 차원에서 협력을 강화
 - '18년 EU차원의 초고성능컴퓨터 개발을 위해 29개 유럽 연합국이 참여하는 EuroHPC 프로그램 시작
- (EuroHPC) 세계적인 수준의 통합 HPC·데이터 인프라 구축을 위한 자금 지원 및 HPC·빅데이터 생태계 지원
 - '20년 미드레인지 시스템 구축을 시작으로 '23년까지 엑사스케일 시스템 개발 예정
 - ※ (0단계) 불가리아 외 4개 국가에 4PF ~ 14PF 규모의 미드레인지 시스템 구축
 - ※ (1단계) 스페인 외 2개국에 200PF급 pre-엑사스케일 시스템 구축
 - ※ (2단계) EPI 프로젝트를 통해 개발되는 프로세서 기반의 엑사스케일 시스템 구축
 - 연구 인프라, HPC 기술 및 애플리케이션 전문성의 세 가지 기둥을 기반으로 추진
 - '20년 80억 유로의 대규모 예산을 편성하고 새로운 도전적인 목적을 설정하였고, '19~'20 예산 11억 유로 중 약 8억 3천만 유로는 초고성능컴퓨터 구축·활용에 소요
- EPI 연계하여 향후 엑사스케일 시스템 구축에 EPI개발 프로세스 장착 등 초고성능컴퓨터 핵심 기술, 응용 어플리케이션 개발 추진
 - 해당 사업으로 유럽내 초고성능컴퓨팅과 양자컴퓨팅 인프라를 통합하여 공공부문과 산업계, 과학계를 비롯한 유럽 전역의 사용자에게 제공 예정
 - 초고성능컴퓨팅 기술, 시스템, 제품에 대한 연구 및 혁신활동을 지원하고, 초고성능컴퓨팅 인프라 활용 기술개발 및 유럽의 글로벌 선도 역할 기반 형성이 목적



[그림 24] EuroHPC 컴퓨팅 인프라 구축 로드맵

- (기술개발 우선순위 도출) 산업계 주도로 구성되어 있는 ETP4HPC를 통해 HPC 기술(및 애플리케이션)의 연구 및 개발 우선 순위를 정의하는 유럽 HPC 전략연구아젠다(Strategic Research Agenda, SRA) 도출
 - 유럽 재정 지원 기관(EC 또는 EuroHPC JU)은 기술개발 연구 프로젝트 내용을 정의하기 위해 ETP4HPC SRA 사용 ETP4HPC's SRA 4 (2020)
 - 7개의 연구 클러스터와 8개의 연구 도메인을 선정하고, 연구 클러스터와 연구 도메인의 교차점을 식별하여 연구개발 전략 수립
 - 도메인 별 최신기술 식별 → 주요 도전 과제 선별 → 연구 클러스터와의 교차점 분석을 통해 향후 R&I/R&D 프로그램 구성

< 참고. ETP4HPC 연구클러스터 및 도메인9) >

□ 연구클러스터

- 연구 클러스터는 ETP4HPC SRA4에 적용된 새로운 개념으로, 차세대 HPC 인프라에 대한 연구 우선 순위를 파악하는 테마
 - 클러스터 별 주제, 성숙도(시장출시시간), 관련성 및 영향, 한계성, 역량(유럽 내 이해관계자), 비용 등을 고려하여 구성
 - 2020년 SRA에서는 연구 클러스터를 ①방법 및 표준개발, ②에너지 효율성, ③AI, ④Data, ⑤디지털 연속체, ⑥복원력, ⑦신뢰성으로 정의

□ 연구도메인

- 연구 도메인은 HPC 기능(functional stack) 중 필수적인 레이어와 구성요소를 정의
 - 도메인 별 최신기술 식별 → 주요 도전 과제 선별 → 연구 클러스터와의 교차점 분석을 통해 향후 R&I/R&D 프로그램 구성
 - ①시스템아키텍처, ②하드웨어구성요소, ③시스템소프트웨어, ④프로그래밍환경, ⑤I/O&스토리지, ⑥알고리즘, ⑦공동설계, ⑧센터-엣지 프레임의 8가지 요소로 구성

- (기술개발) 엑사스케일 컴퓨터 개발·구축을 위한 HPC 핵심기술, 엑사스케일 컴퓨팅 전환, 마이크로 및 나노 기술, 빅데이터 및 대규모 분석 기술, 데이터 베드, 에너지 효율 분야의 기술개발 진행
 - 초기 광범위한 HPC 핵심기술 개발 중심에서 2018년 이후 마이크로 및 나노 기술, 유럽 프로세서, 에너지 효율화 등 세분화된 기술 개발 방식으로 변화
 - 또한, 2019년 이후 빅데이터 기술 및 대규모 분석 기술 개발에 중점을 두고 진행

9) ETP4HPC's SRA 4 (2020)

<표 18> 유럽 기술개발 프로젝트

분야	세부내용
HPC 핵심기술, 프로그래밍환경 및 알고리즘	엑사스케일 컴퓨팅을 위한 인터커넥트, 스토리지, 메모리, 차세대 I/O 등의 광범위한 기술 분야 프로젝트로 구성
마이크로 및 나노일렉트로닉 기술	에너지 효율적 비휘발성 메모리, 마이크로 및 나노 전자부품 생산, 멀티/매니코어 이기종 플랫폼을 위한 분석 프로그램 등이 포함
저전력 마이크로 프로세서 기술	확장형/모듈형/전력효율 HPC 프로세서 개발 프로젝트 및 EPI 프로젝트로 구성
빅데이터 기술 및 대규모 분석	2018년 계획 수립 후 2019년부터 본격적으로 추진중이며, 초고성능컴퓨터를 포함한 다양한 구축환경(임베디드, 포크, 클라우드 등)에서의 빅데이터 분석에 초점
HPC 및 빅데이터 지원 대규모 테스트 베드 및 애플리케이션	향후 활용 확대 예상되는 응용분야(정밀농업, 건강, IoT, 디지털트윈) 등의 지원을 위한 테스트 베드 지원

다. 일본

- Flagship 2020 프로젝트 추진으로 차세대 초고성능컴퓨팅 핵심기술 개발을 추진하였고, 기술의 한계를 극복하여 기술 집중
- 다양한 사회·과학적 문제해결을 위해 광범위한 분야에서 사용 가능한 HW와 SW를 공동설계 및 개발을 진행하고, 세계적인 기술통합을 위해 국제협력을 전략적으로 활용
- 플래그십 2020 프로젝트를 통해 ‘14~20년까지 시스템 설계, 개발, 구축을 이화학연구소(RIKEN)와 Fujitsu가 추진
- (CPU) ARM(ARMv8.2-A SVE) 기반의 A64FX CPU 기술 자체 개발
 - 4개의 CMG(Core Memory Groups)으로 구성되며 각 CMG는 48개의 계산 코어와 I/O 등을 담당하는 2개의 보조 코어로 구성
 - ※ 칩당 이론 성능은 일반모드 3.07 TF, 부스트모드 3.38 TF
- (Interconnect) (X, Y, Z)와 (A, B, C)의 축으로 구성되는 6D mesh/Torus 네트워크 구조를 가지는 Tofu-D 인터커넥트 개발
 - Tofu-D는 저지연, 고밴드폭(링크당 6.8GB/s)을 지원하며, 최대 약 39만 노드의 대규모 시스템 구축 가능

< 참고. A64FX 및 Tofu D 세부 스펙 >

□ A64FX

명령어 아키텍처		Armv8.2-A SVE 512bit
계산 코어 수		48 + 2어시스턴트 코어 4 CMG (Core Memory Group, NUMA node)
계산 성능	일반모드 (CPU 2GHz)	배정밀도 3.072 TF, 단정도: 6.144 TF, 반정도: 12.288 TF
	부스트모드 (CPU 2.2GHz)	배정밀도: 3.3792 TF, 단정도: 6.7584 TF, 반정도: 13.5168 TF
캐쉬		L1D/core: 64 KiB, 4way, 256 GB/s (load), 128 GB/s (store)
메모리		L2/CMG: 8 MiB, 16way L2/node: 4 TB/s (load), 2 TB/s (store) L2/core: 128 GB/s (load), 64 GB/s (store)
인터커넥트		HBM2 32 GiB, 1024 GB/s
I/O		Tofu Interconnect D (28 Gbps x 2 lane x 10 port)
기술		PCIe Gen3 x16

□ Tofu D

	Tofu1	Tofu2	TofuD
Data Rate (Gbps)	6.25	25.8	28.05
Number of signal lanes per link	8	4	2
Link bandwidth (GB/s)	5.0	12.5	6.8
Number of TNIs per node	4	4	6
Injection bandwidth per node (GB/s)	20	50	40.8
Put throughput (GB/s)	4.76	11.46	6.35
Injection rate (GB/s)	15.0	45.8	38.1

< 참고. RIKEN >

□ RIKEN 전산과학센터는 초고성능컴퓨팅(HPC)을 중심으로 시뮬레이션, 빅데이터분석, AI를 통합하여 과학·사회문제를 해결을 미션으로 하는 RIKEN 산하 연구센터('18년 4월 설립)

2019년 R-CCS 조직도

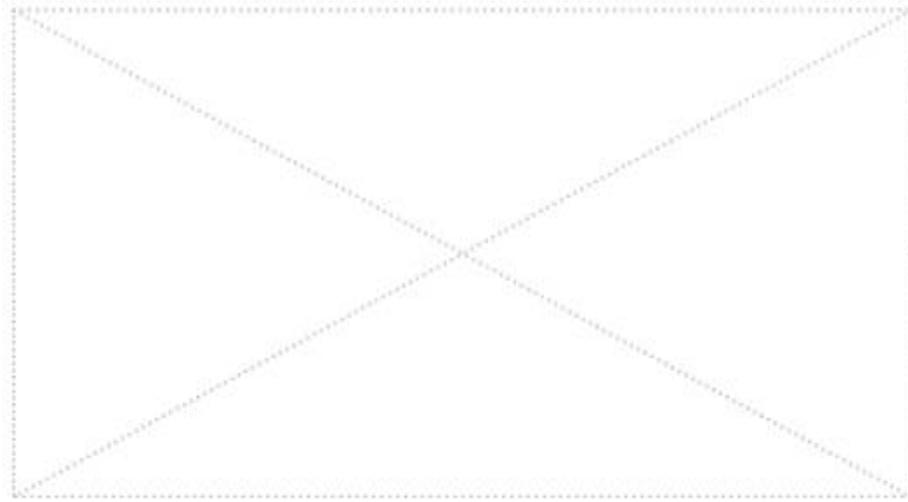
I Research Teams
1 System Software Research Team
2 Programming Environment Research Team
3 Processor Research Team
4 Large-scale Parallel Numerical Computing Technology Research Team
5 HPC Usability Research Team
6 Field Theory Research Team
7 Discrete-Event Simulation Research Team
8 Computational Molecular Science Research Team
9 Computational Materials Science Research Team
10 Computational Biophysics Research Team
11 Particle Simulator Research Team
12 Computational Climate Science Research Team
13 Complex Phenomena Unified Simulation Research Team
14 Next Generation High Performance Architecture Research Team
15 High Performance Big Data Research Team
16 Data Assimilation Research Team
17 Computational Disaster Mitigation and Reduction Research Team
18 Computational Structural Biology Research Team
19 High Performance Artificial Intelligence Systems Research Team
II Operations and Computer Technologies Division
20 Facility Operations and Development Unit
21 System Operations and Development Unit
22 Application Tuning Development Unit
23 HPC Usability Development Unit
III Flagship 2020 Project
24 System Software Development Team
25 Architecture Development Team
26 Application Development Team
27 Co-Design Team

2022년 R-CCS 조직도

I Research Teams
2 Programming Environment Research Team
3 Processor Research Team
4 Large-scale Parallel Numerical Computing Technology Research Team
6 Field Theory Research Team
7 Discrete-Event Simulation Research Team
8 Computational Molecular Science Research Team
9 Computational Materials Science Research Team
10 Computational Biophysics Research Team
11 Particle Simulator Research Team
12 Computational Climate Science Research Team
13 Complex Phenomena Unified Simulation Research Team
14 Next Generation High Performance Architecture Research Team
15 High Performance Big Data Research Team
16 Data Assimilation Research Team
17 Computational Disaster Mitigation and Reduction Research Team
18 Computational Structural Biology Research Team
19 High Performance Artificial Intelligence Systems Research Team
II Operations and Computer Technologies Division
20 Facility Operations and Development Unit
21 System Operations and Development Unit
Software Development Technology Unit
23 HPC Usability Development Unit
Advanced Operation Technologies Unit
III HPC- and AI-driven Drug Development Platform Division
Biomedical Computational Intelligence Unit
Medicinal Chemistry Applied AI Unit
Molecular Design Computational Intelligence Unit
AI-driven Drug Discovery Collaborative Unit

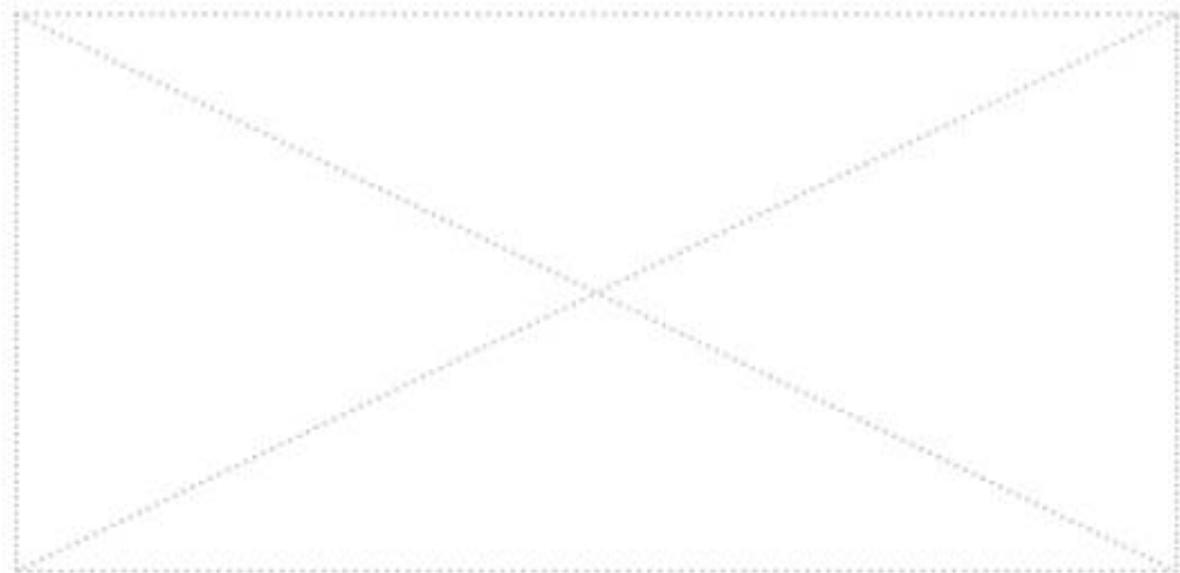
4. 활용확산

- 초고성능컴퓨팅 기술과 타 분야 융합을 추구하여 이기종·저전력 아키텍처 기반 엑사 스케일 인프라 융합형 활용체계로 발전 중
- 데이터 기반 HPC & AI 융합 활용체계로 전환하여, 고급 분석을 위한 컴퓨팅 아키텍처 변화 등 계산과학 중심으로 활용 애플리케이션의 진화가 요구되고 있음
 - 시뮬레이션과 모델링, 데이터 분석, 머신러닝 등 인공지능과 연계하여 HPC Convergence 활용체계로 전환 중
 - 초고성능컴퓨팅 응용SW 개발을 연계 추진하여 활용연구 분야에 특화된 활용체계 정착 등 과학·연구뿐 아니라 경제·산업, 안보 등 다양한 분야의 자원 지원 가능
- 초고성능컴퓨팅 활용 전용의 R&D 프로그램을 통해 대형·집단연구 중심 지원
 - (미국) 에너지, 생명공학, 핵물리학 등 과학분야 거대난제 해결을 위한 집단 연구개발 (SciDAC-4, '17~), 생산과정 최적화, 설계 및 테스트 시간 단축 등 47개 제조분야 문제해결 프로젝트(HPCMfg, '17) 추진
 - (EU) 재생에너지, 재료 모델링, 기후변화, 바이오 등 14개 센터(CoE)를 선정하여 집단연구 지원('15~'23, 약 9,800만 유로)
 - (일본) 성과창출 가속화프로그램*을 통해 기초과학, 생명과학, 산업, 연구기반의 4대 중점분야 21개 집단연구과제 지원('20~'22)
 - * Fugaku를 이용한 성과를 조기에 창출하기 위해 Fugaku 계산자원을 무상으로 사용
- 가트너 자료에 의하면 이기종을 대신하는 동종 아키텍처와 더 많은 AI 기능을 통합하기 위해 진화하는 HPC 애플리케이션으로 칭할 수 있음
- 컴퓨팅 아키텍처 변화를 주도하는 고급 분석이며 초고성능컴퓨팅에서 사용
 - X86 중심주의로 풍부한 믹스를 제공하고, 에너지 및 지속가능성 문제를 해결하고, GPU를 사용하여 통합 메모리를 더 간단하게 프로그래밍 가능
 - HPC, AI, 빅데이터의 각 자체적인 시스템 아키텍처와 별도의 도메인 융합을 통해 다양한 환경에서 기술 활용 가능
- 워크로드 통합을 위한 융합형 플랫폼 구축 방식 강조
 - 데이터의 폭발적 증가로 인해 한 도메인의 애플리케이션이 다른 도메인의 기술을 채택하는 사례 증가
 - 인텔의 경우, HPC 데이터 센터와 AI와 협업 성장률이 단기적으로 10% 이하, 장기적으로 15% 이상 성장 예측 가능



[그림 25] 융합형 HPC 플랫폼

* 출처 : Converging Workflows Pushing Converged Software onto HPC Platforms (insideHPC, 2019)

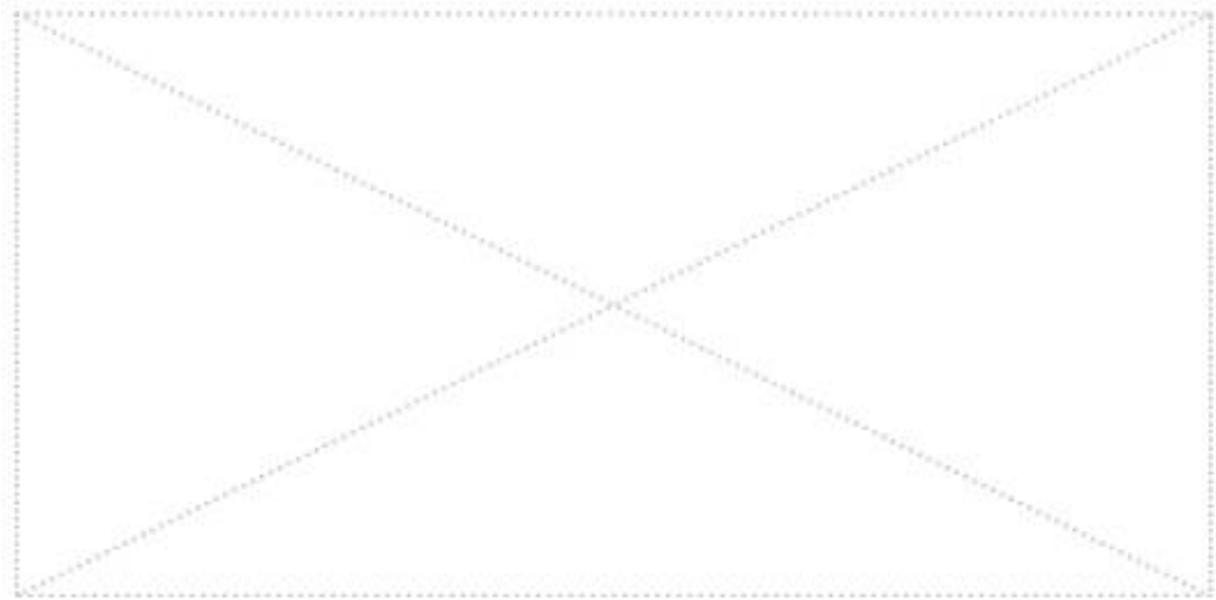


[그림 26] 융합활용 AI 플랫폼

- EuroHPC JU에서는 초고성능컴퓨팅 분야에서 추후 10년 간 주목해야할 기술로 AI와의 융합 중요성을 언급하고 있으며, 초거대 AI는 초고성능컴퓨팅 기술 발전과 함께 성장할 것으로 예측
- AI 분석을 위해 초고성능컴퓨팅 기술이 필요하며, HPC의 효율적인 운영에도 AI 기술이 적용 가능하여 상호보완적 응용이 가능할 것으로 기대
 - 머신러닝, 데이터학습 등 AI 분석 및 결과에 대한 신뢰성 강화를 위해 보다 개선된 초고성능컴퓨팅 자원 필요성 증대
 - 효율적인 초고성능컴퓨팅 활용을 위해 작업 스케줄러 및 애플리케이션 구동 지원에 광범위한 AI 기술이 적용될 경우 효율성 강화 가능
- 이러한 초고성능컴퓨팅 기술과 초거대AI 기술의 융합으로 OpenAI 기술 및 활용 서비스가 등장하는 등 패러다임 변화 초래

가. 미국

- 미래산업의 리더십 유지를 위해 미래산업 분야*를 도출하고, 전략산업 및 미래산업 분야 강화를 위한 전략을 제시하고 중점 지원
 - * AI, 양자정보과학(QIS), 첨단제조업, 첨단통신(5G), 바이오기술
- 엑사스케일 컴퓨팅을 통해 미래산업 분야 강화를 위해 전략을 제시하고 중점 지원
 - AI, 첨단제조, 5G, 바이오 등 핵심기술 분야에서 정부/산업계/하계 및 연구기관 간의 새로운 협업 시스템 구축 강조
 - 핀테크, 기상학 및 운송기술 개발 가속화 지원 및 HPC, AI, QIS, 기술융합을 통한 시뮬레이션 정확도 향상 추진



[그림 27] 미국 HPC 전략분야

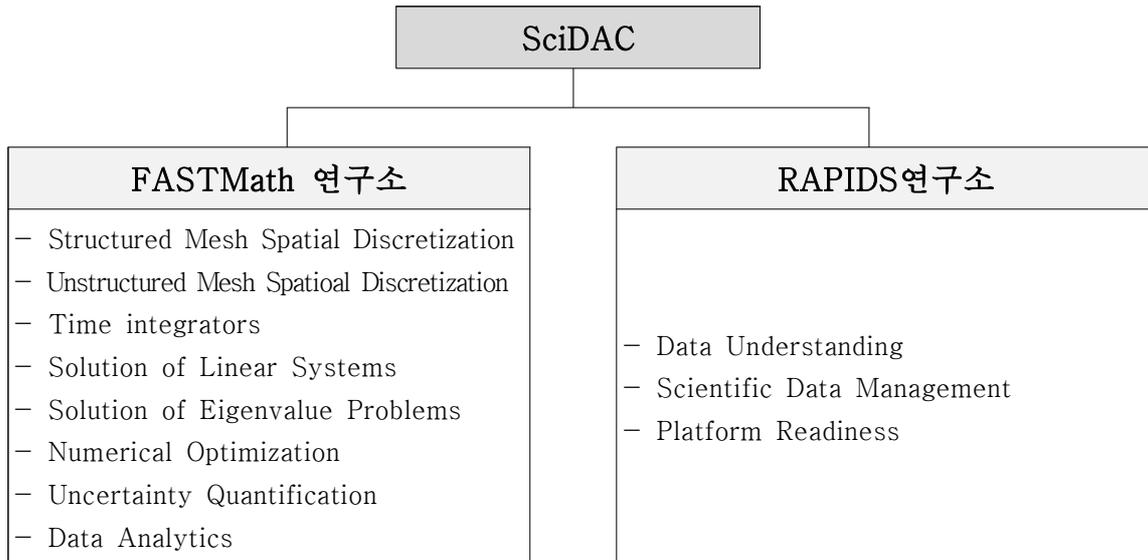
- 초고성능컴퓨터를 사용하여 과학적 발견을 발전시키는 데 필요한 컴퓨팅 소프트웨어 및 하드웨어 인프라 개발
- (SciDAC) SciDAC*은 DOE에서 추진하고 있는 초고성능컴퓨팅을 통한 거대과학지원 프로그램으로 '11년 시작 이후 현재 4단계 프로그램 진행
 - * Scientific Discovery through Advanced Computing
 - 과학자들이 초고성능컴퓨터를 효율적으로 활용하는 데에 필요한 소프트웨어와 인프라를 구축하여 신기술 적용 시간을 단축시키고 과학적 문제 시뮬레이션 지원
 - ※ 물리학자, 수학자, 컴퓨터 과학자, 컴퓨터 공학자로 구성된 팀이 참여한 공동 연구 추진
 - ※ 2020년 기준 24개의 참가 기관을 두고 있으며 연간 약 1200만달러의 자금 지원
 - 예측 모델링 및 고 충실도 시뮬레이션, 대용량 데이터 세트의 생성 및 관리, 과학적 신뢰성, 컴퓨터 아키텍처의 예상 장애와 관련된 수학적 및 계산 문제 프로젝트 수행
 - ※ 2020년 기준 토카막(Tokamak), 고에너지 물리학, E3SM 등 30개 프로젝트 수행 중

<표 19> SciDAC 단계별 주요 연구 분야

프로그램명	기간	세부내용	목표
SciDAC-1	2001 ~ 2006	병렬 컴퓨팅을 위한 과학적 소프트웨어 인프라 생성	테라스케일 컴퓨팅 지원
SciDAC-2	2006 ~ 2011	과학도메인 추가 및 학계 참여 확대 데이터 및 가시화 추가	페타스케일 컴퓨팅 지원
SciDAC-3	2011 ~ 2016	불확실성 정량화 추가	멀티코어 및 하이브리드 아키텍처 지원
SciDAC-4	2017 ~ 2021	응용에너지 및 머신 러닝 추가	Pre-엑사스케일 아키텍처 지원

< 참고. SciDAC >

- 연구소) FASTMath 연구소, RAPIDS 연구소를 운영 중
 - (FASTMath) 수학적 프레임워크, 알고리즘, 수학적 확장 가능한 기술연구소로 8개 핵심 기술분야를 중점적으로 연구
 - (RAPIDS) 과학적 혁신을 달성하기 위해, DOE 내에서 컴퓨터 과학 및 데이터 과제를 해결해주는 연구소로 3개 핵심 기술분야를 중점적으로 연구



SciDAC 산하 연구소

- 두 연구소는 Application Performance, Numerical Library Performance, Data Analysis, Visualization을 위해 공동연구를 수행

- 엑사스케일 컴퓨팅을 활용할 6개 전략연구분야*를 선정하고 각 분야에서 엑사스케일 컴퓨팅에 대한 심층연구 진행

* 국가안보(national security), 에너지안보(energy security), 경제안보(economic security), 과학적 발견(scientific discovery), 지구시스템(earth system), 헬스케어

(healthcare) 애플리케이션 개발, 소프트웨어 기술, 하드웨어&통합

- (애플리케이션) 엑사스케일에서 활용 가능하도록 각종 애플리케이션을 개발 중이며, 완성된 기술은 테스트를 거쳐 공개 활용하고 있음¹⁰⁾
 - 화학 및 재료, 공동연구센터, 데이터분석 및 최적화, 지구 및 우주과학, 에너지의 6개 세부 분야 별 애플리케이션 개발·활용
 - DOE 산하 국립 연구소, 파트너 대학 및 참여 하드웨어 기술 제조업체 중 15개를 대표하는 협업을 구성하여 ECP 공동 설계 센터를 통한 알고리즘 및 소프트웨어 향상과 요구 사항 기반 모델 등의 표적 개발
 - 완료된 기술은 엑사스케일 시스템에서 활용하기 위해 pre-엑사스케일 시스템에서 사전 테스트 및 검증을 통해 활용

<표 20> ECP 애플리케이션 연구 분야 및 목적

화학·소재	공동설계	데이터분석	지구·우주과학	에너지	국가안보
새로운 재료 및 에너지 기술 설계	교차절단 알고리즘 방법 구현	새로운 영역의 데이터 분석 방식 개발	제어 및 미세 해상도 데이터 처리	다중 결합 프로세스에 대한 모델링	현재 시스템으로 해결 불가능한 문제해결

- (소프트웨어) 고급 수학적 라이브러리, 프레임워크, 대규모 프로그래밍 환경, 도구 및 I/O, 가시화 라이브러리를 포함하도록 확장되고 수직적으로 통합된 소프트웨어 스택 개발¹¹⁾
 - 데이터 및 가시화, 개발도구, 수학적 라이브러리, NNSA 소프트웨어, 프로그래밍 모델 및 런타임, 소프트웨어 생태계 및 제공의 7개 세부분야별 소프트웨어 개발·활용
 - ※ 약 33개 프로젝트를 통해 70개의 소프트웨어 기술 개발
 - 소프트웨어 개발키트(SDKs) 및 대규모 과학 소프트웨어 스택(Extreme-scale Scientific Software Stack, E4S)을 통해 소스단계 및 컨테이너화로 제공 예정

<표 21> ECP 소프트웨어 연구 분야 및 목적

데이터 및 가시화	개발 도구	수학적 라이브러리	NNSA 소프트웨어	프로그래밍 모델	소프트웨어 생태계
데이터 관리 및 시각화	차세대 플랫폼을 위한 새로운 도구	지연시간 은폐, 벡터화 등 차세대 라이브러리	국가안보에 중요한 자원 제공	MPI 및 OpenMP에 대한 주요 개선사항	컴퓨팅 플랫폼에 적용되는 새로운 표준 활용

10) ECP Application Development Update (2019.9)

11) ECP Software Technology Update (2019.10)

< 참고. ECP 소프트웨어 연구 분야 >

세부분야	프로젝트 명	목표
Data and Visualization	ADIOS	효율적인 I/O 및 코드 커플링 서비스 지원
	DataLib	효율적인 I/O, I/O 모니터링 및 데이터 서비스 지원
	VTK-m	공유 메모리 병렬처리를 지원하는 VTK기반 과학 시각화 소프트웨어 제공
	VeloC/SZ	엄격한 오차 범위를 가지는 VeloC 체크포인트 재시작 및 SZ 손실 압축
	ExalO	시스템 토폴로지 및 스토리지 계층 인식 HDF5 및 UnifyFS 병렬 I/O 라이브러리 개발
	Alpine/ZFP	부동 소수점 배열의 현장 시각화 및 분석 알고리즘, 인프라 및 데이터 축소 기능 제공
Development Tools	EXA-PAPI++	하드웨어 성능 카운터에 대한 표준화된 인터페이스 개발
	HPCToolkit	성능 분석을 위한 HPC 툴킷 개발
	PROTEAS-TUNE	새로운 아키텍처를 위한 소프트웨어 툴 체인 개발
	SOLVE	OpenMP 프로그래밍 모델 개발/향상
	Flang	LLVM을 위한 포트란 프런트엔드 개발
Mathematical Libraries	xSDK4ECP	사용성, 표준화 및 상호운용성을 결합하는 DOE 수학 라이브러리
	PETSc/TAO	희소 선형 및 비선형 방정식 시스템과 수치 최적화를 위한 효율적인 라이브러리 제공
	STRUMPACK	선형 방정식 시스템 및 푸리에(Fourier) 변환을 위한 직접적인 방법 제공
	SUNDIALS-hypre	동적시스템 및 솔버에 대한 적응형 타임스텝(time-stepping) 방법 제공
	CLOVER	효율적인 시뮬레이션을 수행할 수 있는 확장가능한 휴대용 수치 알고리즘 개발
	ALExa	Fortran에서 그리드간 데이터 전달, 대리 계산 및 수학 라이브러리 액세스 기술 제공
NNSA Software	LANL NNSA	Legion(PM/R), LLVM(도구), Cinema (Data/Vis) 및 BEE(에코시스템)
	LLNL NNSA	Spack, Flux(에코시스템), RAJA, Umpire(PMR), 디머깅@스케일, FluxPower(도구) 및 MFEM(라이브러리)
	SNL NNSA	Kokkos(PM/R) 및 Kokkos Kernels(수학적 라이브러리)

< 참고. ECP 애플리케이션 연구 분야 >

세부분야	프로젝트 명	목표
Chemistry and Materials	LatticeQCD	확장 가능한 QCD 알고리즘 구현
	NWChemEx	바이오 연료 및 기타 바이오 제품 생산을 위한 계산 모델 설계
	GAMESS	복잡한 물리적 시스템 모델링을 위한 알고리즘 확장 및 시뮬레이션 결합
	EXAALT	완전한 분자역학(MD)를 위한 ALT(정확도, 길이, 시간) 시뮬레이션
	ExaAM	위치 별 속성 및 성능 인증 가속화를 통해 적층가공(AM) 구성 요소 설계
	QMCPACK	퀀텀 몬테카를로 연산(QMC)을 적용한 재료 설계 시뮬레이션
Co-design Center	AMReX	부분 미분방정식 시스템을 해결하기 위한 블록 구조 AMR 알고리즘 개발 지원
	CEED	유한요소 애플리케이션 개발 지원을 위한 차세대 이산화 소프트웨어 및 알고리즘 개발
	CODAR	온라인 데이터 분석 및 축소를 위한 인프라(추상화방법, 라이브러리, 애플리케이션 등) 구축
	CoPA	입자 기반 방법에 대해 공동 설계된 수치레시피 개발
	ExaGraph	스마트그리드, 컴퓨터생명공학, 컴퓨터화학, 기후과학 분야의 핵심조합(그래프) 알고리즘 구현
	ExaLearn	엑사스케일 데이터 분석을 위한 확장 가능한 머신러닝 기술개발
Data Analytics and Optimization	ExaSGD	다수의 잠재적 중단 이벤트에 대한 그리드의 응답을 최적화 할 수 있는 알고리즘 개발
	CANDLE	약물반응문제, RAS경로문제, 치료전략문제를 해결하기 위한 기계학습 모델
	ExaBiome	생물학적 데이터의 솔루션 제공을 위한 확장 가능한 데이터 조립 및 분석 도구 개발
	ExaFEL	국립가속기연구소에서 생성 된 분자 구조 x-선 회절 데이터 분석 시간 감소
Earth and Space Science	ExaStar	천체 물리학의 근본적인 문제 해결을 위한 중원소(heavy elements) 분석
	ExaSky	우주 구조 형성에 대한 정교한 대규모 시뮬레이션 모델
	EQSIM	지역 규모의 지상 운동 시뮬레이션 및 지진학지질공학구조엔지니어링 영역 연결 시뮬레이션 모델
	Subsurface	다양한 스케일로 발생하는 복잡한 다중물리학 과정을 고해상도 시뮬레이터에 통합
	E3SM-MMF	지역 물 순환에 미치는 기후 변화의 지역적 영향 평가
Energy	ExaWind	풍력 발전소 예측 시뮬레이션 모델
	Combustion-PELE	기초 난류-장치 관련 조건에서의 화학적 상호작용에 관한 연구
	MFIX-Exa	다상류 원자로 설계 확장을 위한 새로운 탄소 포집 및 저장(CSS) 모델링 제공
	WDMApp	자기 제한된 핵융합 플라즈마에 필요한 물리 예측 수치 시뮬레이션 제공
	ExaSMR	가상원자로 설계 시뮬레이션
	WarpX	플라즈마 가속기 용 엑사 스케일 애플리케이션 개발
National Security	Ristra	국가 안보 애플리케이션을 위한 차세대 멀티 물리 코드 개발
	MAPP	고에너지 밀도 물리학을 위한 다중물리시뮬레이션 도구 및 무기 관련 애플리케이션 개발
	EMPIRE AND SPARC	첨단 전자기 및 플라즈마 물리 코드 기능, 성능 제공 및 분석도구 모음

- 미국은 민간기업을 중심으로 초거대AI 전용 시스템을 구축하고, 클라우드 기반 서비스를 제공하는 등 OpenAI 서비스 모델을 점차 확장하고 있는 추세¹²⁾
- (초거대AI) 2010년대 등장한 딥러닝 기술을 기반으로 거대학습모델이 개발되고, 엑사스케일 컴퓨팅 시스템의 등장으로 AI 분야에서 초고성능컴퓨팅 활용 확대 전망
 - 초기 딥러닝 분야 기술은 GPU 기반의 이미지 인식 오류율 최소화를 목표로 추진되었고, 딥러닝 분야에서 가장 효율이 좋은 연산처리장치가 GPU라는 인식이 생겨 수요가 급격하게 증가
 - 이후 2020년 OpenAI社에서 개발한 GPT-3가 등장하며 거대학습모델 기술이 등장하였고, 이 기술 역시 GPU 10,000개를 병렬연결한 슈퍼컴퓨팅 시스템을 활용하여 서비스 제시
 - 미국은 세계 최초로 엑사스케일 규모의 초고성능컴퓨팅인 프론티어를 구축·운영을 시작하여 이기종 엑사스케일 컴퓨팅 기반 초거대AI 기술 활용 기반을 갖추
- (활용사례) 미국 마이크로소프트社는 OpenAI社와 협력하여 혁신적 AI 서비스를 클라우드로 제공할 수 있도록 기술을 개발하였으며, 서비스 제공을 위해 필요한 HW/SW 기술을 확보하여 해당 분야 서비스 선도 기반 마련
 - (HW) 현재 마이크로소프트社에서 보유한 초고성능컴퓨팅 인프라인 Azure 시스템을 활용해 거대 AI분석을 실시하기 위해 최신 고성능 프로세서(GPU 기반)인 올리듀스 클러스터와 초고속 통신이 가능한 인피니밴드, 냉각시스템, 전력유지 장치, UPS 등을 확보
 - (SW) 각 HW들이 효율적인 성능을 발휘할 수 있도록 활용 및 시스템 SW 기술을 동시 개발하여 초거대AI 전용 인프라 운영 역량 확보

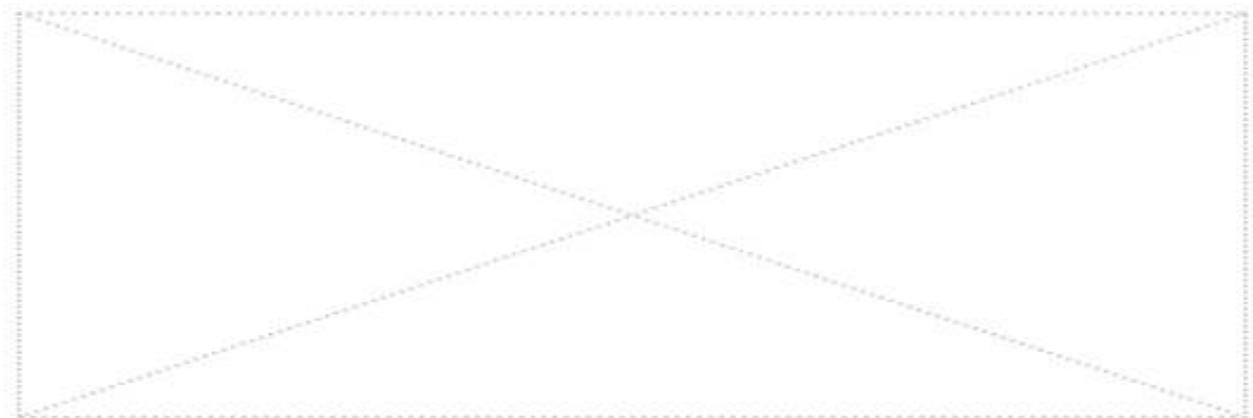
<표 22> 미국 마이크로소프트社 초거대AI 모델 결합 사례

에저 오픈AI 서비스	오픈AI의 모델에 보안, 안정성, 규제준수, 책임 있는 AI 기능 결합
깃허브 코파일럿	에저 오픈AI 서비스 기술로 AI 프로그래머와 함께 코드 작성
팀즈 프리미엄	지능형 요약, AI 생성 챗터 기능으로 팀 소통 효율과 생산성 향상
비바 세일즈	이메일 콘텐츠 제안, 데이터 기반 인사이트로 판매 활동 지원
마이크로소프트 Bing	AI 챗봇 기반 콘텐츠 생성, 채팅 기능으로 인터넷 검색 경험 향상
윈도11	월 5억명이 쓰는 작업표시줄 검색상자에 마이크로소프트 Bing 탑재
다이내믹스365 코파일럿	ERP·CRM에 반복 작업 자동화, 창의성 발휘 돕는 대화형 AI 적용
마이크로소프트365 코파일럿	워드, 엑셀 파워포인트, 아웃룩, 팀즈 앱의 사용자 생산성 향상

12) 아주경제, Tech in Trend “클라우드 슈퍼컴퓨터” 선두 MS, AI혁명 앞당겨, 2023. 3. 27.

나. 유럽

- 과학, 산업 및 국가안보 측면의 HPC 활용전략 제시
- 초고성능컴퓨팅의 이점을 과학, 산업, 국가안보 측면에서 강조하고 미래 활용 시나리오 제시
 - (과학) 기초물리학에서 물질과학, 지구과학 등 복잡한 과정을 이해하고 예측하는 소프트웨어 개발
 - (산업) 자동차, 항공우주, 재생에너지, 건강 등을 혁신하고 생산성 높이는 등 높은 가치의 제품과 서비스로 확장
 - (국가안보) 사이버보안 및 범죄에서 특히 중요한 인프라 보호를 위해 활용



[그림 28] 유럽 HPC 전략분야

- 유럽의 경쟁력을 향상시키는 모든 분야에 걸쳐 과학적 발견 및 공학 기술의 연구와 개발을 지원하기 위해 PRACE 설립
- (애플리케이션) 애플리케이션 전문성은 CoE(Centers of Excellence)에 통합되어 있으며, 다양한 영역에서 HPC 애플리케이션을 개발, 유지 및 개선하고 성능 및 훈련 서비스를 제공하고 있음
 - HPC애플리케이션 코드 개발, 최적화(재설계 포함) 및 확장, 코드 테스트, 검증 및 유지, 관련 데이터 관리, 품질 보증, 공동 설계 등의 서비스 제공
 - 또한, 하드웨어/소프트웨어 및 코드, 산업계 중소기업에 대한 컨설팅, HPC 애플리케이션에 대한 연구, 컴퓨터 과학의 기술 격차를 해소하기 위한 지원 활동 수행
 - 1단계(2015년) 9개 응용 분야를 시작으로 2단계(2019년) 10개 분야로 확대 되었으며, 2020년 4개의 우수센터를 추가로 지정하여 총 14개* 우수센터 운영 중
 - * 생체분자, 바이오의학, 기후, 컴퓨터 애플리케이션, 재료설계, 재료발견, 성능최적화, M&S, 고체지구, 엔지니어링, HPC 및 빅데이터 기술, 개인형 맞춤형의료, 화학, 연소(combustion)
 - 그 외 박사후 연구원(Post Doctor) 교육, 중소기업 전문지식 강화를 위한 인력양성 및 교육 프로젝트 추진

<표 23> 유럽 애플리케이션 프로젝트

분야	세부내용
컴퓨팅 애플리케이션 우수센터(CoE)	생체분자, 글로벌 시스템 과학, 바이오의학, M&S, 기후, 컴퓨터 애플리케이션, 엑사스케일 재료 설계, 새로운 재료발견, 성능최적화의 9개 우수센터 지원
HPC 우수센터 (CoE)	응용분야 현황 분석을 통해 향후 활용이 확대될 것으로 예상되는 신규 우수센터 (고체지구, 엔지니어링, HPC 및 빅데이터 기술)를 포함하여 10개의 우수센터 지원
생태계 개발	유럽 익스트림 데이터 및 컴퓨팅 이니셔티브(EXDCI), 과학컴퓨팅을 위한 범유럽 네트워크 등의 프로젝트 추진
인력양성	초고성능컴퓨팅 관련 모든 분야에서 박사후 연구원 교육을 위한 프로젝트
교육	SME용 HPC 역량 센터 네트워크 확장 및 운영

< 참고. 유럽 Centers of Excellence 현황 >

□ 유럽 CoE

- Horizon 2020은 e-Infrastructure 구축·운영을 목표로 2016년부터 9개의 우수센터 지정·운영
- 2020년 응용분야 현황 분석을 통해 향후 활용이 확대될 것으로 예상되는 신규 우수센터를 포함하여 14개 우수센터 운영 중

2016 (1차)		2020 (2차)
BioExcel (생체분자)	(유지) →	BioExcel
CompBioMed (바이오의학)	(유지) →	CompBioMed
E-CAM (M&S)	(유지) →	E-CAM
EoCOE(에너지)	(유지) →	EoCOE
ESiWACE (기후)	(유지) →	ESiWACE
MaX (재료 설계)	(유지) →	MaX
POP (성능최적화)	(유지) →	POP
NoMaD (재료발견)	(유지) →	NoMaD
COEGSS (시스템과학)	(신규)	HiDALGO (HPC&빅데이터 기술)
	(신규)	EXCELLERAT (엔지니어링)
	(신규)	PerMed (맞춤형 의료)
	(신규)	T-Rex (양자화학시뮬레이션)
	(신규)	ChEESE (고체지구)
	(신규)	CoEC (연소, Combustion)

- 유럽연합에서는 초고성능컴퓨팅 기술을 활용한 초거대AI 활용 기술을 3가지 분야로 정의하고 있으며, 초고성능컴퓨팅 인프라와 AI 기술을 상호보완적 관계로 인식하고 있음¹³⁾
 - (활용 분야) 초거대 AI는 컴퓨팅 파워의 성장, 데이터 가용성 및 알고리즘 진보로 21세기 최고의 전략기술로 각광받고 있으며, M&S, 고성능데이터분석, AI융합 등 3개 분야를 중심으로 성장할 것으로 예측
 - (M&S) 모델링&시뮬레이션 기술은 비용과 시간이 많이 소요되는 실험이나 물리적 프로토타입 개발 비중을 줄여, 가상 공간에서 실험적으로 테스트할 수 없는 특성을 연구하도록 지원
 - (고성능데이터분석) High performance data analytics는 초고성능컴퓨터와 데이터 분석을 결합하여 초거대 데이터를 병렬 처리하여 통찰력을 제공하는데 활용
 - (AI융합) 머신러닝과 데이터학습 등과 같은 최신 초거대AI 기술은 가용할 수 있는 데이터의 증가, 이를 처리할 수 있는 초고성능컴퓨팅 파워의 증가와 알고리즘 개선으로 가능해져 향후 과학기술, 산업, 사회적 문제의 게임체인저로 활용 가능
 - (활용 사례) 초거대AI 모델을 활용하여 유럽 및 산업 응용 분야의 디지털 전환 지원, 과학기술 역량 강화 등에 활용
 - (디지털전환) 유럽연합 내 디지털전환 지원을 위해 “AI-on-demand 플랫폼”을 구축하여 단일 액세스포인트에서 AI 리소스에 대한 접근 및 데이터 분석도구, 통찰력을 제공할 수 있는 서비스 제공 예정
 - (과학기술 응용) M&S, HPDA 등 초고성능컴퓨팅 기반 광범위한 활용 기술을 활용하여 과학기술R&D, 산업 발전 및 정책 개발 등의 영역에서 초거대AI 기술 활용 기반 제공
 - (관련 프로그램) 초거대AI 기술 활용을 위해 EuroHPC JU를 중심으로 ANTAREX와 Exascale4CoV 프로그램 등을 추진
 - (ANTAREX) 초고성능컴퓨팅 기반 초거대AI모델 활용 신약 개발을 신속하고 정확하게 수행할 수 있도록 지원하는 R&D 지원 프로그램 운영
 - (Exascale4CoV) 유럽지역 내 공동연구 프로젝트*를 지원하여 연구 수행 속도 및 높은 수준의 정확도(신뢰도)를 제공하도록 초고성능컴퓨팅 기반 초거대AI모델 활용 제공
- * The human brain project flagship, PI@ntNet, IoTwins, CERN, Weather at ECMWF and MeteoSwiss 등 지원

다. 일본

- 문부과학성, 경제산업성을 중심으로 초고성능컴퓨팅 구축·활용 프로젝트 추진
- (플래그십 2020 프로젝트) 초고성능컴퓨팅 선도국 지위 회복을 목표로 문부과학성 주도의 플래그십 2020 ('14~'20) 추진
 - 포스트-K(Fugaku) 초고성능컴퓨터는 일본이 처한 문제해결과 글로벌 경쟁력 획득을 목표로 설계
 - 일본의 강점을 살려 세계적인 기술을 통합하기 위한 국제협력을 전략적으로 활용
- (애플리케이션) '14년부터 시스템 설계와 애플리케이션 공동설계를 시작으로 '20년부

13) EuroHPC JU, Equipping Europe for world-class High Performance Computing in the next decade, 2020.

터 초고성능컴퓨팅을 활용할 수 있도록 개발 진행

- 산업계 및 학계 중심의 HPCI 계획 추진위원회*를 구성하여, 전략프로그램('11~'16, K-computer), 중점과제('14~'20, Fugaku), 성과창출가속화프로그램('20~'22, Fugaku) 구성

* 문부과학성이 운영하는 위원회로 외부 전문가(산업계 3명, 학계 7명, 국립연구소 3명) 참여('20.8월 기준)

- 중점과제('14~'20)를 통해 건강, 환경, 에너지 등 우선적으로 해결해야 할 9가지 과제를 지정하여 애플리케이션 공동 설계
- Fugaku를 이용한 성과를 조기에 창출하는 것을 목적으로 성과창출 가속화프로그램* 추진 중('20~)

* 4개 분야 19개 과제 계산자원 활용 우선 지원(무상)

□ (HPCI) 초고성능컴퓨터 K 및 Fugaku를 중심으로 다양한 이용자의 요구에 따를 수 있는 혁신적인 계산 환경 구축 및 이용

○ 초고성능컴퓨터 Fugaku와 대학이나 연구기관에 설치된 초고성능컴퓨터와 스토리지를 고속네트워크*로 연결

* (Science Information NETwork, SINET5) 국립 정보학 연구소(NII)가 구축·운영하고 있는 정보 통신 네트워크

※ 10개 대학, 3개 국립연구소가 참여하고 있으며 약 560 PB의 계산 자원 활용 가능

- 도쿄대학(동쪽거점) 및 이화학연구소(서쪽거점)가 공유 스토리지를 별도로 운영하며, 동서거점 간 이중화를 통해 장애 대응
- 대학 연구 기관이나 산업계 연구자들이 과제 선정을 거쳐서 이용할 수 있으며, 산업계 개별 사업(성과 비공개)를 제외하고 무상으로 이용 가능

K-Computer ('11)	→	Fugaku ('20)
HPCI 전략프로그램 ('11.4 ~ '16.3)	중점과제·탐색적과제 ('14.12 ~ '20.3)	성과창출가속화프로그램 ('20.4 ~ '22.12(예정))
예측 생명과학, 의료 및 신약 개발	건강장수 사회의 실현	인류 보편적 과제 도전과 미래개척
신물질·에너지 창출	방재 및 환경	국민의 생명·재산 보호
방재·감재, 지구변화 예측	에너지	산업 경쟁력 강화
차세대 제조	산업경쟁력 강화	연구 기반 (맞춤형 의료)
물질과 우주의 기원·구조 규명	기초 과학 발전	
	기초과학 프런티어	
	다양한 사회경제 현상의 상호작용 모델 구축	
	태양계 외행성 탄생과 내행성 환경변동 규명	
	사고를 실현하는 신경 메커니즘의 규명과 인공지능 응용	

[그림 29] 일본 전략프로그램

<표 24> HPCI 지원 과제

종류		개요 및 특징
일반과제	일반과제	HPCI 시스템을 이용하는 일반적인 연구 과제
	젊은 인재 육성과제	39세 이하의 연구자가 수행하는 과제
	HPCI 공용스토리지 이용 과제	데이터를 공동으로 이용하고 해석 등을 위해 이용하는 과제
산업이용 과제	トライ얼	자사의 과제를 HPCI 시스템으로 시행하여 이용 여부 판단
	실증이용	고병렬 시뮬레이션 기술의 유효성 및 유용성을 자사의 산업과제로 실증
	개별이용	기밀성이 높은 자사의 산업과제를 자사의 비용부담으로 실시
임시모집 과제	Fugaku 시범과제	Fugaku 시스템 조정 단계에서 시험적으로 이용하는 과제
	COVID-19 대응	신형 코로나 바이러스 감염증의 연구·대책을 위한 과제
	성능평가	Fugaku 프로그램 성능평가 또는 최적화 검토

5. 인력양성

- 주요국에서는 초고성능컴퓨팅 개발·고도화·활용 활성화를 위해 ‘인력양성’의 중요성 인지 및 정부 주도 하에 다양한 지원활동 추진
- (미국) 정부·산학계가 국가 차원의 미래 첨단컴퓨팅 생태계 실현을 위해 노력중이며, 주요 목표 중 하나로 ‘다양하고 유능하며 유연한 인력 양성’ 제시
 - 국가의 초고성능컴퓨팅 역량 강화를 위한 정부계획*을 지속적으로 수립 및 갱신하면서, 숙련된 전문인력 배출을 위한 교육·훈련 지원
 - * NSCI('15.7), NSCI Strategic Plan('16.7), NSCI Strategic Plan Update('19.11) 및 Pioneering the Future Advanced Computing Ecosystem Strategic Plan('20.11)
 - 다양한 인력양성을 위해 초중등학생 대상 기초교육부터 전문인력 경력 경로 개발까지 인력양성 전주기 지원 계획 수립 및 지원활동 추진
- (유럽) 여러 교육기관들을 통해 HPC 교육·훈련 프로그램을 추진하고, 산학연 컨소시엄을 구성하여 인력양성 시너지 창출 위한 기관 간 협력 활성화
 - 다양한 HPC 관련 기관들*에서 원활한 전문인력 수급을 위한 교육 및 훈련 지원활동 추진
 - * (HPC우수센터) SW 사용자·개발자 커뮤니티 구성원 대상 HPC 교육, (국립HPC역량센터) 단계별 교육프로그램 운영, (디지털 혁신 허브) 전문성 공유경험 관련 자료 제작·배포 등
 - 유럽의 HPC 교육·훈련을 담당하는 산학연 대상 컨소시엄을 구성하여 HPC 교육 커리큘럼 통합 및 구성원들의 경험·노하우 공유하여 전문인력 양성 촉진에 기여
- (일본) ‘디지털 대전환’이라는 국가적 과제에 따라 인공지능(AI) 전략을 수립·갱신하면서 인재 육성 노력 구체화
 - AI 시대의 인재 육성 및 유입 유도를 목표로, 초중등학생, 대학생, 사회인 대상 단계별 교육활동 및 인증제도 추진

가. 미국

- (국가전략컴퓨팅이니셔티브(NSCI*)) 초고성능컴퓨팅 역량 강화 위해 기술개발, 자금 지원만큼이나 인력양성도 정부·산학계의 중요한 역할임을 강조
 - * National Strategic Computing Initiative는 오바마 전 대통령의 행정명령으로 추진
- ‘국가전략컴퓨팅이니셔티브(NSCI)’는 각 정부기관 및 산학계 간 협력으로 국가 차원에서 HPC 유용성 극대화하기 위한 정부 계획('15.7)
 - 고성능컴퓨팅(HPC) 관련 연방정부 투자전략 및 산학계 등 다중기관을 포함하는 전략적 비전 수립 위한 계획 발표
 - 5대 전략주제* 중 ‘HPC 이용 용이성 확보’ 측면에서 HPC 기술사용 관련 접근성 및 전문성 문제 강조
 - * ①엑사바이트 데이터에 엑사플롭스 컴퓨팅 성능 적용 가능한 시스템 개발, ②HPC 역량 선도, ③HPC 애플리케이션 개발자 생산성 향상, ④HPC 이용 용이성 확보, ⑤미래 HPC 시스템을 위한 하드웨어 기술 확립
 - 특히, 전문성 확보를 위해 관련 기관에서 모델링, 시뮬레이션, 데이터 분석 관련 기본 개념 습득과 함께 고급 컴퓨팅 자원을 활용하여 문제 공식화 및 해결능력 개발가능한

차세대 HPC 시스템 교육자료 개발 후원역할 필요

- ‘NSCI 전략계획(NSCI Strategic Plan)’은 NSCI 추진 위한 5대 추진전략 수립 및 각 전략별 정부기관 역할 정립한 정부 계획(’16.7)
 - 5대 추진전략* 중 ‘지속가능한 국가 HPC 생태계’ 전략에 HPC 인력 개발 지원내용 언급
 - * ①엑사스케일 시스템 구현, ②기술적 일관성, ③무어의 법칙을 뛰어넘는 컴퓨팅, ④지속 가능한 국가 HPC 생태계, ⑤민관협력을 통한 발전
 - 과학기술 발전에 따라 급변하는 기업 환경, 풍부한 데이터, 높아진 협업비중 고려하여 광범위한 연구자가 손쉽게 접근·사용가능한 HPC 생태계 구상
 - HPC 생태계를 통한 연구생산성 제고 및 지속성 확보를 위해 혁신기술에 대한 투자만큼이나 인력, 기술 교육, 신규 사용자 지원, 애플리케이션에 대한 투자 확대 강조
 - 국립과학재단(NSF*)은 광범위한 사용자 대상 기초 HPC 교육 지원, 계산 과학자 및 데이터 분석가 대상 경력 개발 지원 등의 인력 개발 업무 주도
 - * National Science Foundation은 백악관 산하 독립기관으로 과학분야 연구 지원
 - NSCI 단체들에서 과학자 및 엔지니어들이 중요한 사회문제 해결 위한 효과적 접근방식으로 HPC를 채택하도록 세대별 교육·훈련하는 인력개발 계획 수립하는 역할도 중요
- ‘NSCI 전략계획 업데이트(NSCI Strategic Plan Update*)’는 컴퓨팅의 미래 개척을 위해 정부 및 산학계 협력 하의 시너지 효과 창출 방안 수립(’19..11)
 - * 국가과학기술위원회(National Science and Technology Council), 「National Strategic Computing Initiative Update : Pioneering the Future of Computing」, 2019.11
 - 신기술 도입 및 새로운 종류의 데이터 중심 애플리케이션 요구에 따른 국가 컴퓨팅 환경 변화에 대응하는 미래 컴퓨팅 기술 관련 정부 및 산학계 협력방안 발표
 - 3대 전략* 중 컴퓨팅 인프라 및 생태계 개발·확장·발전이 목표인 ‘컴퓨팅을 위한 전략적 기반 제공’ 전략에서 인력에 대한 고려사항 및 과제 언급
 - * ①컴퓨팅의 미래 실현, ②컴퓨팅을 위한 전략기반 제공, ③협업·조정 접근방식 보장
 - 새로운 컴퓨팅 역량 활용 및 애플리케이션에 실용적인 형식으로서의 역량 전환을 위해 미래 기술 및 솔루션 예측·활용가능한 기술(전력 및 열관리, 연구개발, 마케팅, 커뮤니케이션 등)에 숙련된 인력 필요
 - 다양한 전문인력 양성·유지를 위한 교육기관 및 직장에서의 훈련과 함께 기술, 플랫폼, 애플리케이션 발전에 따른 경력 전반에 걸친 신기술 도입 중요
 - 교육·훈련에 필요한 도구 개발, 협업을 독려하기 위한 인센티브 및 보상 메커니즘 개발도 강조
 - 급변하는 컴퓨팅 미래에 발맞춰 혁신생태계를 지원할 유연한 전문인력 양성을 강조하는게 특징
- (미래첨단컴퓨팅생태계실현 전략계획*) 기술역량만큼이나 다양한 기술 통합 및 이해관계자들과의 협업역량도 중시하여 이와 관련한 지원활동 제시
 - * 국가과학기술위원회, 「Pioneering the Future Advanced Computing Ecosystem: A Strategic Plan」, 2020.11
- 미래 첨단 컴퓨팅 생태계 구상을 위한 생태계 구축 및 활용, 연구개발 지원, 인력양

성 차원에서의 범국가적 접근 방식 개발

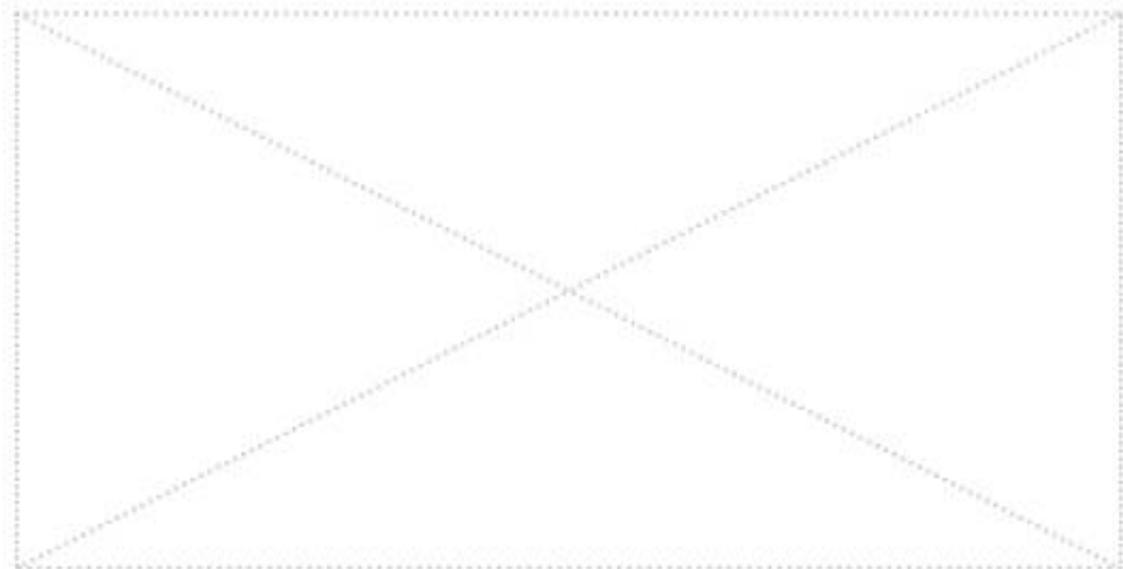
- ‘NSCI 전략계획 업데이트’ 목표* 달성과 함께 향후 과학·공학, 경제 경쟁력 및 국가 안보 분야의 미국 리더십 기반 제공 위한 미래 첨단 컴퓨팅 생태계 구축 관련 범국가적 접근 방식 및 구조 제시

* ①디지털 및 비디지털 컴퓨팅의 새로운 영역 개척, ②국가 컴퓨팅 인프라 및 생태계 개발·확장·발전, ③파트너십 구축·확장

- 본 계획에서는 이해관계자 간 미래 첨단 컴퓨팅 생태계 활용, 혁신적이면서 검증되고 지속가능한 소프트웨어 및 데이터 생태계 구축, 기초·응용·변환 연구개발 지원, 생태계 구축·유지 위한 다양하고 유능하면서 유연한 전문인력 확대를 목표로 제시

○ 전략계획의 4대 목표 중 ‘다양하고 유능하며 유연한 인력 양성’ 부문에서는 5개의 세부목표 및 실행계획 제시

- 단순히 기술에 대한 이해·활용 능력뿐만 아니라 최신기술, 기존 기능, 미래 기술 및 솔루션을 예측·활용·통합하는 능력, 다양한 이해관계자 및 최종 사용자와의 원활한 의사소통으로 신속·정확한 문제 파악 및 해결능력도 요구
- 첨단 컴퓨팅 생태계 관련 다양한 분야를 포괄하는 다학제적 학습경험 제공도 중요하며, 재교육·기술향상 위한 교육훈련 및 멘토링 프로그램 운영도 필요
- ①다양한 인력 양성, ②교육, 기술 습득, 숙련도 향상 전략 개발, ③전문인력 유지 위한 인센티브, 경력 경로, 보상 구조 제공, ④이해관계자 간 시너지 창출, ⑤다양한 형태의 지원 활동(펠로우십, 대학 프로그램, 인턴십, 안식년 등)을 통한 임무 중심의 직무 훈련 실시를 목표로 각각의 실행계획 수립



[그림 30] 인력양성 관련 목표 및 실행계획

<표 25> 전문인력 확대 관련 현재 추진 중인 지원활동

프로그램	내용
NASA, DoD, NSF Pathways	인턴 고용 및 최근 졸업생 대상 프로그램으로 고등학생, 학부생, 대학원생, 교육자 대상 고용, 인턴십, 펠로우십, 장학금 제공
NIH 파트너십	Civic Digital Fellows와의 파트너십으로 기술 및 공공서비스의 교차 지점에서 혁신하는 학생 소프트웨어 엔지니어, 데이터 과학자, 제품 관리자, 디자이너들 모집 (데이터 및 기술 펠로우는 생물의학 연구분야에서 일할 컴퓨터 과학 및 관련 분야 인재 모집)
NIST 여름 학부 연구 펠로우십 프로그램, NIST/NRC 박사후 연구원 프로그램	연구자 대상 교육 제공 (메릴랜드 대학 양자연구소(JQI) 및 QuICS(메릴랜드 대학 및 NIST 간 파트너십)에서 대학원생 및 박사후 연구원 대상 교육 제공)
NSF 인턴 프로그램	비학문적·산업 환경에서 대학원생 연구 지원 위한 추가자금 제공 (고급 기술 교육(ATE) 프로그램은 교육기관 학교 수준의 과학 및 공학 기술자 대상 교육 개선을 촉진하기 위해 학술기관 및 산업 간 파트너십에 중점)
DoD 미래 장학생 선발	STEM 인력개발 프로그램을 통해 학생 및 교사 대상 STEM 교육 경험 제공하는 공식·비공식 STEM 교육활동 장려
DOE 전산 대학원 펠로우십, 초빙교수 프로그램, 커뮤니티 칼리지 인턴십	계산과학, 응용수학, 컴퓨터 과학분야 인력 요구사항에 적합한 과학자 및 엔지니어 육성
DARPA Young Faculty Award 프로그램	학계의 신진교수진 및 비영리 연구기관의 동일한 직위에서의 유망주를 참여시켜 DoD 및 국가안보 도전과제·요구사항 공유
DARPA JUMP(Joint University Microelectronics Program)	국방, 상업, 학계 연구 커뮤니티와 협력하여 컴퓨팅, 인공지능, 커뮤니케이션 관련 대규모 마이크로일렉트로닉스 최적경로 탐색연구 추진
DoD HPC 인턴십 및 멘토링 프로그램	고등학생, 학부 및 대학원생, 서비스 생도 대상 광범위한 DoD 지원에 필요한 주요 분야 교육 제공
DOE/NNSA 프로그램	대학과 연계하여 비축 관리에 필요한 주요 분야에서 NNSA 국립연구소의 최고 연구자들과 함께 멘토링, 교육, 채용 및 업무 진행
NSF 교육 기반 인력개발	사이버인프라 사용자, 개발자, 전문가 대상 학습 및 인력개발 지원 위한 프로그램에 자금 제공

- NASA : National Aeronautics and Space Administration, 미국항공우주국
- DoD : Department of Defense, 국방부
- NSF : National Science Foundation, 국립과학재단
- NIH : National Institutes of Health, 국립보건원
- NIST : National Institute of Standards and Technology, 국립표준기술연구소
- DOE : Department of Energy, 에너지부
- DARPA : Defense Advanced Research Projects Agency, 방위고등연구계획국
- NNSA : National Nuclear Security Administration(DOE), 국가핵보안국
- STEM : Science, Technology, Engineering, and Mathematics, 과학, 기술, 공학, 수학

* Pioneering the Future Advanced Computing Ecosystem: A Strategic Plan(국가과학기술위원회, 2020)

나. 유럽

□ (EuroHPC JU*) EU 하에 운영되는 공동사업기관으로, 세계적 수준의 슈퍼컴퓨팅 및 데이터 인프라 개발·배포·확장·유지관리를 효과적으로 수행하는 다양한 활동 계획·지원

* The European High Performance Computing Joint Undertaking

○ 유럽 슈퍼컴퓨팅 분야를 선도하기 위한 협력사업(EuroHPC) 추진과 관련하여 유럽 국가 및 민간파트너들의 공동 이니셔티브인 EuroHPC JU 설립('18)

- 기술 주권을 보장함과 동시에 경제의 디지털 전환을 지원하기 위해 유럽의 과학적 우수성 및 산업적 강점을 제고할 수 있도록 유럽 슈퍼컴퓨팅 분야에서의 EU 및 EuroHPC 참여국가들 간 협력 추진

- 2021년부터 2027년까지 HPC 사용 및 기술 확대, 세계적 수준의 슈퍼컴퓨팅 생태계 개발, HPC 및 양자컴퓨팅, 데이터 자원 간 상호연결 등을 위해 약 70억 유로의 예산 책정·지원

- 여러 지원활동 중 기계 및 애플리케이션 운영·사용·개발 가능한 전문인력의 가용성 보장을 위해 관련 교육 및 훈련활동 지원도 포함

○ 2022년에는 인력양성을 위한 활동으로 2가지의 HPC 교육활동에 자금 지원

- (핵심 역량분야에 직무 배치*) 디지털 관련 필수 고급기술 습득 및 디지털 경력자 양성을 위해 학습과정에서 습득한 디지털 기술 적용 및 업무 경험 기회를 제공하는 프로그램으로, 2022년 기준 1,000만 유로 지원

* 'Digital Opportunity Traineeships'를 기반으로 처음 2년간 HPC 전문기술 교육 실시

- (사용자 포럼 프로젝트) HPC 사용자 포럼 참가자 범위에 HPC 미래 사용자도 포함하기 위해 사용자 포럼 범위 관련 정책 문서를 개발하고 미래 사용자의 요구사항을 파악하는 활동에 2022년 기준 100만 유로 지원

- HPC우수센터(CoEs)*, 국립HPC역량센터(NCCs)*, 디지털 혁신허브(EDIHs)*, 대학, 고등교육기관, 슈퍼컴퓨팅센터, HPC 영역 내에서 전문성 입증한 전문교육제공업체 등에서 교육활동 주로 수행

* 교육활동 관련 주요 기관명

HPC우수센터	European HPC Centers of Excellence
국립HPC역량센터	National Competence Centres for High Performance Computing
디지털 혁신허브	European Digital Innovation Hubs

<표 26> 유럽 HPC 관련 주요 기관별 역할 및 교육활동

HPC우수센터	국립HPC역량센터	디지털 혁신 허브
엑사스케일 컴퓨팅 기능 사용 촉진 및 산학계에서 고급 HPC 채택 확대 위한 전문교육 등	슈퍼컴퓨팅센터 네트워크화 및 공용자원화, HPC 관련 기술 및 전문지식에 대한 인식 제고 강조	디지털 기술 전문지식 및 실험 접근, 기술 테스트, 디지털 전환 관련 자금조달 조언, 교육 등
HPC 소프트웨어 응용 프로그램 사용자 및 개발자 커뮤니티 구성원 모두를 대상으로 HPC 교육 제공 <ul style="list-style-type: none"> • HPC 소프트웨어 교육 템플릿 개발 • HPC 교육 커뮤니티 위한 워크숍 개최 • 웨비나 및 튜토리얼 제공 	C++ 또는 Open MP 관련 초급부터 전문과정까지 단계별 교육 프로그램 제공 <ul style="list-style-type: none"> • (수준) 초보자, 중급자, 고급자 • (대상) 연구 및 학계, 산업, 공공영역, 일반 대중 	HPC, AI, 사이버 보안·신뢰, 고급 디지털 기술, 배포·디지털 역량의 최적 사용·상호운용성 등의 전문성 공유경험을 웨비나, 기사, 보고서, 모범사례 등의 자료로 제공

□ (ETP4HPC*) HPC분야의 유럽 기술 플랫폼(ETP)으로, HPC 기술 제공 측면에서 HPC 교육·훈련을 포함한 연구 우선순위 및 실행계획 도출

* European Technology Platform for High Performance Computing

- 2012년 설립된 기술 플랫폼으로 EuroHPC JU 기관의 민간파트너이며, 유럽 HPC 생태계를 강화하기 위한 다양한 시스템 개발·제안
 - 유럽 전역에서 활동하는 HPC 기술개발자, HPC 사용자, 대기업 및 중소기업 관계자, HPC 연구기관 연구자, 산업용 HPC 사용자 등 HPC 생태계의 다양한 이해관계자들이 주요 회원
 - 유럽의 고성능컴퓨팅 역량 강화 및 경쟁력 확보를 위해 고성능컴퓨팅 관련 연구 우선순위 선정, 규정 정비, 프로그램 내용 제안 등의 아이디어를 적극적으로 제공하는 싱크 탱크 역할 수행
 - 교육 및 훈련 관련 활동으로는 유럽의 HPC 생태계 성장에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 활동 도출·추진

<표 27> 유럽 HPC 교육·훈련 관련 ETP4HPC 활동목표

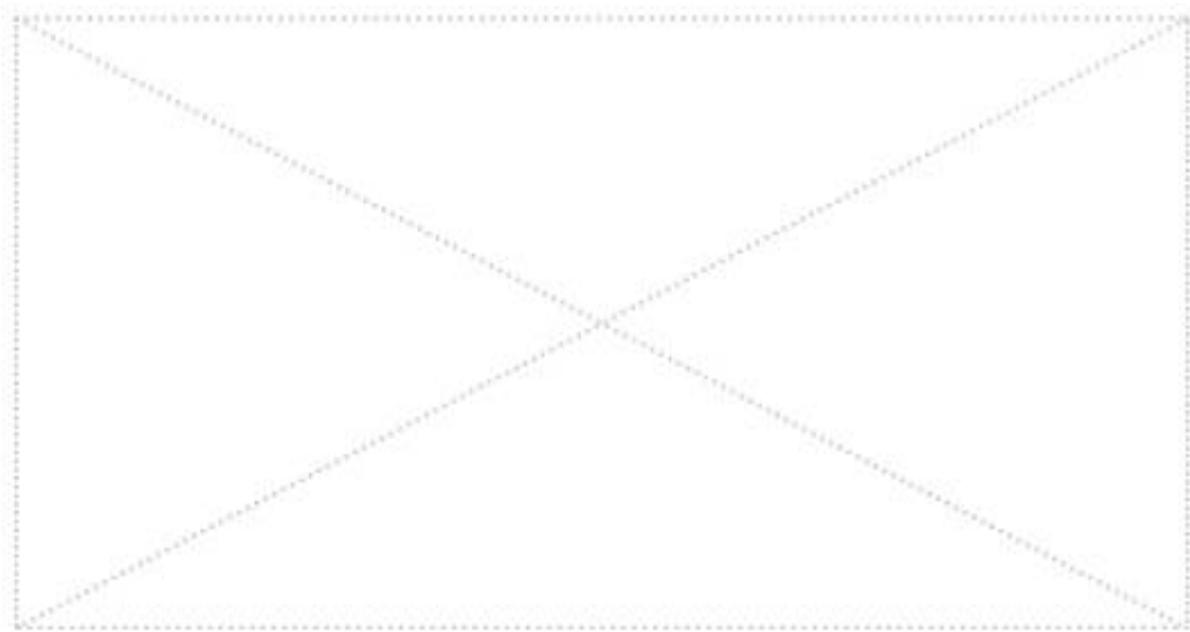
<ul style="list-style-type: none"> • HPC 교육·훈련에 관심 있는 모든 조직과 소 • 교육자료 내용 및 범위 개선 • 교육·훈련 자재 및 시설 관련 접근성 향상 • 연구 주제로서 HPC 및 광범위한 컴퓨팅 기술 관련 전반적인 관점 개선 • HPC 교육·연구와 연관된 학계, 상업·산업계 조직의 커뮤니티 지원 및 범위 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • HPC 교육 관련 자금 지원 및 기타 지원 활동 확대 노력 • 개인 및 의사결정자 중심 교육대상 범위 확대(특히, 산업계 및 청소년 중심으로) • 고등학생에서 석박사, 특히 산업계 사용자 및 비즈니스 의사 결정자에 이르기까지 교육·훈련 동기 부여 및 인식 관련 노력
---	--

* Short report on education and training workgroup(ETP4HPC Newsletter, 2014)

- ETP4HPC은 다양한 데이터 생성장치와 활발히 상호작용하며 컴퓨팅 인프라를 활용하는 현실에 따라 공공 및 민간 이해관계자들의 HPC 교육 요구사항을 시간과 공간

측면에서 다음과 같이 파악

- (공간) 이해관계자의 다양성 및 가치사슬의 다양한 단계를 기준으로 ①공공연구, ②인프라 및 서비스, ③용도 및 사용자, ④민간기업 포함
- (시간) 경력·교육 단계별 일정 및 수요를 기준으로 ①초기 교육, ②실무자를 위한 단기 기초·고급교육, ③직업 훈련을 목표로 한 심층교육 포함
- 디지털 전환 시대흐름에 따라 다양한 분야에 활용되는 컴퓨팅 인프라 환경을 고려하여 광범위한 HPC 전문인력 범주 및 교육과정 도출
 - HPC 전문인력의 범주를 ‘컴퓨터 인프라 설계자’, ‘복잡한 HPC 및 HPDA 설치 관리자’, ‘HPC 소프트웨어 전문가’, ‘데이터분석가·과학자·엔지니어’로 제안하지만, 각 범주간 엄격한 분리는 지양
 - HPC 교육과정으로는 업무경험 쌓기 전 학업을 통한 교육과정부터 경력을 이어나가면서 갖추어야 할 역량들을 확보할 수 있는 교육과정 등을 포괄한 총 8개의 교육과정 제안



* Education and Training in the area of HPC(ETP4HPC, 2020) 일부내용 재구성

[그림 31] ETP4HPC가 제안하는 HPC 전문인력 범주 및 교육과정

□ (EUMaster4HPC*) 유럽 HPC 교육활동을 선도하는 컨소시엄으로 세계적 수준의 유럽 HPC 생태계를 보다 강화시키기 위해 HPC 교육·훈련역량 향상 관련 프로젝트 추진

* HPC European Consortium Leading Education Activities

- EuroHPC JU로부터 자금을 지원받아 범유럽 HPC 마스터 프로젝트를 설계 및 구현하기 위한 교육 활동 주도하는 HPC 유럽 컨소시엄
 - 유럽 전역의 HPC 공동 커리큘럼을 규정하고 HPC의 유럽 생태계를 활용·강화하는 협업 네트워크 구축하는 역할을 수행하며, 유럽 대학, 연구·슈퍼컴퓨팅센터, 산업 파트너로 구성
 - 유럽 디지털 혁신을 주도하는 HPC 전문가(관리자, 설계자, 유능한 데이터 과학자, 애플리케이션 개발자, 전문사용자 등) 및 숙련되고 재능 있는 대학원생 대상 고등교육 프

- 로그래밍 개발에 총 7백만 유로 예산 지원
- 유럽 전역의 많은 대학에서 보유한 전문지식을 수집 및 적용하여 HPC 교육품질 표준 제공에 주력
 - 문제 해결 위한 고성능 솔루션 중심으로 디자인 커리큘럼, 학습 계획, 자료 및 방법론 개발 등 수행
 - 학생 대상으로 현세대·차세대 HPC 설계, 배포, 운영, 사용 및 HPC 관련 기술 등의 분야 교육 실시
 - 전문가 대상으로 다양한 전략분야에서 HPC 채택 및 지식 이전을 주도에 숙련된 인재들 간 산학계 HPC 활동 연계 가능하도록 교육 실시
- 컨소시엄에서 공동개발한 교육·훈련도구를 기반으로 일부 대학 대상 EU HPC 마스터 파일럿 프로젝트 추진
 - 산학계의 HPC 활용 가속화를 위해 필요한 전문지식을 제공하는 프로젝트 개발
 - HPC 마스터 파일럿 구현을 통해 얻은 경험을 바탕으로 타 대학에서도 채택 가능하도록 공동작용할 수 있으면서 체계적인 접근방식 제공
 - 2022년 9월부터 8개* 대학에서 EUMaster4HPC 과정을 제공할 예정이며, 이를 통해 학생, 교사 및 산업전문가 간 이동성 및 상호지원 강화 기대
 - * 룩셈부르크, 스페인, 이탈리아, 독일, 프랑스, 불가리아, 스위스, 스웨덴에 위치한 대학

다. 일본

- (제6기 과학기술·혁신기본계획) 일본사회를 혁신하는데 연구문화 전반을 바꾸려는 노력 강조하면서, ‘인재 양성’ 관련 다양한 제도 개혁방안 마련
- 「제6기 과학기술·혁신기본계획(2021~2025)」에서 과학기술정책 영역에 인문과학 관련 과학기술 포함 및 혁신개념을 강조하면서, 융합지식·인재 개발에 대한 투자 확대
 - 「과학기술·혁신기본법」에 근거하여 수립한 국가계획으로, 초 스마트 사회인 ‘Society 5.0*’ 실현을 위해 5년간 총 30조 엔의 정부연구개발비 투자 예정
 - * 「제5기 과학기술기본계획(2016~2020)」에 등장한 용어로, 가상공간 및 실제사회의 융합된 미래사회를 구현하기 위한 노력 총칭
 - 세계 최고 수준의 연구역량 확보를 위해 여러 방면에서 탁월한 지식을 창출하는 연구환경 조성, 다양한 연구 기회가 제공되는 문화 정착, 대학 변혁과 함께 사회문제 과제 대처 및 새로운 가치 창출 능력 보유한 인재 육성 등을 중심으로 지식·인재 개발 추진
- 일본이 세계의 변화 흐름에 부응하면서도 전지구적 과제 발굴·해결 역량을 확보하여 지속적으로 발전할 수 있도록 하기 위한 방안 중 하나로 ‘우수한 연구인재 양성’ 중시 및 연구문화 전반에 걸쳐 교육제도 개혁 추진
 - 정책방향으로 ‘사회변혁’과 함께 ‘연구역량 강화’, ‘교육·인재 양성’을 제시하여 융합지식·인재 개발을 위한 구체적인 대처방안 수립
 - ‘연구역량 강화’ 측면에서는 연구환경 재구축, 新연구시스템 구축, 대학기능 확장을 중심으로 인재 개발방안 마련
 - (연구환경 재구축) 불안정한 고용, 연구시간 감소, 여성 연구자의 저조한 연구 참여율 등의 문화 개선 위해 산학연계 장기유급 인턴십 과정, 산학 우수인재 매칭구조, 외부

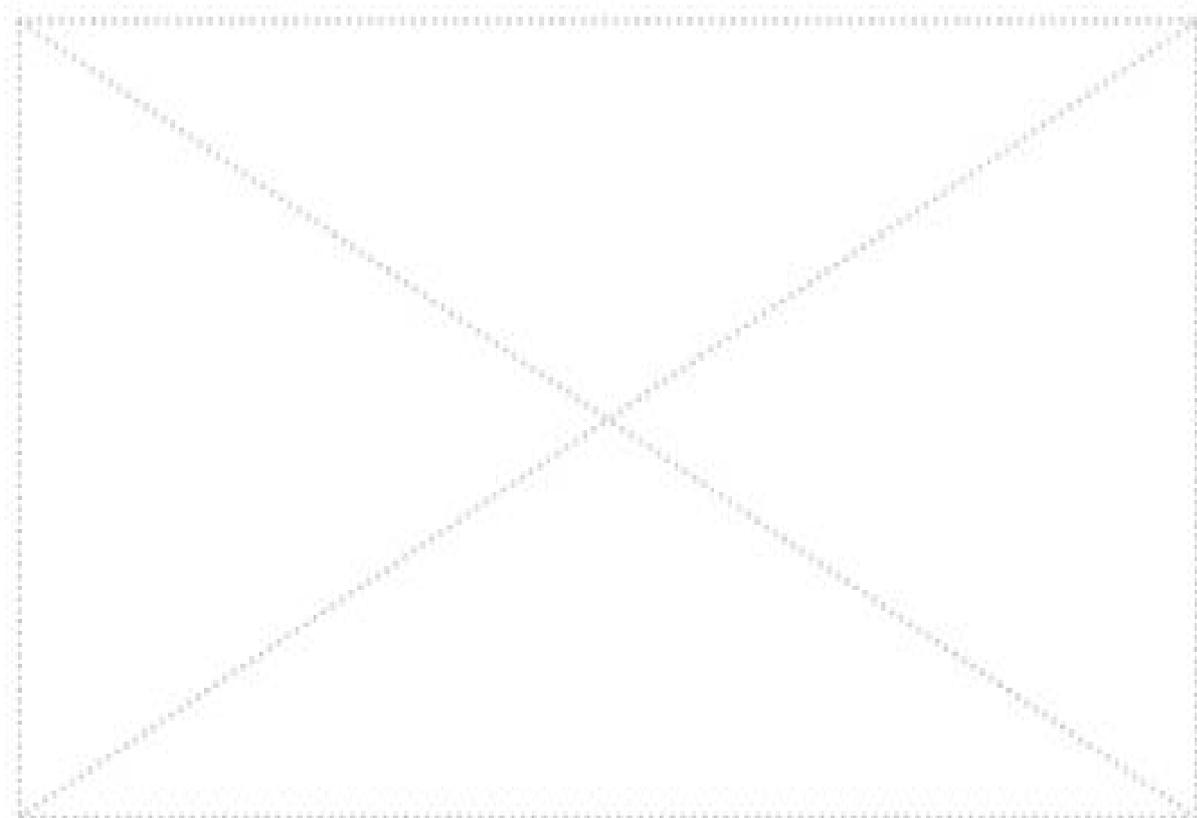
자금 활용한 고용임기보장제도, 박사과정 수료자 고용상황 및 처우 등에 대한 추적조사, 여성 연구자 커리어 패스, 신흥·융합영역 기초연구 및 협력연구, 국제연구네트워크 등 개발·추진

·(新연구시스템 구축) 디지털 전환 흐름 부응 및 우수한 연구인프라 활용 위해 슈퍼컴퓨터인 후가쿠(Fugaku) 공용 진행 및 증강, 초고속·대용량 네트워크(SINET) 증강, 다양한 주체(NPO·NGO, 스타트업, 시민 등)와의 지식 창출·융합연구 프로젝트 등 추진

·(대학기능 확장) 과감한 대학 개혁방안의 일환으로 STEAM* 핵심인재 배출, 세계적인 연구성과 창출 등을 위한 10조엔 규모의 대학펀드 창설, 특정 국립 R&D법인을 중심으로 세계 최고수준의 R&D 성과창출 혁신시스템 구축 등 추진

* 과학(S), 기술(T), 공학(E), 예술(A), 수학(M) 학문영역이 유기적으로 융합되는 교육

- ‘교육·인재 양성’ 측면에서는 새로운 가치를 창출하는 인재 배출 및 교육·인재육성시스템 실현을 위한 교육 콘텐츠 개발, 국제 과학 콘테스트 지원, 고교생의 산학연 및 기업 연계한 연구 참여 및 지역·글로벌 사회과제 해결 경험 확보, 혁신인재육성 환경 정비 관련 실태조사 실시 및 모범사례 발굴, 사회인 재교육 파급효과 평가지표 개발, 지역 산업계 요구 대응하는 사회인 교육 프로그램 개발 등에 주력

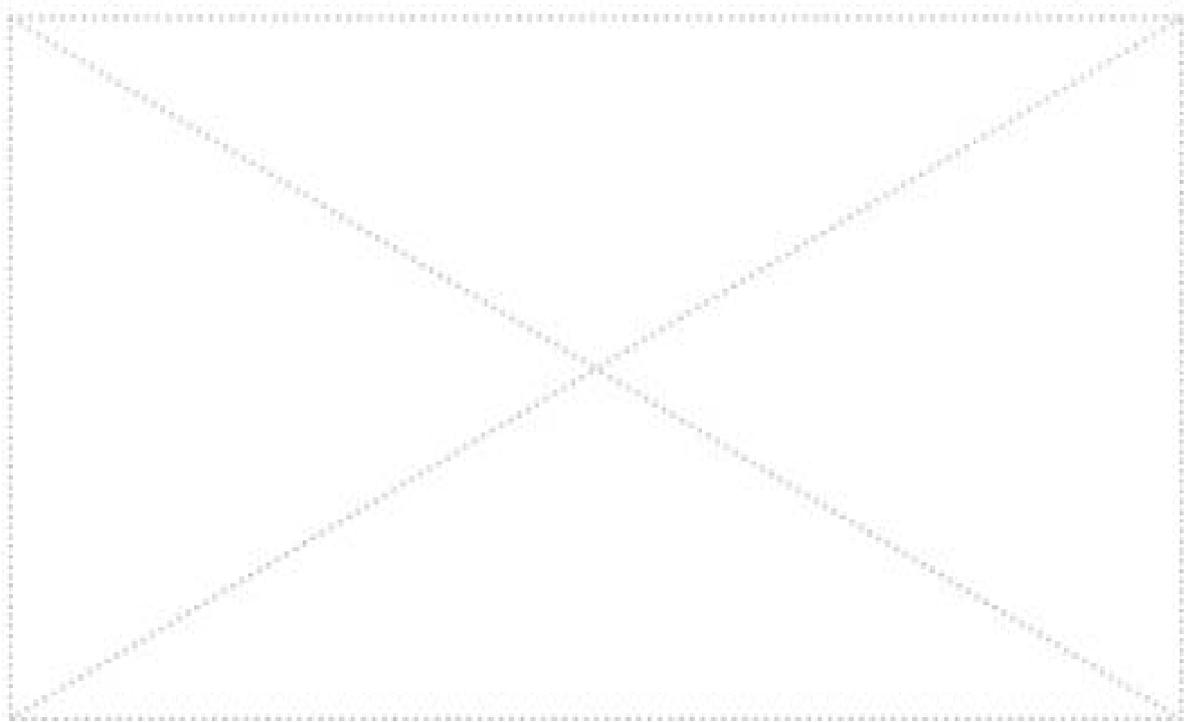


* 출처: 일본의 「제6기 과학기술·혁신기본계획」 주요 내용과 시사점(KISTEP, 2021) 내용 재구성

[그림 32] 일본 「제6기 과학기술·혁신기본계획」 ‘연구역량 강화’ 및 ‘교육·인재 양성’ 관련 주요 대책방안

□ (AI전략) 코로나19 영향으로 일상 변화 및 디지털 대전환 요구에 따라 AI 개발·활

- 용 능력을 핵심역량으로 파악하여 AI 인재양성 정책 추진
- 통합혁신전략추진회의를 통해 AI사회의 3대 이념(인간 존엄성, 다양성, 지속가능성)을 제시하고, AI사회 실현을 위한 「AI전략 2019 - 사람, 산업, 지역, 정부 모두의 AI」 발표('19.3)
 - 「AI전략 2019」는 산업경쟁력 강화, 기술체계 확립, 글로벌 네트워크 구축과 함께 AI 시대의 인재 육성 및 유입 유도를 전략목표로 제시
 - 모든 국민이 디지털 사회에서의 문해력인 '수학·데이터사이언스·AI' 역량을 기본 소양으로 갖출 수 있는 교육개혁과 관련하여 구체적인 정책 추진*
 - * ①(기본소양) 다양한 인재를 교원으로 등용 및 학생 1인 1단말기 보급, ②(응용기초) AI 및 전문분야 복수전공 장려, ③(전문가) 젊은층의 해외도전 확대 및 AI 실전문학교 제도 추진, ④(인정제도) 우수한 교육프로그램을 정부가 인정하는 제도 구축 등



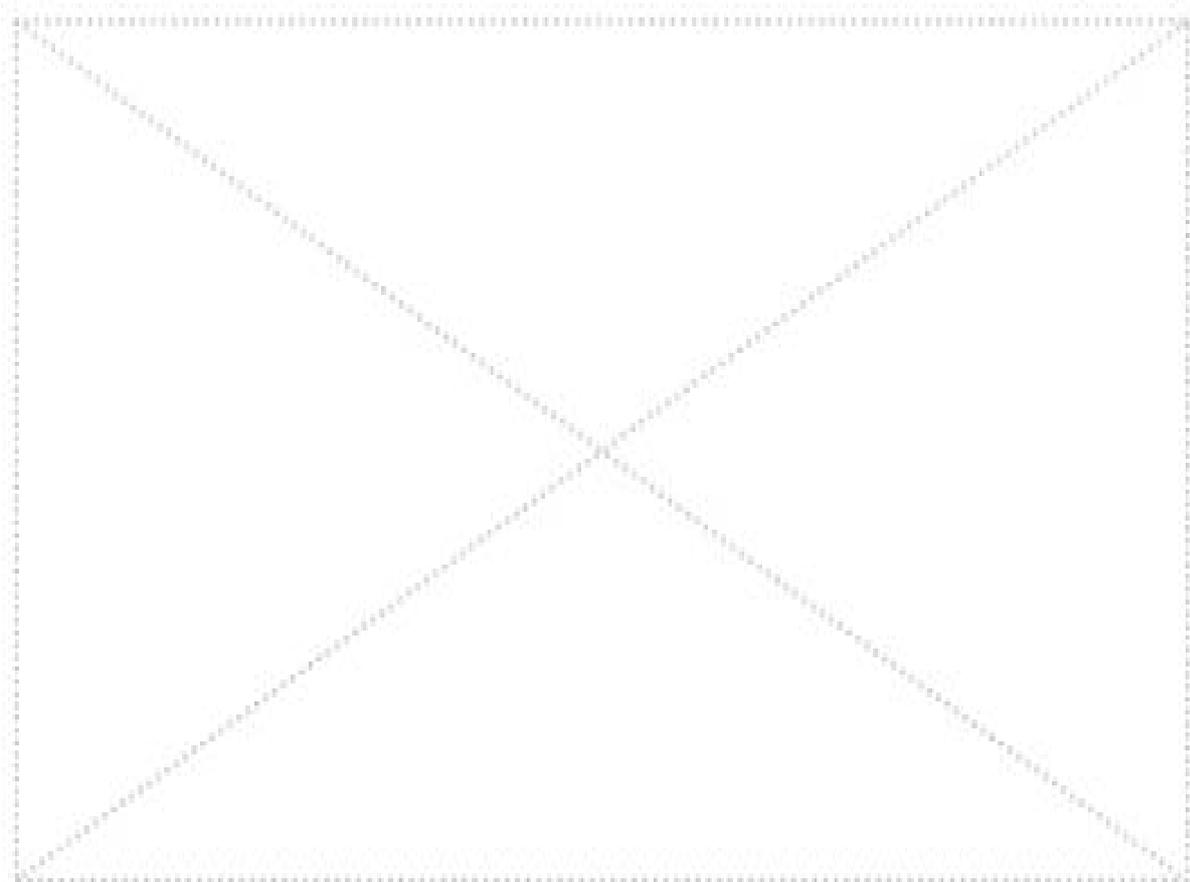
* 출처: 일본의 인공지능 전략 동향 : AI전략 2019(SPRI, 2019)

[그림 33] 일본 「AI전략 2019」 내 교육관련 정책 방향

- 이후에도 AI전략을 지속적으로 업데이트해왔으며, 현재는 「AI전략 2022」를 통해 2025년까지 가시적인 인재양성 성과 확보를 목표로 교육개혁 추진 중
 - 교육개혁 정책을 추진하여 '수학·데이터사이언스·AI 교육 프로그램 인정 제도(리터러시 레벨) 진행('21.8월까지 78건 인정), '인지능연구개발 네트워크' 설치('21.9월 기준 116기관 참가) 등의 가시적인 성과 확보 중
 - 제6회 AI전략실행회의에서 「AI전략 2019」 후속방안 마련('20.6), 전염병 및 대규모 재해 위험 고려한 새로운 AI전략 수립 필요성이 제기됨에 따라 '임박한 위기 대처'를 전략목표에 포함한 「AI전략 2021*」 수립('21.6) 이후, 2022년 일본 현실을 반영하여 AI 사회 구현 앞당길 「AI전략 2022」 발표('22.4)
 - * 'GIGA 스쿨 구상' 실현 위해 전국 ICT 환경정비 및 단말기 활용현황 조사 등의 교육

정책 추진

- 「AI전략 2022」에서는 디지털 사회의 기본 지식인 수학·데이터 사이언스·AI 관련 지식·기술, 사회의 새로운 방식 설계 및 제품·서비스 설계에 필수적인 기본 능력을 습득한 인재가 2025년에는 사회의 모든 분야에서 활약할 수 있도록 교육대상 및 교육과정별 구체적인 정책목표 및 정책방안 수립



* 출처: AI戰略 2022(統合イノベーション戰略推進會議, 2022) 교육개혁 정책내용 재구성

[그림 34] 일본 「AI전략 2022」 교육개혁 관련 주요 정책방안

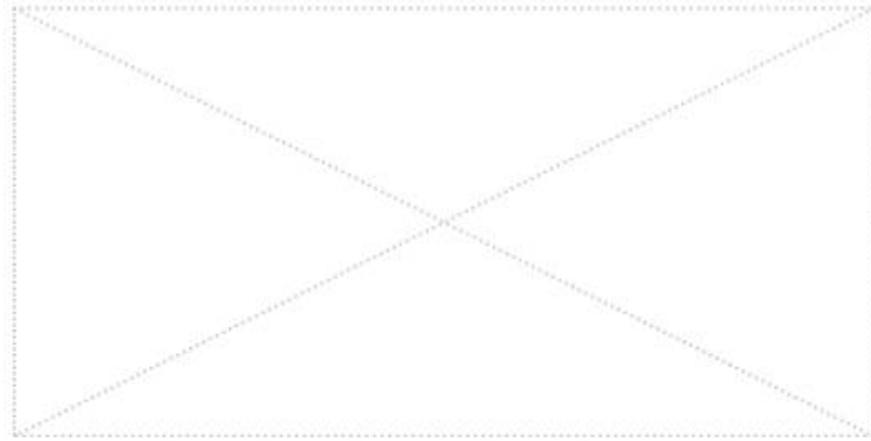
제2절 초고성능컴퓨팅 관련 국내 현황

1. 초고성능컴퓨팅 정책 현황

가. 국내 관련 정책 현황

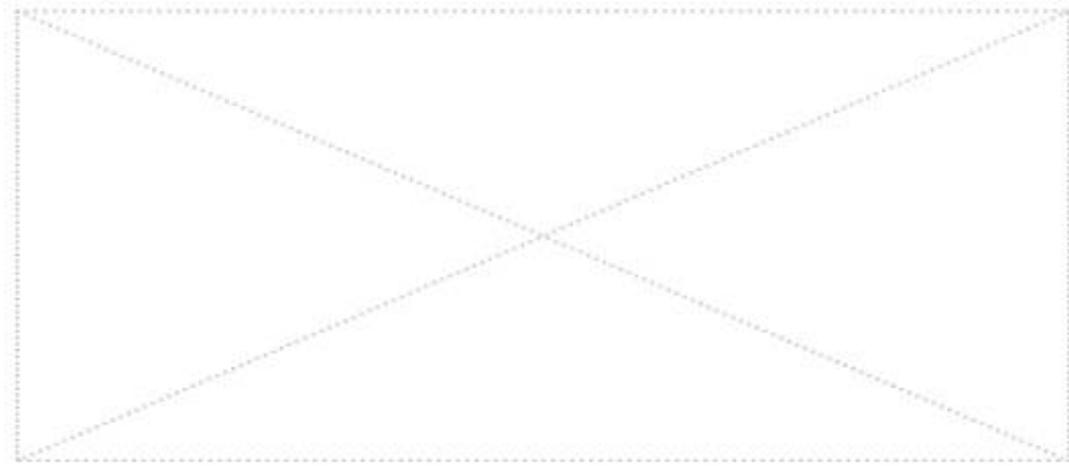
- 국내 초고성능컴퓨팅 공동활용 정책은 2011년 이후 관련 정책기반이 마련되고 활용 및 육성을 적극적으로 추진해왔음
- 초고성능컴퓨팅 관련법이 제정되기 전까지는 과학기술 관련법에 근거하여 연구인프라 구축사업의 일환으로 초고성능컴퓨터 도입 추진
 - 「산산망보급확장과 이용촉진에 관한 법률(1986)」에 근거하여 우리나라 최초의 초고성능컴퓨터를 도입('88)
 - 「과학기술혁신 5개년계획(1997~2001)」을 통해 국가차원의 연구개발 활동에 제도적·재정적 지원이 이루어짐
 - 「과학기술기본법(2001)」에 근거하여 정부는 대학 및 출연(연) 등의 연구기자재를 포함한 기타시설 등을 정비하고 이를 첨단화하기 위한 노력을 지속적으로 추진(제28조)
 - 「과학기술기본계획(2002~2006)」에 근거하여 과학기술 인력, 투자 등을 통해 국가 과학기술개발 역량을 강화
- 초고성능컴퓨터가 국가 경쟁력의 핵심요소로 부상함에 따라 '국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률'을 제정하고('11), 기술개발 및 활용, 인프라 구축 등 국가차원의 전략을 마련함
 - '11년 초고성능컴퓨터법이 제정됨에 따라 이에 근거하여 초고성능컴퓨팅자원의 정의 및 일반적인 정부의 역할 외에, 국가센터에 대한 인프라 구축·운영 역할 및 정부의 지속적 투자 의무 등을 규정
 - 국가 초고성능컴퓨터의 효율적인 구축과 체계적인 관리를 통하여 지속가능한 활용을 도모하고 과학기술 발전 기반 조성으로 국민의 삶의 질 향상과 국가경제 발전에 이바지함을 목적으로 함
- '11년 초고성능컴퓨터법 제정 이후, 법에 따라 5년 단위 「국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획」을 2차례 수립('13, '18)
- '12년 국가 초고성능컴퓨팅 역량 강화를 위해 초고성능컴퓨팅 자원 확보, 사회 전반의 활용 확대 측면에서 '국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획('13~'17)'을 수립
 - '11년 제정된 법률에 따라, 초고성능 컴퓨팅 원천기술 부재, 응용 및 활용의 한계 극복을 위해 국가차원의 발전전략을 마련하기 위하여 기본계획을 수립
 - '13년 미래창조과학부는 초고성능컴퓨터를 포함한 연구장비·시설의 공동활용 촉진을 위한 '국가연구시설·장비 실태조사 결과 및 이용 효율화 종합대책(안)' 수립 및 추진함
- '17년 '제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획('18~'22)' 수립하여, 국가 초고성능컴퓨팅 육성정책의 기본방향 및 목표, 초고성능컴퓨팅 자원의 확보·배분, 공동활용 등에 대한 사항을 제시

- 국내 초고성능컴퓨팅 역량 강화를 위해 2차 기본계획을 수립하였으며, 2차 기본계획을 기반으로 I-KOREA 4.0을 뒷받침 하고 4차 산업혁명을 주도해 나갈 것을 계획함



[그림 35] 제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획('18~'22) 추진전략

- ‘인프라 확충’, ‘기술력 확보 및 산업화 기반 마련’, ‘활용 활성화’ 3대 전략, 8개 과제를 추진을 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략 발표('20)
- 4차 산업혁명시대를 맞아 우리나라를 초고성능컴퓨팅 강국으로 이끌기 위해 관계부처 합동으로 「국가초고성능컴퓨팅 혁신전략」 발표(제36차 비상경제 중앙대책본부 회의)
- “초고성능컴퓨팅 강국 도약으로 4차 산업혁명 퀀텀점프 실현”을 비전으로 설정하고, 2030년까지 컴퓨팅과워 5위, 선도기술 24개 확대 및 신서비스 10개 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 강국 도약을 목표로 제시
- 초고성능컴퓨팅 전략분야 중심으로 기반(인프라)-기술-활용 간 발전적 연계를 ‘전략적 틀’로 하는 3대 전략과제와 8대 실행과제 제시
 - 10대 전략분야 : ①소재·나노, ②생명·보건, ③정보통신기술, ④기상·기후·환경, ⑤자율주행, ⑥우주, ⑦핵융합·가속기, ⑧제조기반기술, ⑨재난·재해, 국방·안보 분야
 - 중점추진과제 : 3대 전략과제 및 8대 실행과제



[그림 36] 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략의 중점추진과제 구조

나. 기타 법적 근거

□ 「과학기술기본법」

○ 과학기술기본법 제 16조의 5(성장동력의 발굴·육성)

- 정부는 과학기술에 기반을 둔 성장동력을 발굴·육성하기 위하여 필요한 시책 수립 및 추진

○ 과학기술기본법 제 28조(연구개발 시설·장비의 확충·고도화 및 관리·활용)

- 정부는 제1항에 따른 연구개발 시설·장비의 확충·고도화, 관리·운영·공동활용 및 처분을 추진하기 위하여 필요한 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 이를 지원할 기관을 지정하고 그 운영에 필요한 경비 지원 가능

□ 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」

○ 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제10조와 제16조는 기초연구사업 관련 연구시설·장비의 공동활용 촉진에 관한 사항을 명시함

- 동 법 제7조는 대학의 연구시설 지원과 공동활용을 위한 정책의 마련을, 제8조는 대학 연구시설 확충에 관한 사항을 규정함

기초연구진흥 및 기술개발에 관한 법률

제7조(기초연구진흥정책 등) 정부는 기초연구의 진흥을 위한 여건을 조성하기 위하여 기초연구에 관한 다음 각 호의 정책을 마련하여야 한다.

(중략)

4. 대학의 연구시설 및 기자재 지원

5. 대학부설연구소 및 우수연구집단 형성 지원

6. 대학, 국공립연구기관, 제6조제1항제1호에 따른 정부출연연구기관 및 제14조제1항제2호에 따른 기업부설연구소와의 공동연구, 인력교류, 연구시설·장비 공동활용 등 산업계·학계 및 연구소 간의 교류 촉진

제8조(대학의 기초연구환경 조성) 정부는 대학의 기초연구를 활성화하기 위하여 교수 확보 및 대학연구시설 확충 등 기초연구환경 조성에 필요한 조치를 우선적으로 마련하여야 한다.

제10조(연구 시설·장비 공동활용 촉진) 제6조에 따른 기초연구사업을 수행하는 기관 또는 단체의 장은 기초연구 관련 분야 연구자가 소속된 기관의 장으로부터 기초연구사업을 수행하는 기관 또는 단체가 소유하고 있는 연구 시설·장비의 활용 요청을 받으면 그 연구자가 연구 시설·장비를 활용할 수 있도록 적극 협조하여야 한다.

다. 관련 상위 계획

- 「현 정부 국정운영 5개년 계획」은 ‘공정과 상식’에 맞게 대한민국의 대변화를 견인하고, 불확실한 국제정세 속에서 산업화와 민주화를 이룩한 위대한 국민의 성취를 바탕으로 대한민국의 재도약을 명시함
- (개요) 정부 정책운영의 정합성과 일관성을 유지하기 위해 향후 5년간 국가 정책의 기본방향을 설계하고 구체적인 세부 정책을 제시함
- (기본방향) ‘다시 도약하는 대한민국, 함께 잘 사는 국민의 나라’라는 국가 비전 달성을 위해 6대 국정 목표를 제시하고, 경제의 중심을 기업과 국민으로 전환하여 성장과 복지가 공정하게 선순환하는 경제시스템을 지향함
- 제조업 등 주력산업을 혁신하고, 반도체·AI·배터리 등 미래전략산업의 초격차 확보를 위해 제시함
 - (디지털 혁신) 가상 협업공장 구축, 제조현장의 로봇 개발·보급 등을 통해 생산 공정의 최적화 및 산업데이터 플랫폼 구축과 업종별 디지털연대의 확산으로 새로운 비즈니스 모델 창출 등 산업의 부가가치를 향상
 - (경제안보 확보) 반도체, 배터리 등 국가첨단전략산업 성장기반 마련
 - (사회문제 해결) 팬데믹·인구구조·기후위기 등 문제해결형 신산업 육성을 통해 백신·레드바이오·융합바이오 등 신산업 관련 규제 완화, 제도·인프라 구축 및 수소, CCUS 등 탄소중립·미세먼지 대응 에너지신산업 조기 상용화

<표 28> 국정운영계획 중 관련된 국정과제

[국가 비전] 다시 도약하는 대한민국, 함께 잘 사는 국민의 나라	
[6대 국정 목표] 2. 민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제	
[약속 05] 핵심전략산업 육성으로 경제 재도약을 견인하겠습니다	
	23. 제조업 등 주력산업 고도화로 일자리 창출 기반 마련
	<ul style="list-style-type: none"> - (과제목표) 디지털·그린 전환 등 산업경쟁력 원천 변화에 대응하여 제조업 등 주력산업을 혁신하고, 일자리 창출기반을 강화 - (세부과제 : 디지털 혁신) 디지털 기술의 접목으로 주력산업의 생산성·부가가치 혁신
	24. 반도체·AI·배터리 등 미래전략산업 초격차 확보
	<ul style="list-style-type: none"> - (과제목표) 경제안보, 국가경쟁력과 직결되는 첨단산업을 미래전략 산업으로 육성 - 반도체, AI, 배터리 등 미래전략산업의 超격차 확보 및 新격차 창출 - (세부과제 : 인재양성 강화) 미래전략산업을 이끌어갈 인재양성 생태계 구축

- 글로벌 시장선도와 국익·안보 확보를 위한 초격차 전략기술을 육성하여 과학기술 G5 도약과 AI·데이터·클라우드 등 핵심기반을 강화하고 민·관 협력을 통한 디지털 경제 패권국가 실현
 - (전략기술 투자확대) 경제성장과 안보 차원에서 주도권 확보가 필수적인 전략기술*을 지정하여 디지털 바이오 육성 및 양자기술 강국 도약을 위한 양자기술·산업 기반 조성 추진
 - * 예) 반도체·디스플레이, 이차전지, 차세대 원전, 수소, 5G-6G, 바이오, 양자, AI·로봇 등
 - (초연결 인프라) 전략기술·산업의 신속한 융합성장 촉진을 위한 5G·6G, 양자 암호통신망, 위성항법시스템(KPS), 슈퍼컴 등 초연결 과학기술 인프라 구축
 - (초일류 인공지능 국가) 최고 수준의 인공지능 기술 확보를 위해 대규모의 도전적 AI R&D를 추진하고, AI의 핵심 두뇌인 AI반도체 육성을 추진('22~)하여 AI 활용을 지원하는 세계적 컴퓨팅 인프라* 구축
 - * 광주 AI특화 데이터센터 및 차세대 슈퍼컴 도입('23~)하고 재난안전·교육·복지 등 분야

<표 29> 국정운영계획 중 본 사업과 관련된 국정과제

[국가 비전] 다시 도약하는 대한민국, 함께 잘 사는 국민의 나라	
[6대 국정 목표] 4. 자율과 창의로 만드는 담대한 미래	
[약속 14] 과학기술이 선도하는 도약의 발판을 놓겠습니다.	
75. 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약	<ul style="list-style-type: none"> - (과제목표) 기술패권 경쟁시대, 글로벌 시장선도와 국익·안보 확보를 위해 필수적인 육성에 국가적 역량을 결집함으로써 과학기술 5대 강국 도약 - (세부과제 : 전략기술 투자확대) 경제성장과 안보 차원에서 주도권 확보가 필수적인 전략기술을 지정하여 초격차 선도 및 대체불가 기술확보를 목표로 집중 육성 <ul style="list-style-type: none"> · 범부처 민관합동 회의체를 중심으로 전략 로드맵을 수립하고, 전략기술 육성을 위한 R&D 투자확대, 중장기 프로그램형 R&D 등 전략기술 발굴 기반 마련 · 바이오 대전환에 대응한 디지털 바이오 육성 및 양자기술 강국 도약을 위한 양자기술·산업 기반 조성 추진 - (세부과제 : 초연결 인프라) 전략기술산업의 신속한 융합성장 촉진을 위한 5G·6G, 양자암호통신망, 위성항법시스템(KPS), 슈퍼컴 등 초연결 과학기술 인프라 구축 - (세부과제 : 전략적 국제협력) 美·EU 등 선도국과의 기술별 협력전략을 마련하여 국제공동연구, 핵심인재 유치, 글로벌 거대연구 인프라 공유 등 국가 간 협력 강화 <ul style="list-style-type: none"> · (양자) 美·EU 등 기술공동연구센터 설치, (감염병) 아시아-태평양 감염병 실드(APIS) 신설 등
77. 민·관 협력을 통한 디지털 경제 패권국가 실현	<ul style="list-style-type: none"> - (과제목표) 전 세계적인 디지털 전환과 기술패권 경쟁 속에서 민·관의 역량을 결집하여 국가·사회 디지털 혁신의 근간인 AI·데이터·클라우드 등 핵심기반을 강화하고, 메타버스·디지털플랫폼 등 신산업을 육성하여 디지털 경제 패권국가로 도약 - (세부과제 : 초일류 인공지능 국가) 최고 수준의 인공지능 기술 확보를 위해 대규모의 도전적 AI R&D를 추진하고, AI의 핵심 두뇌인 Si반도체 육성 추진('22) <ul style="list-style-type: none"> · 대학·중소기업 등의 AI 활용을 지원하는 세계적 컴퓨팅 인프라를 구축(광주 Si특화 데이터센터 및 차세대 슈퍼컴 도입, '23)하고, 재난안전·교육·복지 등 전 분야에 AI 전면 적용('22)을 통해 AI 융합 확산

- 디지털·AI 등 역량을 갖춘 신산업·신기술 분야의 핵심인재를 적기에 양성하고 디지털 대전환에 대응한 SW·AI 및 디지털 교육기반 조성을 제시함
 - (디지털 인재양성) 결손인원 등을 활용한 첨단분야 학과 신/증설 및 대학원 정원기준 유연화, 대학정책과 연계한 신산업 인재양성 기본계획 수립 등 대학내외 자원을 활용한 디지털 및 메타버스·반도체 인재양성
 - 대학내 부트캠프 설치, 산업계 수요 기반 및 융복합 교육과정 운영, 대학 간 공유체계 활성화
 - (민관협력 강화) 기업 설계 교육과정 이수 후 채용과 연계하는 '디지털 인재얼라이언스' 운영, 국내외 인력 활용을 위한 K-디지털 글로벌 네트워크 구축

<표 30> 국정운영계획 중 본 사업과 관련된 국정과제

[국가 비전] 다시 도약하는 대한민국, 함께 잘 사는 국민의 나라	
[6대 국정 목표] 4. 자율과 창의로 만드는 담대한 미래	
[약속 15] 창의적 교육으로 미래 인재를 키워내겠습니다	
81. 100만 디지털인재 양성	<ul style="list-style-type: none"> - (과제목표) 디지털·AI 등 역량을 갖춘 신산업·신기술 분야의 핵심인재를 적기 양성 - 4차 산업혁명 시대, 디지털 대전환에 대응한 SW·AI 및 디지털 교육 기반 조성 - (세부과제 : 디지털 인재양성) 대학내의 자원을 활용한 디지털 및 메타버스·반도체 인재양성 <ul style="list-style-type: none"> · 결손인원 등을 활용한 첨단분야 학과 신·증설 및 대학원 정원기준 유연화, 대학정책과 연계한 신산업 인재양성 기본계획 수립 · 디지털 분야 취업을 희망하는 대학생을 위해 대학내 부트캠프 설치, 산업계 수요기반 및 융복합 교육과정 운영, 대학 간 공유체계 활성화 - (세부과제 : 민관협력 강화) 기업 설계 교육과정 이수 후 채용과 연계하는 디지털 인재 얼라이언스 운영, 국내외 인력활용을 위한 K-디지털 글로벌 네트워크 구축

- 4차 국가과학기술기본계획(‘18~’22), 기초연구진흥계획(‘18~’22), 100대 국정과제 등에서 과학기술혁신 및 정보산업육성을 위해 초고성능컴퓨팅을 주요 과제로 제시
- 제4차 과학기술기본계획(2018~2022)」의 추진과제 중 ‘과학적 지식탐구 및 창의 도전 연구 진흥’과 ‘4차 산업혁명 대응 기반 강화’를 추진하기 위해 필수적임
 - 과학적 지식탐구 및 창의·도전 연구 진흥: 과학적 지식 탐구 진흥, 국가 연구시설장비 활용도 제고
 - 4차 산업혁명 대응기반 강화: 인공지능 기반기술 확보, 초연결 네트워크 기반 구축, 데이터 공유 활용역량 강화 및 데이터 활용기반 구축

<표 31> 과학기술기본계획과의 연계 과제

전략	추진과제	세부과제
1. 미래도전을 위한 과학기술역량 확충	1. 과학적 지식탐구 및 창의·도전적인 연구 진흥	1-① 과학적 지식탐구 진흥 1-④ 국가연구시설장비 활용성 제고
3. 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출	11. 4차 산업혁명 대응기반 강화	11-① 인공지능 기반기술 확보 11-② 초연결 네트워크 기반 구축 11-③ 데이터 공유·활용역량 강화 및 데이터 활용기반 구축

* 출처: 과학기술정보통신부(2018), 제4차 과학기술기본계획(2018~2022)

- 1-① 과학적 지식탐구 진흥
 - 창의적 연구성과와 고부가가치를 창출할 수 있는 독창적인 연구의 기반이 되는 기초과학을 포함한 각 분야의 기초연구 지원 강화
 - 수학, 물리학, 화학, 지구과학, 생명과학, 기초의학 등

- 학문별·주제별 적정연구 지원과 보호·소외분야 연구지원 확대를 통해 기초학문의 다양성 보호 및 다양한 학문분야별 생태계 조성
- 기초연구를 중심으로 연구 수행과 관련해 연구자의 권한과 자율성을 지속 확대하고 연구다양성 확보
- 1-④ 국가연구시설장비 활용성 제고
 - 국가연구시설장비를 안정적으로 유지·활용할 수 있도록 ‘연구장비비 풀링제’ 도입
 - 연구장비비를 연구기관·책임자별로 통합 관리하고 연구과제 종료 후에도 사용할 수 있도록 이월 허용(잔액 반납 및 정산 면제)
 - 국가 R&D 사업으로 연구기관에 지원하는 연구장비비에 적용
 - 국가 연구시설·장비 효율적 운영 체계 마련
 - 연구장비 활용포털(ZEUS) 중심의 정보 일원화로 연구장비 활용 취약계층 접근성 강화
 - 지역 수요 등에 기반하여 R&D 기반구축시설의 특성화 유도 및 분야 간, 기관 간 네트워크 기반의 공동 활용체계 구축
 - 시설 특성화, 고품질 서비스 제공 등 기관 역량 강화 및 관련 시설 네트워크 연계 지원
- 11-① 인공지능 기반기술 확보
 - (인공지능분야 핵심기술의 전략적 확보 및 협업 생태계 조성) 인공지능 SW 및 산업적 수요가 높고 파급효과가 강한 언어·시각·음성 지능 분야의 핵심원천기술 개발 우선 추진
 - 언어·청각·시각 등 복합정보 자가학습 기술, 두뇌모방형 자율지식 성장 기술, 경험기반 휴먼인지, 증강기술 등
 - 국가차원의 인공지능 단계별 연구개발 목표와 산업화 로드맵을 마련하고 각 분야별로 요구되는 인재확보 계획 수립
 - 4차 산업혁명 및 인공지능 사회의 인프라로써 초고성능 컴퓨팅 하드웨어 및 소프트웨어 기술 기반 조성
 - (양자컴퓨팅, 뉴로모픽 컴퓨팅 등 차세대 고성능 컴퓨팅 기술 개발) 거대연산을 초고속·저전력으로 처리할 수 있는 지능형컴퓨팅 반도체 등의 부품 및 디바이스 확보, 임베디드 인텔리전스 컴퓨팅 SW 기술 확보
- 11-② 초연결 네트워크 기반 구축
 - 사람·사물·정보가 실시간으로 연결·관리되고 지능화된 서비스 요구를 최적으로 충족시킬 수 있는 초연결 네트워크 구축 및 핵심기술 확보
 - 10기가 인터넷 및 5G 서비스의 조기 상용화, IoT 서비스 확산 등을 통해 4차 산업혁명 가속화
 - (10기가 인터넷) '18년 상용화, (5G) '18년 시범서비스, '19년 세계 최초 상용화
 - 자율지능, 고신뢰, 저전력, 초저지연 네트워크 등 초연결 지능정보사회 실현에 필요한 차세대 네트워크 기반 기술 개발
 - 5G·IoT 기반의 개방형 플랫폼을 활용하여 누구나 新서비스를 개발·제공할 수 있는 개방형 혁신 생태계 구축
 - 5G·IoT 기술이 내재된 개방형 플랫폼과 테스트 베드를 제공해 민간이 창의적인 서비스를 개발할 수 있는 환경 조성
 - 5G 네트워크와 타산업이 융합된 실시간 초연결 서비스(자율주행차, 지능형 로봇, 드론 등)의 테스트베드를 구축하고 실증사업 추진

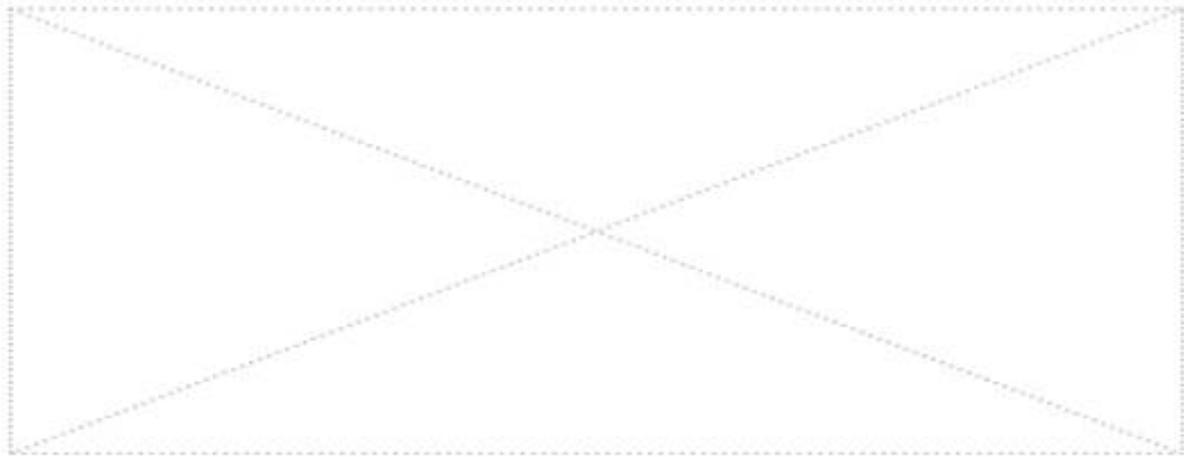
- 공공부문에서 중소기업 장비가 합리적인 대가를 받도록 안전성을 확보하고 공정 경쟁 환경을 조성하여 네트워크 장비산업의 성장기반 마련
- 네트워크 신제품의 안전성을 확보하고자 운영실적 증명 기반을 마련하고 불공정 요소 모니터링의 법적 근거 마련으로 공정경쟁 환경 조성
- (초연결 서비스 확산에 대비한 이용자 보호대책 및 사이버보안 강화) 사이버위협 대응 기술 관련 R&D를 확대하고 사이버위협에 대한 선제적인 국가 대응 시스템을 고도화
- 온라인 상의 개인정보 노출 방지 강화 및 개인의 특성을 예측·분석하는 프로파일링 행위에 대한 관리 방안 마련
- 11-③ 데이터 공유·활용역량 강화 및 데이터 활용기반 구축
 - (민간 수요가 높은 고부가가치 공공데이터 개방 확대) 민간 부문의 활용도가 높은 지능형·융합형 공공데이터를 적극 발굴하여 개방 확대*
 - * '22년까지 128개 분야 공공데이터 개방(누적, '17년 현재 48개)
 - 신산업 관련 공공데이터의 개방 표준화 체계를 수립*하고 고품질 데이터 확보를 위한 데이터 품질관리 수준 평가제도 확대**
 - * 자율주행차, 스마트 시티 등 신산업 데이터 분류체계 마련
 - ** ('18) 중앙행정기관 → ('19) 지방자치단체 → ('20~) 소속·산하기관
 - (양질의 데이터 구축 및 유통·활용 촉진) 금융·교통 등 산업 분야별 빅데이터 전문센터 육성('22년까지 10대 분야) 및 인공지능(AI) 학습용 데이터 구축·개방('18~)
 - 누구나 쉽게 데이터를 등록·검색·거래할 수 있도록 데이터 플랫폼(데이터 스토어)을 국제표준으로 고도화('18)
 - (데이터 역량을 갖춘 전문인력 양성 및 교육 강화) 대상별로 다양한 데이터 인력양성 프로그램을 운영하고 데이터 유통·거래 전문인력 확보를 위한 교육과정 확대
 - 데이터 공유 및 활용 촉진의 주요 장애 요인이 되고 있는 개인정보 활용 등에 대한 법제도 개선
 - 개인정보 관련 데이터의 활용 필요성과 제약요건 등을 공유하고 사회적 공감대 형성 노력
 - (다양한 산업군에 적용 가능한 블록체인 기술 집중 육성) 데이터의 안전한 분산저장, 사물 간 자동거래 등 블록체인 기술의 장점과 활용 가능성을 검증할 수 있는 시범사업 추진('18~)
 - 블록체인 인프라 핵심 기술('18~) 및 중장기 원천·응용 기술('19~) 등 핵심기술 개발 추진
 - 블록체인 아카데미를 통한 산업계 교육, 고급 인재 양성, 관련 규제 개선 등을 통해 블록체인 기술의 시장안착 지원
- 「제4차 기초연구진흥종합계획(2018~2022)」의 '국민이 체감하는 기초연구 생태계 조성'에서 연구 데이터의 공동활용 및 전문센터 구축을 주요 내용으로 강조
 - 연구데이터 공유·활용체계로 원스탑 검색·활용할 수 있는 국가 연구데이터 플랫폼 구축·운영
 - 국가 연구 데이터 센터 및 과학기술 분야별(대분야·소분야) 전문센터 체계 구축
- 「국정운영 5개년 계획」 100대 국정과제 중 '전략 4의 과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명'에서 '33.소프트웨어 강국, ICT 르네상스로 4차 산업혁명 선도 기반 구축'이 주요내용으로 포함

- 4차 산업혁명의 인프라 구축, 규제 개선 및 핵심 기술력 확보, 4차 산업혁명을 촉발하는 초지능·초연결 기술(AI, IoT, 5G 등)을 확산하고 핵심기술 개발, 신산업 육성을 통해 일자리 및 성장동력을 확보

2. 초고성능컴퓨팅 인프라 구축 현황

가. 국가 초고성능컴퓨팅 구축·운영 현황

- 국내 초고성능컴퓨팅 자원은 국가센터(KISTI), 기상청, 기초연(IBS) 등의 자원이 대표적이며, 이밖에 농업, 국방, 환경 등의 분야 기관에서 구축·운영 중
- (국가센터) 과학기술정보통신부에서 운영 중인 국가슈퍼컴퓨팅센터는 80년대 후반 이후부터 초고성능컴퓨팅자원을 구축·운영 중
 - 국내 초고성능컴퓨팅 국가센터는 한국과학기술정보연구원에서 전담운영 하고 있으며, '88년부터 현재까지 초고성능컴퓨팅 자원 보유 및 관련 인프라 지원 중
 - 1988년 국가슈퍼컴퓨터1호기를 시작으로 약 5년 주기로 신규 시스템을 도입하여 현재 5호기를 구축·운영 중이며 6호기 도입을 추진하고 있음
 - 국가슈퍼컴퓨팅센터 소개자료에 따르면 국가슈퍼컴퓨터1호기부터 5호기까지 운영되는 동안 총 14개의 HPC 시스템이 구축·운영되었음



* 출처 : 국가슈퍼컴퓨팅센터 홈페이지(<https://www.ksc.re.kr>)

[그림 37] 국가슈퍼컴퓨팅센터 초고성능컴퓨터 변천사

- (기상청) 기상청은 기상·기후 예측을 목적으로 초고성능컴퓨팅을 구축·운영 중이며 현재 기상용슈퍼컴 5호기를 도입하여 운영 중
 - 2000년 국가기상슈퍼컴퓨터 1호기 도입을 시작으로 약 5년 주기로 신규 시스템을 도입하고 있으며, 현재 5호기('21년)를 구축·운영 중
 - 기상용 초고성능컴퓨터는 기상·기후 예보를 목적으로 사용되며, 기상청 산하기관, 기상청 연구개발 사업자, 기상업무 관련 과제 수행 등을 위해 일부 자원을 공동으로 활용

<표 32> 기상청 초고성능컴퓨터 연혁

구분	1호기	2호기	3호기	4호기	5호기
시스템 기종	SX-5	CRAY X1E	CRAY XE6	CRAY XC40	LENOVO SD650
도입완료	2000년	2005년	2010년	2015년	2021년
Core 수	28개	1,024개	90,240개	139,392개	612,864개
이론 성능	224GF	18.5TF	758TF	5,800TF	51 PF
메모리 용량	224GB	4TB	120TB	744TB	2,064TB
공유저장장치	RAID 3 (3.78TB)	RAID 5 (88TB)	RAID 6 (3.9PB)	RAID 6 (15.8PB)	24PB
백업용량	14TB	1PB	4.5PB	-	-

* 출처 : 국가기상슈퍼컴퓨터센터 홈페이지(<http://www.kma.go.kr/aboutkma/intro/supercom/index.jsp>)

- (IBS) 기초과학연구원 기후물리 연구단은 기후물리, 이론물리, 계산과학 분야 연구의 경쟁력·효율성 강화를 위해 초고성능컴퓨터 구축·운영 중
 - IBS 기후물리 연구단의 지구시스템 역학 및 기후변화 예측 연구에 중점적으로 활용하기 위해 초고성능컴퓨팅 “알레프”를 구축·운영('19년)
 - IBS는 알레프를 활용하여 엘니뇨, 몬순 등 기후 변동성, 급격한 기후변화, 고기후 등의 문제 해결에 도전하고자 하며, 자원의 공동활용을 추진 중

<표 33> 기초과학연구원 초고성능컴퓨팅 주요 제원

구분	초고성능컴퓨터 알레프
시스템 기종	Cray XC50
도입완료	2019년
Core 수	40,000개
이론 성능	1.43 PF
메모리 용량	90TB
공유저장장치	8,740TB

* 출처 : 기초과학연구원 보도자료(IBS, 본원에 슈퍼컴퓨터 구축해 연구 인프라 강화), 2019. 10. 2.

- 이외에 국방부, 환경부 등 관계부처 산하기관, 일부 대학, 민간 기업 등에서 고유목적 을 위한 중·소규모 고성능컴퓨터를 구축·운영 중
 - 국가센터 4호기, 기상청 4호기 등 퇴역 자원을 타 기관으로 이전*하여 활용하고 있으며, 기관 고유목적 달성을 위한 초고성능컴퓨터 도입이 증가 추세
 - * (국가센터 4호기) 부산대 외 9개 기관, (기상청 4호기) 농업과학원(예정) 등

<표 34> 국내 고성능컴퓨터 인프라 운영 현황

부처	기관명	운영현황					
		시스템명	이론성능 (TF)	자원규모 (노드수)	구축비용 (백만원)	구축연도	운영목적
과기정통부	한국과학기술정보연구원	누리온	25,700	8,437	52,000	2018	공동활용
	한국핵융합에너지연구원	카이로스	1,560	424	12,000	2011	내부이용, 공동활용
	기초과학연구원	알레프	1,829	594	10,061	2019	내부이용
	울산과학기술원	-	715	911	2,964	2010	공동활용 (기관내)
	한국과학기술연구원	-	-	176	725	2013	내부이용
	고등과학원	-	500	500	9,828	2010	공동활용
	한국기초과학지원연구원	-	2,000	22	-	2018	내부이용
	광주과학기술원	-	1,540.8	20	250	2018	내부이용
기상청	(재)한국형수치예보모델개발사업 단	-	58	150	5,000	2012	기관고유목적
	APEC 기후센터	-	13	100	2,400	2010	기관고유목적
	기상청	구루, 마루	51,000	8,064	62,800	2021	기관고유목적 공동활용
농진청	국립농업과학원	NABIS	60	-	-	2018	기관고유목적
국방부	공군기상단	-	400	136	7,500	2011	기관고유목적
환경부	국립환경과학원	-	무응답	253	2,500	2016	기관고유목적
교육부	포항공과대학교	-	무응답	2,000	5,000	2005	내부이용
	부경대학교	-	15	256	1,000	2001	기관고유목적
	부산대학교	-	100	500	5,000	2005	내부이용
	서울대학교	-	4	192	-	2015	내부이용
	서울시립대학교	-	80	400	300	1999	내부이용
	아주대학교 산학협력단	-	무응답	132	700	2010	내부이용
	울산대학교	-	무응답	256	1,000	2017	내부이용
민간	케이맥	-	3	120	90	2014	내부이용
	삼성전자	SSC-21	31,750	비공개	비공개	2021	내부이용
	SK-Telecom	Titan	7,190	비공개	비공개	2022	내부이용

* 출처 : 국가 고성능컴퓨팅(HPC) 실태조사 (한국과학기술정보연구원, 2020), Top500.org

나. 국내 초고성능컴퓨팅 자원과 글로벌 격차 수준

- 국내 초고성능컴퓨팅 활용 수요는 급증하고 있으나, 투자 정체, 구조적 문제로 자원 부족 현상이 심화되어 글로벌 수준과 격차가 지속되고 있음
- 1988년 KISTI를 시작으로 기상청 등 초고성능컴퓨터 운영기관은 확대되고 있으나, 전반적으로 자원 경쟁력은 낮은 수준
 - 2011년 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」 제정에 따라 KSITI를 국가 초고성능컴퓨팅센터로 육성 중이나 글로벌 선도기관과 격차 지속

<표 35> 국가센터 초고성능컴퓨터 구축·운영 현황

구분	운영기간*	성능 (TFlops)	'초고성능컴퓨터 탑500' 순위**	구축예산 (억원)	주요 활용 성과
1호기	'88~'93(5년)	0.002	-	180	<ul style="list-style-type: none"> • 국산 자동차 설계 지원으로 개발기간 비용 단축 • 과학적 기상예보 시작
2호기	'93~'01(8년)	0.015	23위	260	<ul style="list-style-type: none"> • 액체로켓 엔진 연소실 내부 시뮬레이션으로 액체로켓 효율 향상 • 탄소나노튜브를 이용한 평면 디스플레이 제작
3호기	'01~'09(8년)	4.6	42위	594	<ul style="list-style-type: none"> • 세계 최대 우주 시뮬레이션을 통해 우주의 생성·진화 과정 규명
4호기	'08~'18(10년)	363.6	14위	732	<ul style="list-style-type: none"> • 대체작물 미래 생산성 예측을 통한 기후변화 대응 식량생산 정책 수립 지원
5호기	'18~현재	25,700	42위	908	<ul style="list-style-type: none"> • 코로나19 치료제 후보물질 2만건 스크리닝 시간 단축
6호기	'23~'28(예정)	500,000	10위(목표)	2,504	<ul style="list-style-type: none"> • 국가적 현안해결 및 연구자 활용 수요 대응

* 해외 주요국 시스템별 평균 운영기간 4~5년

** 구축완료 당시 기준

- 각 국가별 1위 성능의 초고성능컴퓨터와 비교 시, 우리나라는 2022년 6월 기준 43.8배 격차를 보이고 있음

<표 36> 각 국가별 1위 초고성능컴퓨터 자원량 비교

(단위 : PF)											
국가	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
미국	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	143.5	148.6	148.6	148.6	1,102
일본	10.5	10.5	10.5	10.5	13.6	19.1	19.9	19.9	442.0	442.0	442.0
중국	2.6	33.9	33.9	33.9	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0
EU	4.1	5.0	5.0	5.6	6.2	7.5	19.5	19.5	44.1	44.1	151.9
한국	0.3	0.3	0.3	2.4	2.4	2.4	13.9	13.9	13.9	25.2	25.2
격차	55.6배	107배	98.0배	14.1배	38.8배	38.8배	10.3배	10.7배	31.7배	17.6배	43.8배

* 2022년 6월 Top500.org 자료 기반 분석 내용

- Top500 순위에 등재된 국가별 전체 자원량 분석 결과 '22년 미국의 엑사플롭스급 초고성능컴퓨팅 자원 구축으로 미국 대비 약 25배 격차가 발생
 - (미국) Top500 순위에 등재된 자원량의 합을 분석한 결과 미국은 약 2.08엑사플롭스

- (EF)의 자원을 보유하고 있어 가장 자원 보유량이 많은 것으로 분석됨
- (한국) Top500 순위에 등재된 자원량의 합을 분석한 결과 우리나라는 약 83.7페타플롭스(PF)의 자원을 보유하고 있으며, 미국과 24.9%의 격차 존재

<표 37> 각 국가별 전체 초고성능컴퓨터 자원량 비교

(단위 : PF)

국가	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
미국	118.3	136.7	172.6	228.0	249.8	533.2	611.1	668.7	986.5	2,083.4
일본	22.5	25.0	38.4	54.5	90.9	109.4	109.5	593.7	628.2	628.2
중국	48.5	52.1	88.7	223.6	298.9	438.2	531.8	566.6	530.1	530.2
EU	49.6	78.8	88.1	139.8	172.7	254.2	302.6	452.4	652.4	890.3
한국	1.3	2.5	7.2	5.7	7.1	21.9	18.7	18.7	82.2	83.7
격차	94.0	54.1	24.0	40.1	42.4	24.3	32.6	35.7	12.0	24.9

- 국내 Top500 순위에 등재되지 않은 시스템까지 포함하면 약 16기, 140.4 페타플롭스의 자원을 보유하고 있는 것으로 조사됨
 - 우리나라는 공공 분야에서 기상청이 보유한 기상용슈퍼컴퓨터가 약 50PF, 민간에서 삼성전자의 SSC-21이 약 32PF로 가장 높은 자원량 보유

<표 38> 국내 고성능컴퓨터 자원 보유 현황

(단위 : PF)

기관명	시스템	이론성능	구축년도	비고
SK-Telecom	Titan	6.3	2022	TOP500 85위
삼성전자	SSC-21	31.8	2021	TOP500 15위
삼성전자	SSC-21 Scalable Module	2.6	2021	TOP500 315위
기상청	Guru	25.5	2021	TOP500 31위
기상청	Maru	25.5	2021	TOP500 32위
GIST	AI-X Cluster	0.9	2021	-
한국지질자원연구원	-	0.2	2021	-
인공지능산업융합사업단	-	8.9	2021	-
한국핵융합에너지연구원	Kairos	1.6	2020	-
KISTI	Nurion	25.7	2018	TOP500 42위
기초과학연구원	알레프	1.4	2018	-
농촌진흥청	NABIS	0.1	2018	-
UNIST	Dumbo	3.9	2018	-
공군기상단	공군기상수치예보시스템 2호기	0.4	2016	-
기상청	Nuri	2.9	2015	-
기상청	Mari	2.9	2015	-
총합	16기	140.4 페타플롭스 자원 보유		

< [참고] 국내 주요 고성능컴퓨터 도입 현황 >

가) 기상청 기상용슈퍼컴퓨터

구분	내용	비고
이름	기상용슈퍼컴퓨터 Guru, Maru	Top500 31/32위
제조사	Lenovo	
시스템(OS)	LENOVO SD650 시스템(Linux)	
CPU(코어수)	Intel Ice Lake 2.6GHz(612,864개, 각 306,432개)	
실측성능(Rmax)	36PF(각 18PF)	
이론성능(Rpeak)	51PF(각 25.5PF)	
전력 효율(GF/Watts)	10.92(각 5.46)	

나) 삼성전자 SSC-21

구분	내용	비고
이름	SSC-21	Top500 15위
제조사	HPE	
시스템(OS)	Apollo 6500 Gen10 plus(RHEL 8.3)	
CPU(코어수)	AMD EPYC 7543 32C 2.8GHz(204,160개)	AMD Milan
GPU	NVIDIA A100 80GB	
실측성능(Rmax)	25.18PF	
이론성능(Rpeak)	31.75PF	
전력 효율(GF/Watts)	-	

다) SK Telecom Titan

구분	내용	비고
이름	Titan	Top500 315위
제조사	HPE	
시스템(OS)	Apollo 6500	
CPU(코어수)	AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz(56,544개)	AMD Milan
GPU	NVIDIA A100 SXM4 80 GB	
실측성능(Rmax)	6.29PF	
이론성능(Rpeak)	7.19PF	
전력 효율(GF/Watts)	-	

다. 국가 초고성능컴퓨터 6호기 도입 추진 경과¹⁴⁾

- 과학기술정보통신부는 국가초고성능컴퓨팅센터에 세계적 수준의 플래그십 자원을 구축하여 국가R&D 및 산업 지원을 위해 국가센터 6호기 도입 추진
- (근거) 법률에 지정된 국가초고성능컴퓨팅센터에 세계적 수준의 플래그십 자원을 구축하고 연구자 활용을 지원하여 국내 과학기술 혁신생태계 선도
 - 「국가 초고성능컴퓨팅 활용 및 육성에 관한 법률(제17345호)」에 따라 정부 주도로 초고성능컴퓨팅 자원 확보 및 운용 추진
 - 정부(부처)는 국가초고성능컴퓨팅센터(KISTI)에 세계적 수준의 초고성능컴퓨팅 자원 확보 및 운용을 위한 사업을 추진해야 하며, 필요 경비 지원 가능
 - 국가초고성능컴퓨팅센터는 자원의 확보 및 운용사업 추진, 공동활용 관리, 인력양성/교육훈련, 기술지원 등을 담당
- (목표) 세계 10위 수준의 플래그십 인프라를 선제적으로 확보·운영하여 국내 과학난제 해결 및 인공지능 기반 신산업 성장 지원 제공
 - (성과목표1) 국가 플래그십 초고성능컴퓨팅 시스템 적시 구축
 - (성과목표2) 효과적인 초고성능컴퓨팅 서비스 제공
 - (성과목표3) 6호기 활용 세계적 수준의 연구성과 창출
 - (성능목표) 이론성능 500PFlops 이상의 이기종(헤테로)컴퓨팅, 저장용량 200PB 이상, 총 18MW급 전력 제공, 수냉식 냉각 시스템 운영 등

<표 39> 국가 초고성능컴퓨팅 6호기 성능목표

• 초고성능컴퓨팅 시스템 구성 요구사항

구분	내용
총 요구성능	이론성능 600 PFlops 이상
컴퓨팅노드 구성	CPU와 GPU 동시 탑재
디스크 스토리지 용량(PB)	200 PB
인터넷커넥트	노드당 400Gbps 대역폭
냉각 시스템	수냉식(컴퓨팅시스템)

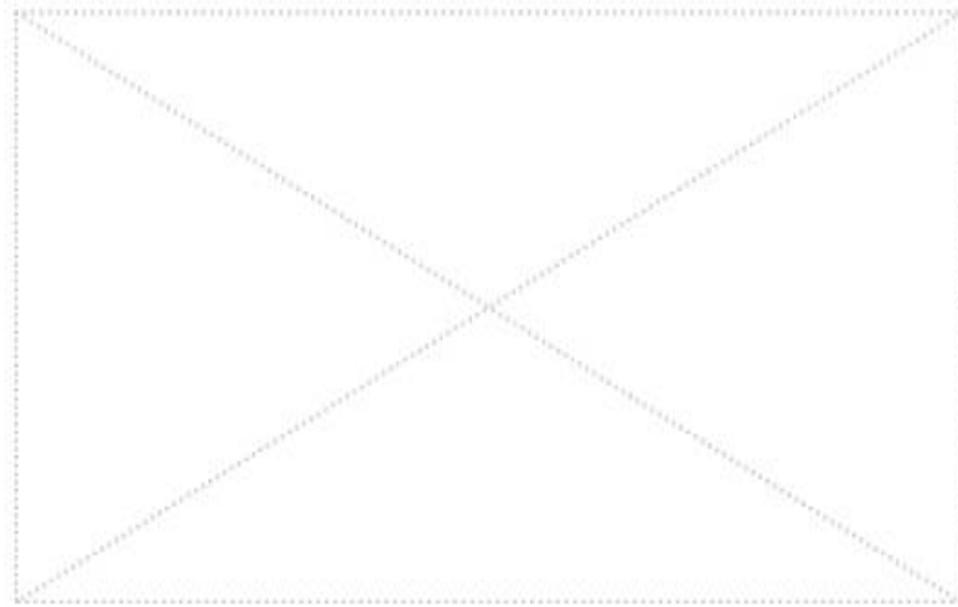
• 기반시설 주요 요구사항

구분	내용
전력량	18MW
전산실 공간	300m ² 이내
냉각용량	4,000 RT
냉각 시스템	수냉식(컴퓨팅시스템)

- 국가 초고성능컴퓨터 6호기 도입은 향후 6년간 약 3천억 원 규모로 추진되며 과학기술정보통신부와 한국과학기술정보연구원에서 전담
- (예산 및 기간) 국가 초고성능컴퓨터 6호기 도입 사업은 약 3,100억 규모로 향후 6년간 추진 예정
 - (총사업비) 3,099.3억 원, 전액 국고
 - (사업기간) 2023년부터 2028년(6년 간)
- (추진체계) 국가 초고성능컴퓨팅 위원회와 주관부처인 과학기술정보통신부, 한국과학기술정보통신연구원이 협력하여 6호기 도입 사업 추진 예정

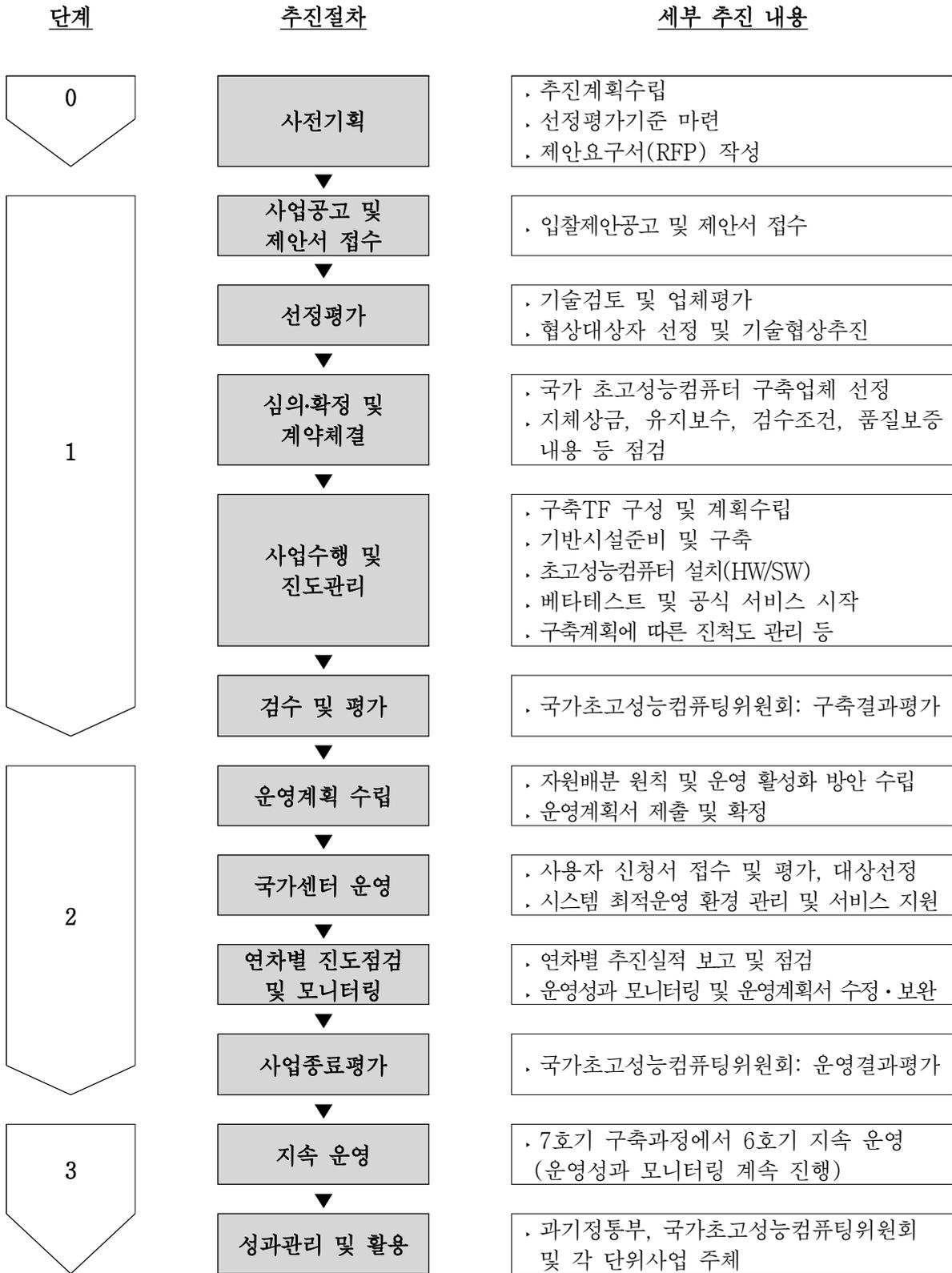
14) 과기부, 국가 플래그십 초고성능컴퓨팅 인프라 고도화 사업 예비타당성조사 기획보고서, 2021.

- (주관부처) 과학기술정보통신부 원천기술과
- (주관기관) 한국과학기술정보통신연구원 국가초고성능컴퓨팅센터



[그림 38] 국가 초고성능컴퓨터 6호기 도입 사업추진체계

- (추진절차) 본 사업은 현재 국가 예비타당성 조사를 진행 중이며, 예비타당성 조사 통과 후 준비단계를 거쳐 구매·구축, 운영·활용, 성과관리 단계로 구분하여 추진 예정



[그림 39] 국가 초고성능컴퓨터 6호기 도입 사업 추진절차 및 내용

○ (소요예산) 2023년부터 2028년까지 6년간 약 3,099.3억 원이 소요될 예정

<표 40> 국가 초고성능컴퓨팅 6호기 소요예산(안)

단위사업 (재원)	세부과제	내역	초고성능컴퓨팅 인프라 도입 및 운영 비용(백만 원)						합계
			'23	'24	'25	'26	'27	'28	
국가 플래그십 초고성능 컴퓨터 인프라 구축 (정부)	국가 플래그십 초고성능 컴퓨팅 시스템 구축	연산자원/ 스토리지		55,564	55,564	55,564	55,564		222,257
		전력/냉각 기반시설	27,635	1,840					29,475
		과제1 소계	27,635	57,404	55,564	55,564	55,564		251,732
	국가센터 인프라 수요 맞춤형 최적 운영	상용SW	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		5,000
		유지보수		1,108	13,300	13,300	13,300	12,192	53,200
		과제2 소계	1,000	2,108	14,300	14,300	14,300	12,192	58,200
	총사업비		28,635	59,513	69,864	69,864	69,864	12,192	309,932
	(비중 %)		(9.2%)	(19.2%)	(22.5%)	(22.5%)	(22.5%)	(3.9%)	(100%)
국가 플래그십 초고성능컴퓨팅 인프라 운영지원 (KISTI 고유사업비, 사업범위 외)	전기료	7,958	12,087	12,236	12,385	12,534	12,683	69,883	
	운영비	3,655	14,775	14,932	15,090	15,250	15,412	79,114	
	소계	11,613	26,862	27,168	27,475	27,784	28,095	148,997	
연간 총 소요비용		40,248	86,374	97,032	97,339	97,649	40,287	458,929	

○ (예산 근거) 국가 초고성능컴퓨팅 6호기 구축 및 운영에 필요한 예산은 시스템 구축, 운영, 유지보수 관점으로 도출하였고, 기간 내 총 4,589.3억 원이 소요될 것으로 전망

- (HW) 연산자원 및 스토리지, 전력, 냉각 기반시설 등 하드웨어 관련 예산은 약 2,517억 원이 소요될 것으로 예상
- (SW) 운영 및 사용자 지원을 위한 SW 중 상용 라이선스 구매 및 유지보수 비용으로 연간 10억 원이 도출되어 총 50억 원이 소요될 것으로 예상
- (전기료) 국가 초고성능컴퓨터 6호기 운영에 필요한 전력은 18MW로 총 전기료는 약 699억원이 소요될 것으로 예상
- (운영비 및 유지보수비) 필요 인력 인건비 등 유지보수에 필요한 총 예산은 약 791억, 유지보수 비용은 총 532억 원 등으로 산정

□ 국가 초고성능컴퓨팅 6호기 도입으로 인해 국가 과학기술 분야 난제 해결, 연관 산업 분야 혁신생태계 선도, 비용절감 및 부가가치창출 등의 효과 기대 가능

○ (정책적 효과) 국가 초고성능컴퓨팅 자원 및 성능 개선으로 분야별 활용성 강화 및

초고성능컴퓨팅 활용 혁신적 연구성과 도출 기여

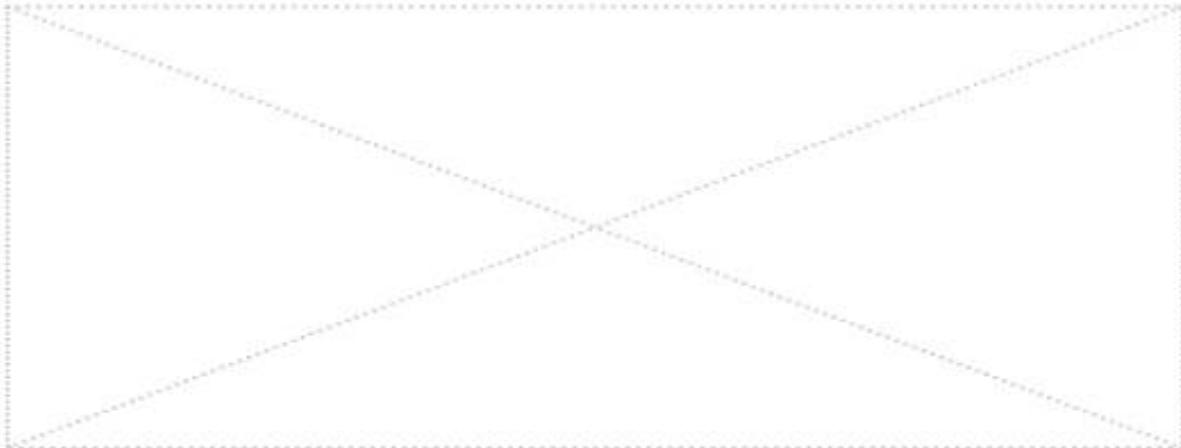
- 세계적 수준의 초고성능컴퓨팅 자원을 구축하여 여러 분야에서 활용할 수 있도록 공동 활용체계를 구축하는데 6호기가 핵심적인 역할을 수행할 것으로 기대
- 국내외 대형 연구장비 데이터센터(가속기 등), 국가 연구데이터플랫폼 등과 연계하여 초고성능컴퓨팅 기반 데이터 허브 구축에 기여 가능
- (산업적 효과) 국가 전략분야 및 제조산업 디지털 혁신 등에 초고성능컴퓨터의 활용 증가로 혁신생태계 구축 및 지속 가능
 - 초고성능컴퓨팅 6호기 인프라를 활용하여 국가 전략분야 중심 공공·비즈니스 신제품/신서비스 창출 견인
 - 초고성능컴퓨팅 자원을 활용하여 시뮬레이션, 인공지능, 고성능 데이터 분석 등 고급 활용을 통해 기술격차 해소 및 기업경쟁력 강화에 기여 가능
 - 초고성능컴퓨팅 활용·개발에 특화된 전문인력 양성을 통해 국내 지능정보산업 및 연관 산업 분야 인력 수요에 대응 가능
- (경제적 효과) 국가 초고성능컴퓨터 6호기 인프라 구축으로 운영기간 내 약 4,860억 원의 비용절감 예상
 - 초고성능컴퓨팅 활용 수요기관의 중복투자를 방지하여 약 3,459억, 해외 클라우드 서비스 사용 비용절감효과는 약 1,404억 원으로 추정
 - 초고성능컴퓨터 관련 교육 및 최적화 서비스 제공으로 6호기 운영기간 내 약 5,000억 원 이상의 부가가치 창출 예상

라. 초고성능컴퓨팅 자원의 전략적 활용 추진

- 과학기술정보통신부와 국가초고성능컴퓨팅센터는 초고성능컴퓨팅 전문적 활용이 필요한 분야 지원을 위해 인프라 전략적 활용 방안 수립·추진
 - '21년 「4차 산업혁명 퀴텀점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략」을 발표하여 분야별 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위한 국가센터, 전문센터, 단위센터 운영 방안 제시
 - (국가센터) 국가 과학기술 관련 전략분야 지원을 위한 공공거대연구 지원을 수행하며, 국가 초고성능컴퓨팅 구축·운영에 관한 전반적인 사항 전담
 - (전문센터) 각 연구 분야와 연계하여 공공서비스, R&D 등 초고성능컴퓨터의 전문적 활용이 필요한 분야의 전문센터 지정 추진
- (지정절차) 정책지정 또는 공모·선정평가 → 국가초고성능컴퓨팅위원회 심의·확정 → 관보 공고
 - (지정기간) 5년 단위(성과평가 등을 통해 기간 연장)
 - (지원사항) 초고성능컴퓨팅자원 확보 및 운영 컨설팅, 운영인력 교육·훈련 등 지원
- (단위센터) 고성능컴퓨팅 자원을 운영하고 있는 기관 내부의 자원 집적화를 통해 통합 관리 및 기관 내 수요를 충당하고, 향후 전문센터 지정 및 공동활용체계에 편입될 수 있도록 지원하기 위해 단위센터 지정 추진
 - (인큐베이션) 고성능컴퓨터 운영 희망기관(잠재센터)을 대상으로 국가 퇴역자원 이전·활용, 교육·훈련, 세제 지원 등 인큐베이션 프로그램 제공
 - 또한 국내 초고성능컴퓨팅 자원량과 성능(HPC 파워)을 확대하고, 활용성 강화를 위하여 국가 초고성능컴퓨팅 공동활용체계 구축·운영 추진
 - 국가 차원에서 센터별 초고성능컴퓨팅 일부자원을 공동활용자원으로 분배하여 통합·활용할 수 있는 체계를 구축하여 국가 자원 확충 및 활용성 강화 기여
 - 초기에는 국가·전문센터 위주로 공동활용체계 참여를 유도하고, 체계가 구축된 후 단위센터로 확대하여 클라우드 기반 공동활용서비스 제공 예정('25~)

< [참고] 공동활용자원 중심 초고성능컴퓨터 공동활용체계 >

>



□ 개념 및 목적

- 국가 차원에서 센터별 초고성능컴퓨팅 일부자원(‘공동자원’)을 통합·활용할 수 있는 체계를 구축하여 국가 자원 확충 및 활용성 강화에 기여
- 관련 근거 : 초고성능컴퓨터법 제17조 및 시행령 제15조(정부는 국내 초고성능컴퓨팅자원을 연동하여 국가 차원에서 공동활용하는 체계를 구축하여야 함)

□ 추진 방향 및 내용

- (공동자원 확보) 각 센터의 자원 일부(10% 내외)를 제공받을 수 있는 제도적 기반 등을 구축
 - 정부예산이 투입된 초고성능컴퓨터 운영 센터에 대해 공동활용체계 참여 및 신규 초고성능컴퓨터 구축 시 공여자원 확보를 의무화하는 제도 마련 등
- (공동자원 운용) 자원특성·운영환경 등이 다른 공동자원을 일원화하면서도 사용자 접근성이 높은 클라우드 기반 통합 관리·서비스 시스템 구축·운영
- (공동자원 활용) 개별 센터 자원으로 지원이 어려운 전략 분야 연구, 롱테일 사이언스 연구자, 긴급 연구 수요, 산업계 수요 등 중점 지원

□ 과학기술정보통신부와 국가초고성능컴퓨팅센터는 「분야별 초고성능컴퓨팅센터 지정 제도 운영지침」에 따라 전문센터 지정·운영 추진¹⁵⁾

- 과기부는 공공서비스, R&D 등 초고성능컴퓨터의 전문적 활용이 필요한 분야에 대한 지원을 위해 초고성능컴퓨팅센터(이하, 전문센터) 지정 추진
 - (목적) 공공서비스, R&D 등 초고성능컴퓨터의 전문적 활용이 필요한 분야에 대한 전

15) 과학기술정보통신부 공고 제2022 - 0413호, 분야별 초고성능컴퓨팅센터 지정 공고, 2022. 4.

문센터 지정을 통한 분야별 초고성능컴퓨팅 인프라 확충 및 활용 확산

- (기능 및 역할) 분야별 초고성능컴퓨팅 자원의 구축·운영 및 서비스 제공, 분야별 연구 성과 확산, 인력양성, 공동활용체계 참여 의무화 등 수행

< 전문센터 기능 및 역할 >

- * 분야별 초고성능컴퓨팅 자원의 구축·운영 및 서비스 제공
- * 분야별 초고성능컴퓨팅 관련 기반·응용 연구 및 연구 성과의 확산
- * 초고성능컴퓨팅 관련 대용량 데이터의 관리·운영 지원
- * 인력양성, 기술개발 등의 초고성능컴퓨팅 활성화에 관한 업무
- * 지정된 센터는 기획단계부터 공동활용 자원 확보, 서비스 환경 구축 등 공동활용체계 참여계획 수립 및 참여 의무화

- (대상기관) 해당 분야 공동활용의 필요·시급성이 인정되는 사업을 제안한 중앙행정기관, 국공립 연구기관, 대학교, 민간기업 및 민간단체
- (지정방안) 10대 국가 전략분야*와 연계하여 전문센터 지정 추진
 - * ①소재·나노, ②생명·보건, ③ICT, ④기상·기후·환경, ⑤자율주행, ⑥우주, ⑦핵융합·가속기, ⑧제조기반기술, ⑨재난·재해, 국방·안보 등
- (지정요건) 초고성능컴퓨팅자원 활용 및 육성 등을 수행할 수 있는 인력·설비를 갖추고, 관련 연구개발 및 인력양성, 데이터관리, 연구지원 등의 사업을 수행한 실적·경험이 있는 기관

< 전문센터 지정 세부요건(안) >

- * (인력) 초고성능컴퓨팅자원 운영 및 서비스 전문인력 4인 이상 보유
- * (설비) 운영 중인 초고성능컴퓨터(서버 기준 150만불 이상) 보유
- * (실적·경험) 최근 3년 내 초고성능컴퓨팅 관련 연구개발 및 인력양성, 데이터관리, 연구지원 사업 수행 실적 보유 (지정분야 실적 우선)

- (지정기간) 센터 운영계획에 따른 운영성과평가를 지정 후 3+2년 주기*로 평가를 실시하고 그 결과에 따라 센터 지정을 취소·재지정
- 과학기술정보통신부는 2022년 8월 2일 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」 제9조의2제1항에 따라 6개 분야별 전문센터를 지정하고, 1개 분야 전문센터를 예비 지정함¹⁶⁾
 - (지정) 소재·나노, 생명·보건, 기상·기후·환경, 자율주행, 우주, 핵융합·가속기 등 6개 분야 전문센터를 지정함
 - (예비) 재난·재해 분야 전문센터를 예비 지정하였으며, 3년 내 미충족 요건을 충족할 경우 전문센터로 지정 전환 예정
 - (기간) 2022년 7월 1일부터 2027년 6월 30일까지 5년 간 지정되며, 3년+2년 주기로 평가를 실시하고, 그 결과에 따라 전문센터 지정을 취소 또는 재지정할 수 있음

16) 과학기술정보통신부 공고 제 2022-0779호, 분야별 초고성능컴퓨팅센터 지정 공고, 2022. 8. 2.

<표 41> 분야별 초고성능컴퓨팅센터(전문센터) 지정 현황

구분	지정 분야	기관명	지정 기간
지정	소재·나노	• 울산과학기술원 (울산시 울주군 유니스트길 50)	2022.7.1.~ 2027.6.30.(5년) * 다만 3+2년 주기로 평가를 실시하고 그 결과에 따라 센터 지정을 취소·재지정
	생명·보건	• 국립농업과학원 (전라북도 완주군 이서면 농생명로 166)	
	기상·기후·환경	• 기상청 (대전광역시 서구 청사로 189 정부대전 청사 1동)	
	자율주행	• 광주과학기술원 (광주광역시 북구 첨단과기로 123)	
	우주	• 기초과학연구원 (대전광역시 유성구 엑스포로 55)	
	핵융합·가속기	• 한국핵융합에너지연구원 (대전광역시 유성구 과학로 169-148)	
예비지정	재난·재해	• 국립해양조사원 (부산광역시 영도구 해양로 351)	

※ 예비지정 기관은 3년 내 미충족 요건 충족 시 '예비지정' → '지정'으로 전환

3. 초고성능컴퓨팅 기술개발 현황

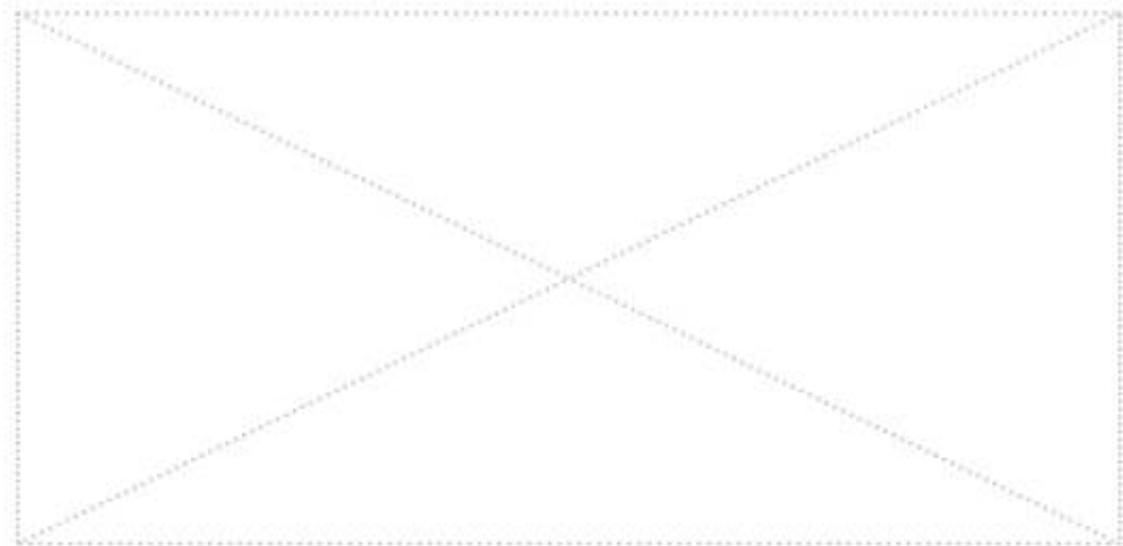
가. SW 개발 - PF급 이중 초고성능컴퓨터 개발

- 「제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획」('18~'22)을 수립하여, 시스템 HW/SW 기술개발 사업을 동시에 진행함
- PF급 이중 초고성능컴퓨터 개발 사업('16~'21)을 통해 이기종 가속기를 사용하는 컴퓨터 시스템을 대상으로 핵심 시스템SW와 응용SW 개발 진행
 - 이기종 가속기 프로그래밍 모델 등 시스템SW 17종, 빅데이터/빅컴퓨팅 응용 SW 3종, 기계학습기반 미래 예측SW 3종 개발

< 참고. SW 개발 사업 개요 >

- 연구개요
 - (총연구기간) '16.11~'21.5(5년, 3+2)
 - (연구기관) (재)초고성능컴퓨팅연구단(성균관대·서울대·UNIST·매니코어소프트)
 - (지원규모) 연 50억원 내외(총 258.70억원)
- 연구 목표
 - (목표) 핵심적인 문제에 역량을 집중하여 가속기 재구성형 구조의 초고성능컴퓨터 제안 및 효율적 사용을 위한 시스템SW 개발
 - SW스택에서 활용되는 17종 시스템SW 개발
- 추진계획
 - (추진계획-1단계) 1PF 시스템을 운용할 수 있는 시스템 SW를 개발하여, 1차 테스트베드(0.1PF/PB)에서 성능 검증
 - (추진계획-2단계) 1차 개발 서버를 기반으로 2차 테스트베드(0.2PF/PB 수준)를 구축하여 개발된 17종의 시스템SW 검증

- 분야별 3개*의 총괄로 구성되었으며, 각 분야에 따라 세부과제 연구 진행
 - * 1)프로그래밍 환경, 2)운영체제 및 관리, 3)스토리지 및 I/O
- (총괄 1) 1PF 이중 초고성능컴퓨터를 위한 시스템SW 스택 개발
 - (연구목표) 클러스터 통합 프로그래밍 모델, GPU용 최적화 컴파일러, FPGA용 프로그래밍 모델, 딥러닝용 FPGA 가속기 개발
 - (개발성과) 이론 성능의 69% 효율로 0.186PF 테스트베드 성능 측정
 - (연구목표 2) HPC용 경량OS, 시스템 운영-관리 도구, HPC용 네트워크 개발
 - (개발성과) 일반 kernel 대비 비교 벤치마크 성능 평균 12% 성능 향상
 - (연구목표 3) 초대용량 분산/병렬 파일 시스템과 버스트 버퍼, HPC용 NVMe SSD 및 HPC 벤치마크 개발
 - (개발성과) Read 3.39% GB/s(70% 효율), Write 1.64 GB/s(103% 효율)



[그림 40] 1PF 지원 이종컴퓨팅 시스템의 SW 스택

<표 42> 총괄1 연구내용 및 성과

구분	연구내용	연구성과
총괄 1-1	<ul style="list-style-type: none"> • 행렬연산 알고리즘을 위한 FPGA 가속기 설계 • cuDNN 호환 인터페이스를 갖는 초고성능 저전력 가속기 라이브러리 개발 • 클러스터 통합 프로그래밍 모델 개발 • FPGA용 OpenCL 프레임워크 개발 • 벤치마크 소프트웨어 개발 • GPU 컴퓨팅 최적화 컴파일러 개발 • 가속기 I/O 지원 프로그래밍 모델 설계 	<ul style="list-style-type: none"> • OpenCL 프로그램을 FPGA에서 실행 가능한 FPGA용 OpenCL 1.2 프레임워크 개발 • OpenCL 커널을 Verilog 코드로 변환하는 컴파일러와 OpenCL 런타임으로 구성 • FPGA 제조사에서 제공하는 HLS 프레임워크는 여러 애플리케이션에 대해 올바르게 동작하지 않음 • 높은 성능을 위해서는 하드웨어 전문가가 많은 수의 컴파일러 힌트를 주어야 하는 단점이 있었음 • 본 과제에서 개발한 프레임워크는 워크 아이템 파이프라이닝, 자동 메모리 서브 시스템 생성, 데드락 방지 등의 다양한 컴파일러 기법을 통해 코드 수정 없이도 고성능을 달성
총괄 1-2	<ul style="list-style-type: none"> • 초고성능컴퓨터 I/O 워크로드에 최적화된 NVMe SSD 요소기술 개발 • 이종가속기 자원 공유 지원 초고성능컴퓨팅 경량 OS 개발 • 초고성능컴퓨터 시스템 운영 	<ul style="list-style-type: none"> • 로컬 메모리, atomic operation, 배리어 등을 사용하는 커널도 컴파일 가능 • 제조사 프레임워크 대비 1.5배 이상의 에너지 효율 달성 • 컴퓨터 시스템 분야 최우수 학술대회인 「International Symposium on Computer Architecture」에서 연구내용 발표 (BK21 우수학술대회 인정 IF 4) • 국내 특허 7건 출원 • 비RDMA 네트워크 환경(일반 이더넷)에서도 GPU direct networking을 지원하는 In-GPU Packet I/O를 개발함 • Kernel-bypass I/O(DPDK) 사용 대비 평균 RTT 55% 감소
총괄 1-3	<ul style="list-style-type: none"> • 버스트 버퍼의 기능 구현 및 관련된 캐싱/버퍼링 정책 개발 • I/O 가속 및 성능 분석을 위한 시스템SW 통합 • 초고성능 분산 파일시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 「IEEE INFOCOM '21」 SCI(E)급 국제 학술지에 논문 게재 ('21.05), (Acceptance Rate 19.9%) • 뉴럴네트워크의 데이터를 두 부분으로 나누어, 소수의 이상치 데이터는 높은 정확도로, 나머지 데이터는 낮은 정확도로 표현

구분	연구내용	연구성과
	<ul style="list-style-type: none"> 가속기용 파일 I/O 프레임워크 개발 SDN기법 적용을 통한 효율적인 초고성능컴퓨터 네트워크 제어 및 관리기술개발 초고성능 컴퓨팅 트래픽을 고려한 고성능 네트워크 기술 개발 차세대 메모리(NVM)기반 I/O Node를 위한 저장 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 이상치 연산기와 보통 연산기로 구성된 뉴럴네트워크 연산기 구조 연구 「2018 ACM/IEEE 45th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA)」 국제 학술대회에 논문 게재 ('18.6). (BK인정 Impact Factor 4.0) 국내 특허 출원 ('17.12), 기술실시계약 ('19.12)

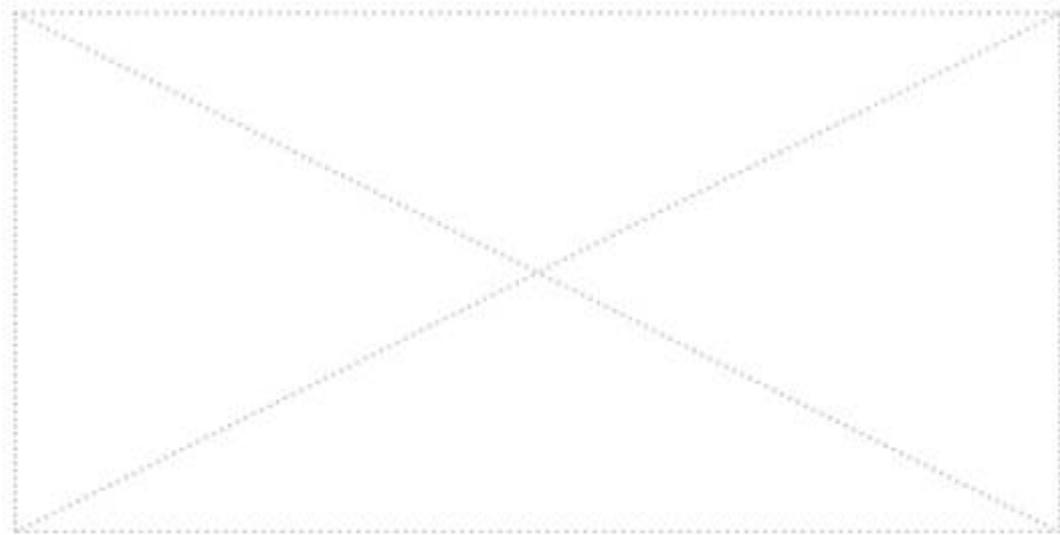
○ (총괄 2) 초고성능컴퓨팅 기반 빅데이터 빅컴퓨팅 응용

※ 1)유전체 수준 단백질 구조 모델링, 2)초병렬 고신뢰도 가상원자로 구현, 3)글로벌 인터넷 빅 텍스트 데이터 실시간 모니터링 SW개발, 4)초고성능컴퓨터 빅데이터 빅컴퓨팅 엔진 개발

- (연구목표 1) 응용 분야와 컴퓨터 공학 간의 협업을 통해 해당 응용 SW의 최적화 및 컴퓨팅 요구 도출과 통합 프레임워크 상에서 BDBC* Engine 구현

* BDBC : Big Data Big Computing

·(개발성과) 이종컴퓨팅 환경을 활용한 단백질 SW의 실행 가속 및 구조탐색 기법 및 에너지 함수 개발을 통한 단백질 SW의 정확도 향상



[그림 41] BDBC Engine

- (연구목표 2) GPU 기반 초고성능컴퓨팅으로 전산 장벽 극복

·(개발성과) 중성자 핵특성 계산의 GPU 31~88배 가속 달성과 가상원자로 기술의 실제 원자로 설계해석 적용성 실증, 초병렬 고신뢰도 가상원자로 신속성 및 고전력 효율 달성

- (연구목표 3) 텍스트 크롤링 및 실시간 모니터링 시스템, 실시간 질의응답 처리 시스템, HPC상에서의 한국어 자연어처리 라이브러리 구축

·(개발성과) 문장의 형태소 분석시간 단축, GPU 병렬화를 통한 목표 질의처리 속도 달성

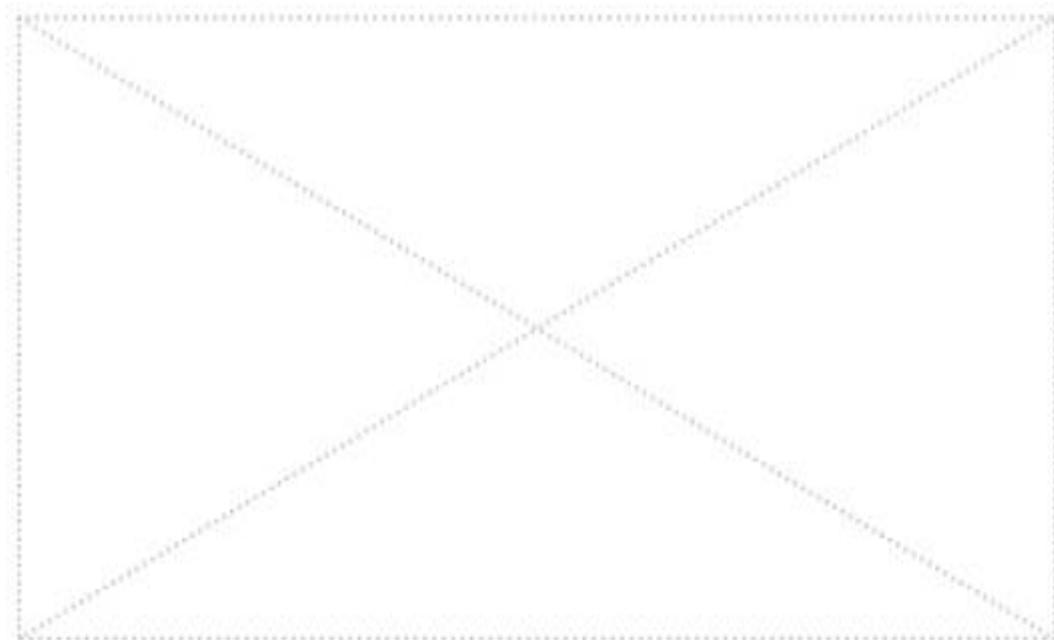
- (연구목표 4) Large-scale HPC를 위한 SW platform으로서 Big Data Big Computing Engine 최적화
- (개발성과) 시뮬레이션 스냅샷 매니저를 활용한 SW 안정화 및 그래프 데이터 최적화 관리를 통한 실행 가속, 초고성능컴퓨팅 기반 텐서 라이브러리와 한국어 온라인 텍스트 데이터 크롤링 및 자연어처리 엔진 개발, BDBC용 분석 시스템인 ArraySpark

<표 43> 총괄2 연구내용 및 성과

구분	연구내용	연구성과
총괄 2-1	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 단백질 구조예측, 단백질 사이의 상호작용 예측, 단백질과 작은 유기 분자 리간드 사이의 상호작용 예측 모델링 방법의 속도와 정확도를 극대화 • 향상된 모델링 방법을 바탕으로 유전체 수준의 단백질 구조 모델링 및 화합물 가상검색 SW 개발 • 유전체 수준 단백질 구조 모델링에 활용되는 그래프의 연산, 저장 등과 관련되는 라이브러리 개발 • 응용프로그램 시뮬레이션 과정의 중간 결과물 및 파라미터를 저장하여 중간 과정부터 재시작할 수 있도록 하는 Simulation Snapshot Manager 개발 • 데이터의 사용빈도와 접근 패턴을 고려해 Hot 스토리지와 Cold 스토리지를 구분해 활용하도록 하는 Data Lifecycle Manager 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 단백질의 구조를 아미노산 서열로부터 예측하고, 단백질의 구조에 기반하여 다른 단백질이나 화합물과의 상호작용을 예측하는 것은 생명현상의 기작을 원자 수준에서 이해하고 질병치료제를 개발하는데 큰 도움이 됨 • GALAXY 단백질 구조 모델링 소프트웨어는 서울대학교 화학부 계산생물학 연구실에서 개발한 독자적이고 기술로서, 예측 성능과 계산 범위에 있어서 해외에서 개발된 신약 설계 소프트웨어에 뒤지지 않음 • GALAXY는 최근 단백질 구조예측 대회 CASP 및 상호작용 예측대회 CAPRI에서 최상위의 예측결과를 얻은 것으로 평가되었으며, GALAXY 무료 웹서비스는 전 세계 사용자가 10만회 이상 이용하였음
총괄 2-2	<ul style="list-style-type: none"> • 선추적법 기반 중성자 수송해석모듈의 초병렬화 • 유한차분 중성자 균형방정식 모듈 초병렬화 • 핵특성 계산 모듈 최적화 	<ul style="list-style-type: none"> • CPU 전산 장비 활용 대비 7배의 가속 효과를 달성하여, 7시간 이내의 고속 직접 전노심 주기 연소 계산에 성공, 시구간당 1분의 계산시간 달성
총괄 2-3	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 인터넷 매체로부터 데이터를 수집하여 데이터 정제와 세계 최고 수준에 상응하는 심층적 자연어처리를 수행하는 엔진 구축 • 자연어처리를 통해 얻은 정형화된 지식을 저장하고 실시간으로 질의처리를 할 수 있는 통합형 데이터 웨어하우스 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 「Progress in Nuclear Energy」 SCI급 국제학술지에 논문게재 ('21. 09.)(2019 JCR Impact Factor : 2.256)
총괄 2-4	<ul style="list-style-type: none"> • 유전체 수준의 단백질 구조 모델링과 초병렬 가상원자로 구현과 같은 과학 및 공학 응용에서 제기되는 Big data와 그에 따른 Big computation의 요구사항을 충족시키고, 시스템의 성능을 극대화하기 위한 엔진을 설계 • 새로운 연산과 응용의 요구사항을 충족하며 확장 가능한 시스템 설계 • 과학응용 분야는 실시간으로 증가하는 데이터의 양과 긴 시간이 필요로 하는 계산과정과 같은 특수한 요구사항을 갖고 있으므로 저장 형태, 질의처리, 분산된 연산 전략 등을 수립하고 필요로 하는 기능을 개발 • 데이터에 접근하는 패턴을 분석하여 시스템의 규모확장성(Scalability)에 필요한 데이터의 분할 저장 방안, 병렬 질의처리, 부하 균등화, 색인의 병렬화 등의 전략을 수립하여 유관 	<ul style="list-style-type: none"> • 대용량의 배열 기반 데이터 분석을 위한 효율적인 시스템 구축 • 기존 프로그램에 비해 월등한 성능 향상을 보이며, 레스터 데이터 쿼리에 대해선 Rasterframes의 5.057배, SciSpark와 SciDB에 비해선 29배의 성능 향상폭을 보이며 MxV의 경우 SciSpark와 SciDB의 3.13배, VxM의 경우 80배의 성능 향상 • 또한, 스파크에 기반했기 때문에 여러 대의 컴퓨터가 추가되면 추가될수록 더 좋은 성능을 보이며 과학데이터를 사용하는 사람에 맞추어 새로운 계산식 추가가 용이

	<p>과제에서 개발될 엔진 요소를 BDBC 엔진에 통합하여 제공</p> <ul style="list-style-type: none"> • 각 응용의 요구사항을 분석하고 이를 바탕으로 개발할 엔진을 설계 • 대표적인 데이터 유형 (Matrix/Tensor, Inverted Text)을 효율적으로 저장하기 위한 Chunking 방법을 설계 및 개발 • GPU를 활용하는 데이터 연산방법을 연구하고, 이를 기반으로 데이터 병렬화 기법을 연구 • Latency 최적화 연구 및 Partition oblivious 기법을 연구 	
--	--	--

○ (총괄 3) 기계학습 기반 미래 예측 패키지 개발



[그림 42] 총괄3 기계학습 기반 미래 예측 패키지 개발

- (연구목표 1) Peta Flops 스케일의 기계학습 프레임워크 개발
 - (개발성과) Peta-Flop 규모의 초대규모 분산 기계학습 시스템 개발 완료 및 타 패키지(G, D-Package) 적용 완료
- (연구목표 2) 기계학습 프레임워크를 활용한 Genome 분석 소프트웨어 개발
 - (개발성과) 기계학습을 이용한 유전체 데이터 기반의 암 분류 모델 개발 완료 및 약물 반응성 예측 모델 개발 완료, 개발된 기계학습 모델의 서비스 시스템 구축 완료
- (연구목표 3) 기계학습 프레임워크를 활용한 Disaster 분석 소프트웨어 개발
 - (개발성과) 기계학습 기반 재해기상 예측시스템의 구축과 한반도의 실시간 지진 위험 분석 모델 구축 완료 및 지진재난대비 시스템의 개방형 정보 제공, 완료된 재해기상 예측시스템과 지진위험 분석 모델의 시군구 단위 GIS 기반 결과 표출시스템 구축 완료

<표 44> 총괄3 연구내용 및 성과

구분	연구내용	연구성과
총괄 3-1	<ul style="list-style-type: none"> 기계학습 기술에 슈퍼컴퓨팅 기술을 접목하여 기존의 소규모 클러스터 환경을 타겟으로 하는 기계학습 패키지의 스케일을 Peta Flops급으로 끌어올린 대규모 기계학습 패키지(M-Package) 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 기계학습 응용 실행 시 dataflow graph를 기반으로 기계학습 응용의 특성을 동적으로 추출하는 프로파일러 개발 이종 메모리 시스템상에서 기계학습 응용의 tensor 데이터 할당 방식에 따른 성능 예측 모델 개발 예측 모델 기반 각 tensor에 대한 최적 배치 및 migration을 통한 fine-grained 동적 최적화 기법 개발
총괄 3-2	<ul style="list-style-type: none"> M-Package를 사용하여 사람의 질병을 Genome 데이터 분석을 통해 예측하는 패키지 SW 개발 기존 기술에서는 방대한 Input Feature 간의 상호작용 모델링이 불가능함 기계학습 모델은 이러한 Input Feature 간의 상호작용 학습이 가능하고, 서로 Estimation 할 수 있어 최근 주목받고 있음 G-Package는 기존 패키지로 불가능했던 큰 Genome 분석 모델을 정립하여 사람들의 질병 가능성을 예측하는 SW 패키지 개발하고자 함 	<ul style="list-style-type: none"> 이종 메모리 시스템 상에서 기계학습 응용 최적 실행 시스템 개발. 최적 실행 시스템 미적용 시 대비 평균 실행 시간 36.9% 감소 최적 실행 시스템 적용 시 전체 수행 시간 대비 평균 성능 오버헤드 0.010% 달성 「IEEE Transactions on Computers (TC)」 SCI(E)급 국제 학술지에 논문 게재 (2020.03). (Impact Factor 3.75), 국내 특허 출원 (2020.08) 사람의 혈액에서 생산된 전사체 및 후성유전체 데이터를 활용하여 우울증의 정도와 자살 위험도를 예측하는 기계학습 모델을 개발함 중증우울증 환자와 자살시도자를 구분하는 random forests 모델을 개발하여 92.6%, 정상인과 중증우울증 환자를 구분하는데 87.3%, 자살시도자를 구분하는데 86.7%의 정확도 달성
총괄 3-3	<ul style="list-style-type: none"> M-Package를 활용한 지진/재해 기상분석 D-Package 개발 자연재해는 발생원인의 불확실성으로 정확한 예측이 불가능함 최근 각광 받는 기계학습 모델을 PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) 기법에 적용하여 확률 예측의 신뢰성을 높이고자 함 	<ul style="list-style-type: none"> 우울증의 정도 및 자살 위험도를 정량화하는 Hamilton Rating Scale 및 Suicide Ideation 스코어를 regression 하는 기계학습 모델을 만들어 각각 0.961 와 0.943 R2 값을 달성함 「Translational Psychiatry」 SCI(E)급 국제 학술지에 논문 게재 (2019.10). (JCR Impact Factor 5.182) CNN 기반 태풍 강도 예측 모델 개발 「REMOTE SENSING」 SCI급 국제 학술지에 논문 게재 (20.01) (Impact Factor 4.509)

나. HW 개발 - 이기종 매니코어 하드웨어 시스템 개발

- 「제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획」 ('18~'22)을 수립하여, 시스템 HW/SW 기술개발 사업을 동시에 진행함
- 「차세대 초고성능컴퓨터를 위한 이기종 매니코어 HW 시스템 개발」 사업('17~'22)을 통해 CPU를 제외한 플랫폼 및 HPC 시스템 개발 진행
 - 매니코어 기반의 계산노드, 고속인터커넥트 네트워크, 에너지 절감기술 개발
 - 최신 프로세서를 장착한 0.1PF 규모 초고성능 계산노드 시작품 및 SW와 통합된 테스트베드 구축

< 참고. HW 개발 사업 개요 >

□ 연구개요

- (총연구기간) '17.5~'22.5(5년, 3+2)
- (연구기관) KISTI(주관), ETRI, KAIST, (주)이수페타시스
- (지원규모) 연 14억원 내외(5년 간 총 70억원)
 - 매칭 연간 6억원 별도

□ 연구 목표

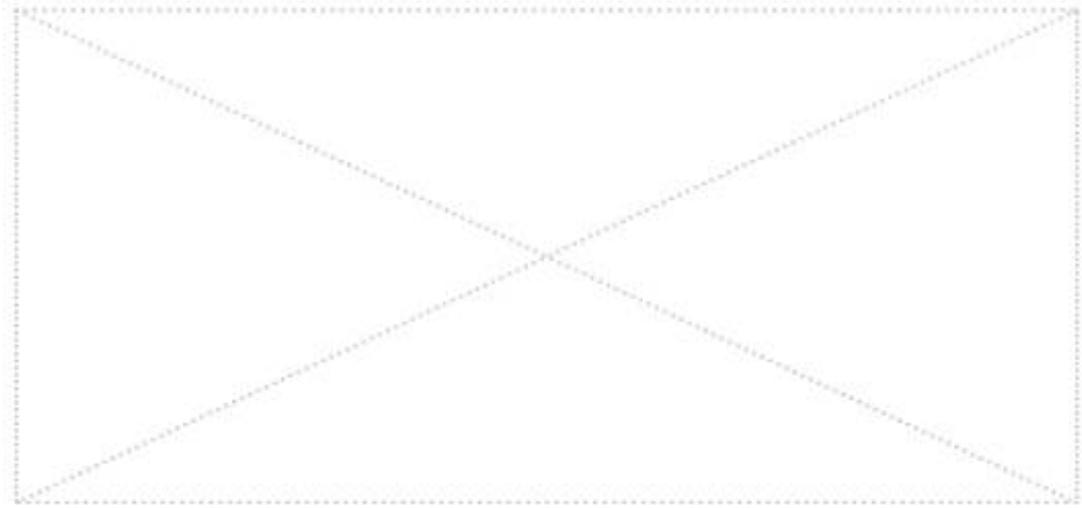
- (목표) 최신 프로세서를 장착할 수 있는 초고성능 서버를 개발하여 1PF급 시스템 구축에 활용

□ 추진계획

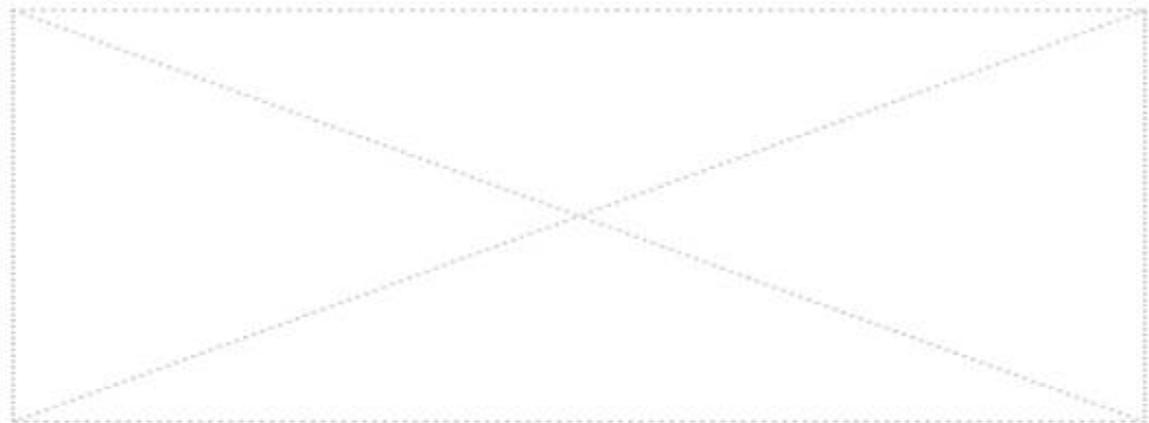
- (1단계) 인텔사의 기 출시 매니코어 프로세서 활용 서버 개발
- (2단계) 차세대 프로세서 활용 서버를 개발하고, 최종 확보된 기술력을 바탕으로 1PF 규모 시스템 구축
 - 1PF규모 시스템 구축 예산 확보 노력 및 예산범위 내 구축

- 초고성능컴퓨터 설계·구축에 필요한 핵심 시스템 기술 확보를 통해 PF급 성능의 초고성능컴퓨터 시스템 개발 최종 목표를 위해 연구 진행

- (1단계) 초고성능컴퓨터 시스템 요소기술 개발('17~'20)을 목표로 해당 세부과제를 구성하여 연구 진행
 - 매니코어 기반 초고성능컴퓨터 프로토타입 연구 및 개발
 - HDCA 시스템 버스 확장 시스템 개발
 - 다채널 광 인터커넥트 및 고속 병렬 채널 보드 연구
- (2단계) 국내 자체개발 역량 확보를 목표로 해당 세부과제('20~'22)를 구성하여 연구 진행
 - 차세대 매니코어 기반 초고성능컴퓨터 개발 및 구축
 - HDCA 시스템 버스 확장 시스템 통합 테스트
 - 가속장치간 고속 연결망 기술 연구
 - 인터커넥트 구성관리 통합 검증



[그림 43] 차세대 초고성능컴퓨터를 위한 이기종 매니코어 HW시스템 개발 개요



[그림 44] 통합 기술개발 로드맵

* SW연구단-HW개발팀 협의 마일스톤(2019.8)

<표 45> 1단계 연구내용 및 성과

구분	연구내용	연구성과
1세부 : 시스템 통합 및 핵심 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 초고성능 계산노드 설계 및 개발 HW 제어 및 장애 관리 기술개발 에너지 효율성 개선 기술 개발 시스템 정합 시험 및 성능·에너지 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 프로세서 아키텍처 분석 및 시스템 설계 시스템 시작품 구현 및 제작 PCB 고속신호 성능 개선 연구 펌웨어 구현 및 HW 연계 장애관리 에너지 효율성 개선 연구 시작품 계산노드 및 HDCA 통합 전력 분석 및 개선 연구
2세부 : 서버시스템 버스 확장기술 연구개발	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 버스 확장 하드웨어 설계 및 개발 시스템 버스 확장 하드웨어 시험 및 통합 가속장치 간 고속 연결망 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 통합 시스템 클러스터 구축 및 성능, 에너지 측정 서버시스템 버스 확장기술 분석 및 구조 설계 (1,2,3차) 서버시스템 버스 확장 하드웨어 시스템 설계 및 개발 시스템 버스 확장 하드웨어 시스템 설계 및 구현, 제작 HDAC 관련 및 제어 SW 개발
3세부 : 초고속 인터커넥트 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> OPCB기반 200Gbps급 초고속 인터커넥트 시스템 개발 OPCB기반 트랜시버, 변조기, 구성관리 시스템 개발 인터커넥트 시스템에서의 네트워크 패브릭 관리 모듈 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 시험 및 성능평가 및 시스템 통합 및 평가 고속 연결망 개발 기술개발 및 FPGA 프로토타입 설계/제작 Board-Board간 다채널 optical interconnect에 적합한 OPCB 기반 광전송 모듈 제안 OPCB 광 경로 성능 검증, OPCB - 시스템 연동 시험 동적 인터커넥트 패브릭 구성 관리 모듈 개발

<표 46> 2단계 연구내용 및 성과

구분	연구내용	연구성과
1세부 : 시스템 통합 및 핵심 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 초고성능 계산노드 개발 및 통합 (HW제어, 에너지 효율성 개선) 	<ul style="list-style-type: none"> 2단계 및 최종 연구개발 목표, 종합진도점검 결과 반영 및 SW·HW 통합 로드맵 목표 SW·HW 통합 로드맵 성능목표와 성과목표 및 주요 산출물
2세부 : 서버시스템 버스 확장기술 연구개발	<ul style="list-style-type: none"> 연구개발 목표 및 달성도 4차년도 연구개발 내용 	<ul style="list-style-type: none"> 2단계 및 최종 연구개발 목표와 성과목표, 연구개발 내용 4차년도 연구개발 내용 및 최종 성과목표
3세부 : 초고속 인터커넥트 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> HPC 인터커넥트 구성관리 상용 시스템 연동 시험 트랜시버, 변조기, 구성관리 시스템 개발 계획 	<ul style="list-style-type: none"> HPC 인터커넥트 구성 관리 상용 시스템 연동 시험 Board-board 간 다채널 optical interconnect에 적합한 OPCB 기반 광전송 모듈 설계 및 광모듈 시작품 제작 및 성능 검증

다. 슈퍼컴퓨터 개발선도 사업

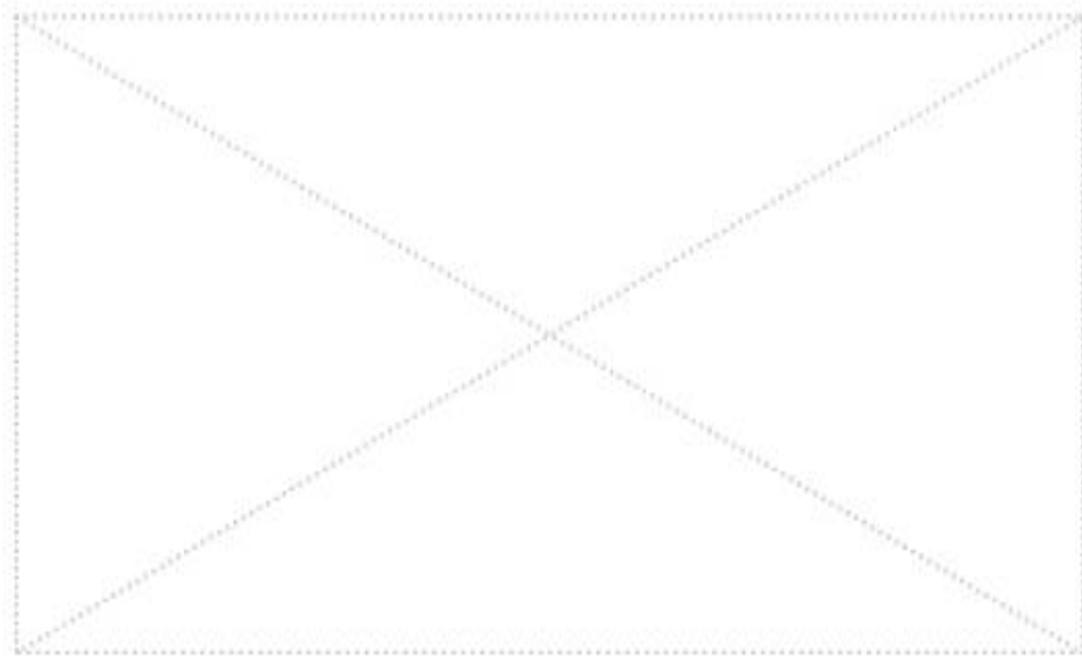
- 「슈퍼컴퓨터 개발 선도 사업」('20~'23)을 통해 글로벌 수준의 초고성능컴퓨터 핵심 기반기술 개발 진행

- 슈퍼컴퓨터 핵심 기반기술(CPU, SW, 노드/시스템) 자체개발을 통한 기술 역량 확보를 목표로 진행
 - ※ CPU 기술개발, 시스템 소프트웨어 기술개발, 컴퓨팅 노드 및 시스템 기술개발, 오픈 ISA 기반 CPU 코어 기술개발의 4개 세부 과제로 구성
 - 중앙처리 멀티코어와 병렬연산유닛(XPU)이 융합된 초병렬프로세서 반도체인 초고성능 컴퓨터 CPU 핵심기술 개발
 - 배정도 16TFLOPS 병렬연산유닛(XPU)과 서버급 멀티코어 통합 설계
 - 초고속 고용량 계층적(적층형 추가 고려) 메모리 시스템 통합 설계 기술
 - 온칩 멀티코어 통합 메시 네트워크와 메모리 일관성 지원 칩간 인터커넥트
 - 프로세서 반도체 개발: 12nm급 멀티코어 및 XPU 통합 설계코드, FPGA검증, 합성, P&R, Postsim 및 통합 검증
 - Co-design 초병렬프로세서에 최적화된 HPC용 시스템SW 스택 개발
 - 초병렬프로세서 기반 슈퍼컴퓨터 운영체제 최적화, 컴파일러, 병렬프로그래밍 모델, 수치 라이브러리 및 응용 개발
 - 초병렬프로세서 기반 고집적 컴퓨팅 노드 기술개발 및 시험 클러스터 운영 평가
 - 초병렬프로세서 기반 32 TFLOPS급 고집적 슈퍼컴퓨팅 노드 기술 개발
 - 노드당 20GFLOPS/W이상의 고효율성 지원 기술개발
 - 단일 랙 규모 클러스터 PoC 시스템 구축을 통한 기능 성능 및 24시간 안정성 시험 평가
 - 백터 연산이 가능한 오픈 ISA 기반 멀티코어 프로세서 아키텍처 설계 및 제작
 - 비순차적 실행 및 슈퍼스칼라 구조를 갖는 프로세서 코어 설계
 - 재구성 가능한 SMP 구조 및 병렬처리 극대화를 위한 SIMD 자원 공유 프로세서 코어 설계
 - 프로세서 코어 Layout 및 1세부 통합 반도체 제작, SW 검증환경 구축

< 참고. 슈퍼컴퓨터 개발선도 사업 개요 >

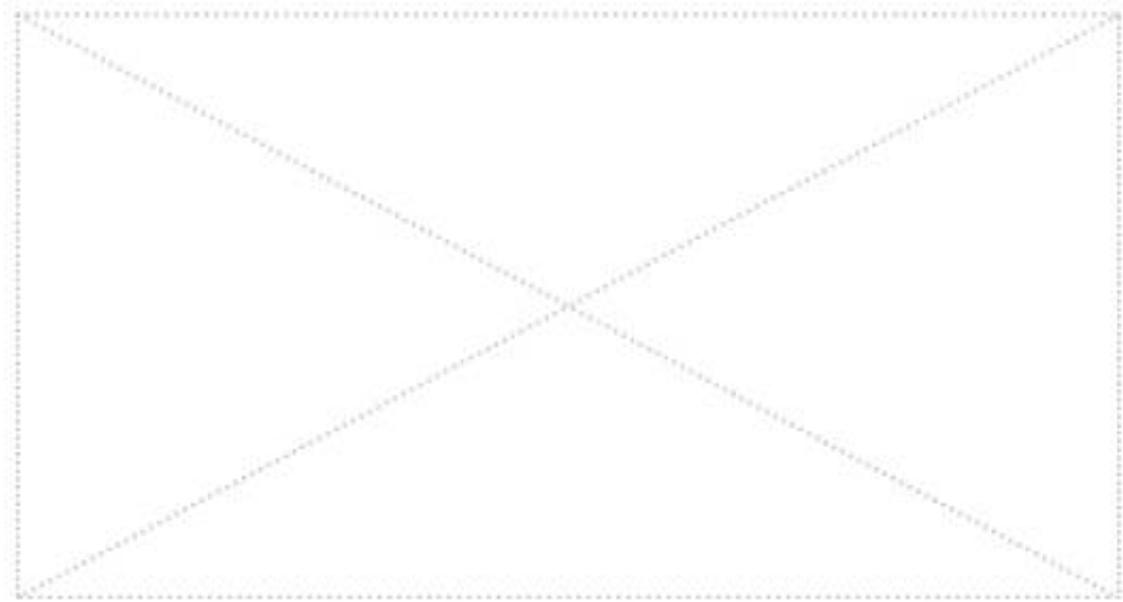
- 연구개요
 - (총연구기간) '20~'23(2+2, 48개월)
 - (연구기관) ETRI 외
 - (지원규모) 연 100억원 내외(4년 간 총 460억원)
- 연구 목표
 - (목표) 초고성능 컴퓨팅 기반 산업·서비스 기술 발전을 주도하는 글로벌 수준의 슈퍼컴퓨터 핵심 기반기술 개발
 - 핵심 기반기술 (CPU, SW, 노드/시스템) 자체개발을 통한 기술역량 확보
 - 엑사스케일 슈퍼컴퓨팅이 확산되는 시대를 대비한 기반기술 강화
 - 산·학·연 역량 결집을 통해 국내 초고성능 컴퓨팅 R&D 및 산업 생태계 활성화
- 추진계획
 - (1단계) 인텔사의 기 출시 매니코어 프로세서 활용 서버 개발
 - (2단계) 차세대 프로세서 활용 서버를 개발하고, 최종 확보된 기술력을 바탕으로 1PF 규모 시스템 구축
 - 1PF규모 시스템 구축 예산 확보 노력 및 예산범위 내 구축

- 슈퍼컴퓨터 CPU 핵심기술 및 이를 활용한 슈퍼컴퓨팅 노드와 시스템SW 기술개발을 통해 국가 선도 슈퍼컴퓨팅 시스템 원천기술 확보가 목표
- 1단계 슈퍼컴 CPU 및 컴퓨팅 노드 구조 설계 기반, 2단계 시스템 SW 개발 환경을 포함한 요소기술 구현 및 상호 인터페이스 정의를 나누어 연구



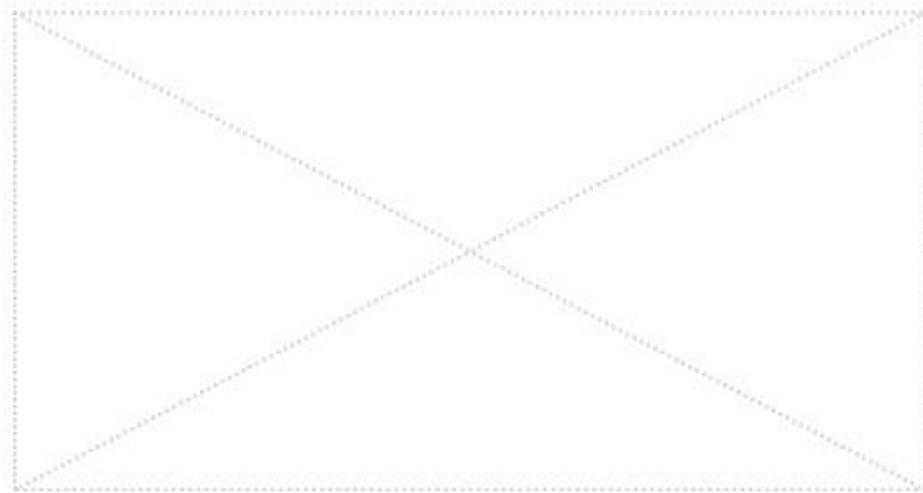
[그림 45] 슈퍼컴퓨터 개발선도 사업 목표 총괄

- 전력제어 감안 최대 250Watt로 예측, 메모리 인터페이스는 DDR5 DIMM으로 결정, Behavior Simulator(AXPUSIM) 활용 효율성 측정 및 드라이버 등 SW 검증, 컴퓨팅 노드 조기 검증 프로토타입과 메모리 확장 하드웨어 프로토타입을 통합하여 운영체제상의 총 메모리 용량 측정 환경 구축
- 2단계 슈퍼컴퓨팅 시스템 원천기술 검증 및 확보로 초고성능컴퓨팅 혁신전략 실행 기반 마련



[그림 46] 슈퍼컴퓨터 개발선도 사업 2단계

- 1단계 결과물 활용 및 2단계 결과물 통합을 통해 핵심기술 검증과 후속 사업 기획·연계



[그림 47] 슈퍼컴퓨터 개발선도 사업 결과

<표 47> 초고성능컴퓨터개발선도 성과1

구분	연구성과
CPU 프로세서	<ul style="list-style-type: none"> 슈퍼컴CPU 멀티코어 및 병렬연산유닛 개발 슈퍼컴CPU 초고속 계층 메모리 시스템 및 CPU 시스템 통합 기술 개발 On-CPU 연산기를 위한 계층 토폴로지 온칩네트워크 및 칩간 인터커넥트 기술개발 슈퍼컴 CPU의 초미세 공정 기반 멀티코어, XPU, 메모리, 외부장치 인터페이스를 통합한 고속 슈퍼컴 CPU 개발
컴퓨팅 노드 및 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 서버용 ARM 프로세서 기반 서버 메인보드 설계 BMC 기반 메인보드 제어 구조 설계 (국내 특허 출원) 메모리 확장 아키텍처를 위한 메모리 확장 하드웨어 구조 설계 메모리 확장 하드웨어 프로토타입 설계 및 v1.0 하드웨어 개발
컴파일러 및 런타임	<ul style="list-style-type: none"> AXPU-LLVM frontend 설계 및 구현 AXPU backend 설계 및 구현(학술 발표 : ICPC21, '21.5.)
오픈 ISA 기반 프로세서	<ul style="list-style-type: none"> 거대한 연산량의 신속한 처리를 위해 다수의 노드에 kernel program을 배치해 초병렬로 운영하는 구조에 kernel program을 실행하는 코어인 XEC core를 설계 AXDCS 와 대량의 데이터 통신을 위한 두 개의 256bit read port(RA, RD)와 한 개의 256bit write port(WA) AXEM 데이터 공급을 위한 두 개의 256bit (XEM_op_a, XEM_op_b)와 데이터 수거를 위한 1개의 256 read port.

<표 48> 초고성능컴퓨터개발선도 성과2

구분	연구성과
상용 ISA기반 초고병렬 프로세서 및 컴퓨팅 노드 개발	<ul style="list-style-type: none"> 고성능컴퓨팅을 위한 세계적인 SoC 개발 추세인 멀티코어와 가속기(병렬연산유닛)를 통합한 구조의 슈퍼컴 CPU 설계하고, 기능을 검증하기 위한 HW장치(FPGA 보드)를 개발하여 가속기 구조의 자체 설계기술력을 높임 (SCI논문 4편, 국내 특허 출원 3건) 슈퍼컴 CPU 반도체 개발 전, SW 에뮬레이터 환경에서 SW(디바이스 드라이버, OpenCL 컴파일러/런타임, BLAS 라이브러리 등)를 개발하여 'OpenCL 표준 정합시험 프로그램'으로 슈퍼컴 CPU 기능을 검증함 (SCI논문 4편, 국제논문 1편(HPC Asia)) 슈퍼컴 CPU 반도체 개발 전, 상용 ARM 프로세서 기반 서버 메인보드와 테스트 클러스터 시스템을 개발하여 서버설계를 검증하고 슈퍼컴 CPU기반 서버 개발에 대비함 (국내외 전시회 2회 참가), 국내 특허 출원 4건
오픈 ISA 기반 프로세서 개발	<ul style="list-style-type: none"> 다수의 노드에 kernel program 배치와 kernel program을 실행하는 프로세서 코어 구조 설계를 완료하여 거대연산의 신속한 처리를 위한 오픈ISA 프로세서 코어 구조의 자체 설계기술력을 높임 (SCI논문 4편, 국제 특허 출원 1건, 국내 특허 출원 2건)

4. 초고성능컴퓨팅 활용 현황

가. 부처별 활용 현황

- 과기정통부, 기상청, 산업부 및 중소벤처기업부를 중심으로 부처별 맞춤형 활용 지원 추진
- 과기정통부는 국가센터를 통해 혁신지원(거대과학연구*, 혁신성장**, 창의연구***) 및 중소·중견기업 M&S 기술지원을 위한 활용 지원
 - * (거대과학연구) 단일 문제 규모가 5PF급 이상의 계산자원을 필요로 하는 R&D 문제
 - ** 계산과학, 인공지능 등의 연구개발을 수행하고자 하는 과제
 - *** 계산과학 및 데이터 기반 연구수행을 통해 과학기술 혁신 및 산업혁신기술 확보를 위해 특정 연구개발(데이터, 인공지능, 자율주행, 스마트팜, 드론, 스마트공장, 핀테크, 스마트시티) 수행

<표 49> 초고성능컴퓨팅 활용 지원(과기정통부)

사업명	목적	주요내용
극한규모 슈퍼컴퓨팅 기반 과학·공학 분야 거대문제 해결·지원	세계 최고 수준의 연구성과 도출을 위한 거대과학 연구에 초고성능컴퓨팅 활용 지원	국가센터 5호기 기반의 대규모 병렬 처리 기술 확보 및 지원
슈퍼컴퓨팅 기반 소재·부품 및 바이오 국가 전략분야 대응 연구	국가 전략분야 성장 및 원천 기술 확보를 위한 거대과학 연구에 초고성능컴퓨팅 활용 지원	국가센터 5호기 기반의 대규모 병렬 처리 기술 확보 및 지원
HPC 기반 계산과학공학 AI 융합플랫폼 기술 개발	계산과학공학 플랫폼 기술 확보 및 광범위한 R&D에서 플랫폼 활용·지원	계산과학 플랫폼 개발 및 전문 응용분야 적용, 가시화 기술 개발
차세대 슈퍼컴퓨팅 서비스 기술 개발	데이터 기반 R&D 지원을 위한 유연한 컴퓨팅 및 데이터 서비스 제공	슈퍼컴퓨터 5호기 기반 클라우드·인공지능·빅데이터 (CAB) 서비스
슈퍼컴퓨팅 M&S 기반 Digital Twin 기술개발 및 활용지원	중소·중견기업에 대한 M&S 기술지원을 통해 제품 개발 시간 단축, 개발비용 절감 등의 제조 생산성 향상 지원	M&S SW 및 클라우드 서비스 플랫폼의 개발·보급

* 출처 : 2020년 초고성능컴퓨팅 육성 시행계획 (초고성능컴퓨팅실무위원회, 2020)

- 기상청은 기후변화 예측기술지원, 해양기상기술지원 분야에 집중 투자하고 있으며, 공동활용 대상을 제외한 일반 연구자를 위한 활용 서비스는 제공하지 않음

<표 50> 초고성능컴퓨팅 활용 지원(기상청)

사업명	목적	주요내용
기후변화 예측기술 지원 및 활용 연구	IPCC17) AR618) 대비 지구시스템 모델 운영체계 구축 및 개선	IPCC AR6 대응 기후변화 시나리오 개발 및 평가
아태 기후정보서비스 및 연구개발	기후변동에 대한 감시·분석 체계 구축 및 기후예측시스템 운영 및 개선	아태지역 실시간 고품질 기후예측시스템 운영 및 기술개발
한국형수치예보모델개발	기상재해 피해 경감 및 수치예보 분야 글로벌 경쟁력 확보를 위한 수치예보 기술 확보	한국형수치예보모델 핵심모듈, 시스템모듈 개발 ('19년 사업 종료)
수치예보시스템 개선	현업 수치예보시스템 성능 개선을 통한 고품질의 기상예측 자료 생산과 효율적인 적시 예보지원	수치예보모델 정량예보 및 운영기술 개선
해양기상기술지원 및 활용연구	해양기상 감시 및 예측기술 고도화를 통한 고품질 해양정보 생산	기상청 현업 해양기상모델 개선 및 기후예측시스템 운영개선

* 출처 : 2020년 초고성능컴퓨팅 육성 시행계획 (초고성능컴퓨팅실무위원회, 2020)

- 또한, 산업부, 중기부를 중심으로 제조 디지털, 스마트팩토리 등을 위한 초고성능컴퓨팅 활용 서비스 제공 중

<표 51> 초고성능컴퓨팅 활용 지원(관계부처)

사업명	목적	주요내용
스마트 적층제조 공정혁신 지원기반 고도화 (산업부)	적층제조와 4차산업 혁신기술의 융합을 통한 수요-공급 기업의 제조 디지털 혁신 지원	디지털 적층제조 기술지원, 인력양성 및 데이터 기반 조성 추진
인공지능 및 혼합현실 기반의 하수처리 시설 유지관리 기술 개발 (환경부)	인공지능 및 혼합현실 기반의 하수도 시설 유지관리 기술 개발 및 실증화	하수처리시설 유지 관리 의사결정 지원을 위한 빅데이터 인공지능 플랫폼 개발
골든타임 확보를 위한 유역 시공간 상세 홍수예보 기술 개발 (환경부)	상세지역 홍수 예·경보 기술 개발로 국민의 홍수에 대한 안전도 강화 및 국가 재난 대응능력 향상	6시간 하천 홍수 골든타임 확보를 위한 시공간적 상세 하천유역홍수 예측의 고성능(HPC) 수치모형 개발
현장수요형 스마트공장 기술개발 (중기부)	가상물리시스템(CPS) 기반 스마트 공장 솔루션, 클라우드 및 생산현장 노하우 디지털화 기술개발 지원	가상물리시스템(CPS) 기반 스마트 공장 고도화 플랫폼 개발
공군 기상기술개발 (국방부)	초고성능컴퓨팅을 활용하여 공군 수치예보 예측성능 향상	군 작전기상지원 능력 향상을 위한 기상기술 및 초단기 예·경보 기술 개발
혁신성장동력프로젝트 (정밀의료기술개발) (보건복지부)	최적의 맞춤형 예측 의료(예방·진단·치료)를 통해 암 진단·치료법 개발 지원	국가센터 자원을 활용한 유전체 자원 및 정보 분석 (21년 이후)

* 출처 : 2020년 초고성능컴퓨팅 육성 시행계획 (초고성능컴퓨팅실무위원회, 2020)

17) IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change, 기후변화에 관한 정부 간 협의체
 18) AR6 : Sixth Assessment Report, 제6차 평가보고서

나. 국가센터 활용 현황

- 국가슈퍼컴퓨팅센터는 다양한 활용 분야의 거대도전, 창의연구 및 산업체 기술지원 (M&S) 활용 서비스 제공
- (지원분야) 2019년 이후 거대연구 16건, 창의연구 555건, 혁신성장 26건, 산업체 기술지원(M&S) 52건 등 지원
 - (거대연구) 단일 문제 규모가 5PF급 이상의 계산자원을 필요로 하는 R&D 문제 해결 지원(연간 4~5개 내외)
 - (창의연구) 초고성능컴퓨터를 활용하여 계산과학, 인공지능 등의 연구개발 수행 지원 (연간 120개 내외)
 - (혁신성장) 계산과학 및 데이터 기반 연구수행을 통해 과학기술 혁신 및 산업혁신기술 확보를 위한 과제* 지원
- * 데이터, 인공지능, 자율주행, 스마트팜, 드론, 스마트공장, 핀테크, 스마트시티와 관련된 과제

<표 52> 국가센터 5호기 활용 정량적 성과

(단위 : 건, 사용량%)

지원분야	2019	2020	2021
산업혁신	18건 (-)	21건 (-)	13건 (-)
국가 R&D 연계	-	-	12건 (5%)
혁신성장	5건 (3%)	21건 (10%)	-
창의연구	157건 (94%)	175건 (87%)	223건 (93%)
거대연구	5건 (3%)	5 (2%)	6건 (2%)

- 산업혁신 : KISTI M&S 홈페이지 기술지원 내역
- 국가 R&D 연계, 혁신성장, 창의연구, 거대연구 : 국가슈퍼컴퓨팅센터 사용량 통계

- (M&S지원) 자체적으로 M&S를 수행할 수 없는 중소기업에 대해 국가센터가 보유한 각종 소프트웨어와 컴퓨팅자원을 이용하여, 제품개발에 필요한 해석결과 및 관련 컨설팅 제공
- 슈퍼컴퓨터 5호기 기반 M&S 지원 (4호기 : 40건 내외 → 5호기 : 20건 내외)

<표 53> 국가센터 5호기 활용 M&S지원 성과

(단위 : 건)

지원분야	2018	2019	2020	2021
중소중견기업 M&S지원	18	18	21	13

* 출처 : <https://www.ksc.re.kr/rnd/rndan>

- (최적병렬화) 사용자 코드로는 계산이 불가능한 대규모 문제를 풀기 위해 다양한 방안의 성능최적화 지원

- 최소 3개월에서 최대 1년 동안 지원
- (활용분야) 화학, 물리, 대기·환경의 활용 비중이 높았으며, 다양한 활용 분야*로 확산 추세
 - * ('19) 기타 0% → ('21) 기타 61%

<표 54> 국가센터 5호기 활용 분야(순 CPU 타임)

(단위 : %)

년도	화학	대기/환경	기계	물리	전기/전자	기타
2019	43.9	15.8	8.7	29.4	2.2	0.0
2020	28.9	6.2	4.9	32.8	1.0	26.2
2021	29.8	1.5	2.6	4.4	0.7	61.1

* 출처 : <https://www.ksc.re.kr/rnd/rndan>

- 응용 SW의 경우 VASP, GROMACS, 자체개발(in-house code) 사용 비중이 높게 나타남

<표 55> 국가센터 5호기 활용 SW(순 CPU 타임)

(단위 : %)

년도	vasp	gromacs	lammps	cesm	qe	ansys	inhouse	기타
2019	26.4	23.5	9.6	4.6	3.6	1.6	24	6.7
년도	vasp	gromacs	lammps	cesm	qe	gaussian	inhouse	기타
2020	39.3	7.6	7.5	6.1	4.5	2.7	25.8	6.4
년도	vasp	gromacs	lammps	namd	qe	ramses	inhouse	기타
2021	56.3	7.0	6.4	3.9	4.2	3.0	9.4	9.9

- (VASP) 제일원리(first principle) 계산을 통해 물질의 원자 구조를 계산하는 시뮬레이션 패키지
 - (GROMACS) 분자 역학 프로그램(대규모 원자 / 분자 대규모 병렬 시뮬레이터)
 - (LAMMPS) 단백질, 지질 및 핵산 시뮬레이션을 위해 설계된 분자 역학 패키지
 - (CESM) 대기, 해양, 얼음, 지표면, 탄소주기 및 기타 구성 요소로 구성된 지구 시스템의 수치 결합 시뮬레이션
 - (QE) 일차 전자 구조 계산 및 재료 모델링
 - (ANSYS) 제품 설계, 테스트 및 운영을 위한 다중 물리 엔지니어링 시뮬레이션
- * 출처 : <https://www.ksc.re.kr/rnd/rndan>

- (활용성과) 2018년~2022년까지 총 767개의 SCI급 논문성과를 유발했으며, 평균 IF가 연차별로 증가하는 추세를 보임
 - (연도별) '18년 145건, '19년 188건, '20년 179건, '21년 153건, '22년 102건

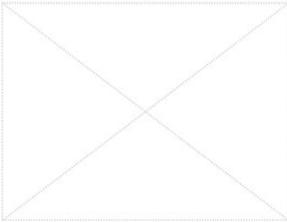
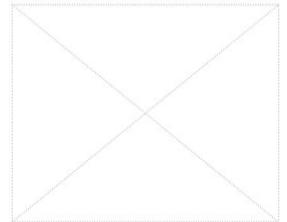
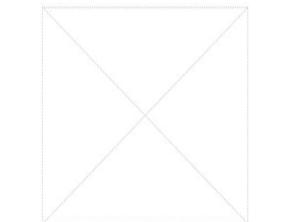
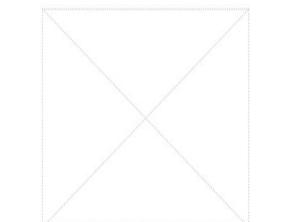
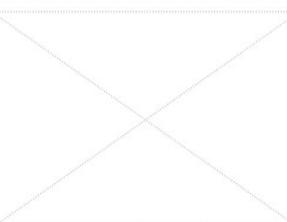
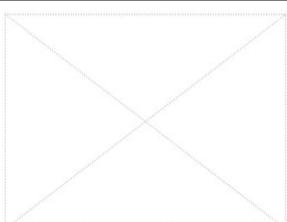
<표 56> 국가센터 5호기 활용 논문 성과(SCI급 논문 기준)

(단위 : 건)

구분	SCI 전수	IF(합계)	IF(평균)
2018년	145	906	6.25
2019년	188	1,243	6.61
2020년	179	1,392	7.82
2021년	153	1,386	9.24
2022년	102	1,040	10.3
전체	767	5,966	7.78

* 출처 : KISTI 자체 자료

<표 57> 국가센터 5호기 활용 정성적 성과 (대표성과)

구분	세부내용	
2018년도 슈퍼컴퓨터 5호기 초고성능컴퓨팅 R&D 혁신지원 프로그램		나시콘(NASICON) 타입 고체 전해질의 안정성 및 효율성 향상을 위한 도핑에 대한 이론적 연구 (탄소나노튜브 활용 리튬 저장 연구)
2018년도 슈퍼컴퓨터 5호기 초고성능컴퓨팅 R&D 혁신지원 프로그램		기계학습을 활용한 백금나노선에서의 수소발생 반응성 예측 (역설계 방법 기반 신소재 연구)
2018년도 슈퍼컴퓨터 5호기 초고성능컴퓨팅 R&D 혁신지원 프로그램		대단위화 전산모사를 이용한 항체-수용체 반응에 의한 체장암 약물 전달 시스템 연구 (이성질체 자가조립 활용 암 세포막 파괴 연구)
2019 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술지원		다양한 기능성 파이 공액 분자 시스템의 방향성과 액시톤 동역학 (반방향성 이합체 연구)
2019 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술지원		양식 가두리 부력제(PE파이프)의 유동 해석 양식장 스마트화 도입을 위해 IoT 기반 해양구조물 개발(단위면적당 물의 흐름 분석, 구조해석, 그물의 유동 특성 분석)
2018 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술지원		해인사 장경관전 내외부 기류 공력해석을 위한 병렬컴퓨팅 지원 해인사 장경관전 기류해석을 통한 병렬 연산성능 검증 해인사 팔만대장경 장기보존원인데 대한 과학적인 분석 및 검증

* 출처 : <https://www.ksc.re.kr/rnd/rndan>

다. 응용SW 기반 구축

- 엑사스케일급 초고성능컴퓨터 활용을 위한 응용SW 기술을 발굴하여, 국가 응용SW 원천기술을 확보하고 국내 응용SW 경쟁력 제고
- 응용SW 원천기술을 확보 및 국내 응용SW 경쟁력 제고를 위해 엑사스케일급 초고성능컴퓨팅 구동 환경에서 효용성 극대화
 - 1초당 10^{18} 번 연산('27년 구축 예정인 슈퍼컴 6호기의 약 2배 수준)
 - '23~'27년 동안 9개 과제, 과제당 평균 50억원씩 총 475억원 규모 예상
 - 국가 10대 전략분야* 연구에서의 초고성능컴퓨터 활용을 위한 응용SW 원천기술과 핵심기술 개발 추진 필요
 - * ①소재·나노, ②생명·보건, ③ICT, ④기상·기후·환경, ⑤자율주행, ⑥우주, ⑦핵융합·가속기, ⑧제조기반기술, ⑨재난·재해, 국방·안보
 - 해외 의존도가 높고, 선진국 대비 국내 역량 부족으로 경쟁 불가로 국가 차원의 R&D 추진 필요

<표 58> 국가 10대 분야별 응용SW 예시

소재·나노	<ul style="list-style-type: none"> • 다기능 융복합 소재 개발 - 실제 실험환경을 모사하는 소재개발로 진화 및 AI 기술과의 접목
생명·보건	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 세포·인간 구현 - 상호 작용 및 구조변화 예측을 통해 인간 유전체 전체에 대한 통합적 이해
ICT	<ul style="list-style-type: none"> • 원자메모리 반도체 개발 - 실리콘 기반 반도체의 저장한계를 초월하는 원자메모리 반도체 개발
기상·기후·환경	<ul style="list-style-type: none"> • 고해상도 전지구 결합기후 모형 - 고해상도(25km) 기후 실험데이터를 통해, 보다 정확한 기후예측 및 생활 정보 제공
자율주행	<ul style="list-style-type: none"> • 가상 자율주행 시뮬레이션 - 물리 센서에 기반한 가상 자율주행 시스템 구현
우주	<ul style="list-style-type: none"> • 고밀도 천체 진화 시뮬레이션 - 천체물리학을 통한 우주론 연구 및 입자관측 기반 고밀도 시뮬레이션 수행
핵융합·가속기	<ul style="list-style-type: none"> • ITER 전체 장치 시뮬레이션 - 대형 토카막 전체 장치에 대한 플라즈마 난류 시뮬레이션 구현
제조기반기술	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 Aircraft 구현 - 비정상 최적설계로 도약하기 위한 전 기체 시뮬레이션
재난·재해	<ul style="list-style-type: none"> • 지능형 기상·해양 재해 사전 예측 - 불규칙적 기상 및 해양 재해 현상들의 모델링을 통한 사전 예측과 대응
국방·안보	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 통합 전투체계 고도화 - 3차원 공간상에서 전투활동을 실시간 수행하는 통합전투체계 구축

- 주요 선진국의 개발 경쟁이 심화되고 있는 국가 차원의 핵심 인프라에도, 국내 초고성능컴퓨팅 응용SW 역량은 민간 투자만으로 지속적인 경쟁 불가로 국가 차원의 R&D 추진 예정

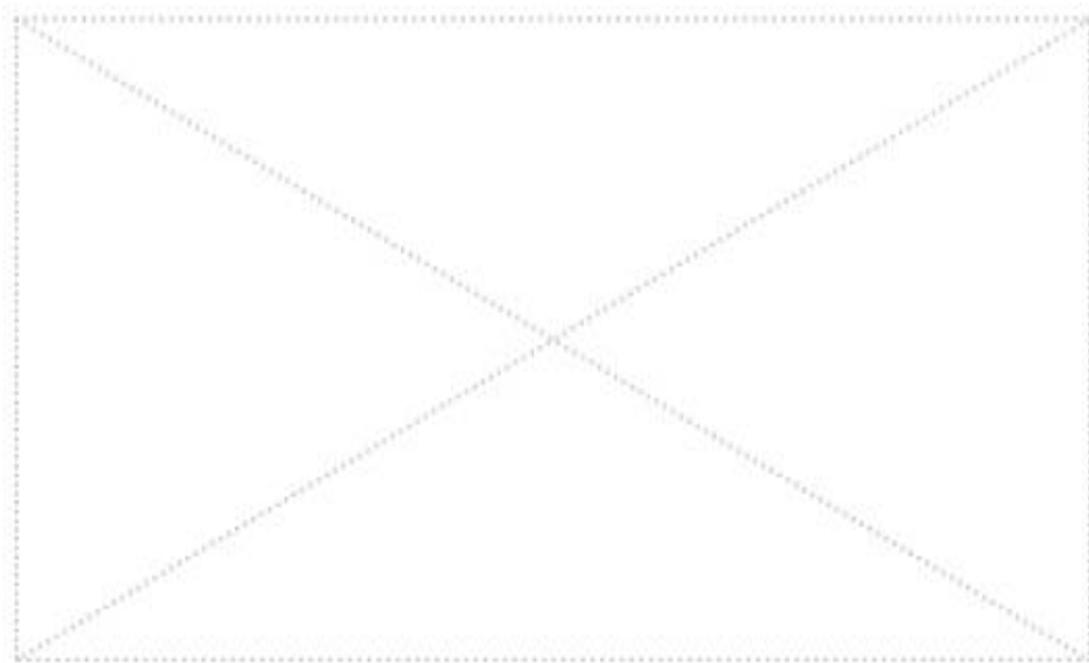
- 초고성능컴퓨팅 활용도 제고를 위해, 전략 분야 연구 커뮤니티의 수요를 만족하는 수준의 응용SW 개발 추진
 - 현재 연구개발 진행 중인 국가 초고성능컴퓨터의 시스템SW 및 플랫폼 HW에 최적화된 응용SW 원천기술 및 전문인력 확보
 - 10대 전략분야에 특화된 계산과학 중심 수요대응형 응용프로그램 SW 개발 추진
 - 초고성능컴퓨팅 응용프로그램 구동 환경을 최적화하고, 성능 효율성을 극대화하는 데이터·AI SW 개발 추진
 - 10대 전략분야 전반에 공통·중복적으로 사용되는 다양한 프레임워크 및 응용 라이브러리를 위한 공통 기반SW 개발 추진
 - 세부과제 기획, 진도관리 및 과제간 예산 조정, 연구성과 관리 및 사업화 지원 등을 위한 연구단 운영비 관리
- 경제/사회적 및 직·간접적 고용과 일자리 창출, 인력양성 파급효과 기대
- 초고성능컴퓨팅 응용SW 개발을 통해 연구현장에서 복잡하고 반복연산을 하는 작업이 많은 연구를 기존 SW대비 작업 실행시간을 단축하는 등 우수한 연구성과 창출에 기여 가능
 - 초고성능컴퓨팅 효요성·활용성 제고를 통한 전략분야 연구의 질적 향상
 - 국내 초고성능컴퓨팅 개발·활용 환경 개선을 통한 관련 생태계 조성
 - 국가 초고성능컴퓨팅 경쟁력 강화 및 신산업 창출을 통한 시장 확대
- 신산업 창출을 통한 일자리 창출 및 초고성능컴퓨팅·인공지능 분야 기술·활용인력 양성
 - 초고성능컴퓨팅 기반 신서비스 개발 기업 발굴을 통한 일자리 창출 효과
 - 연구사업에 참여하는 산·학·연 연구원의 초고성능컴퓨팅·데이터·인공지능 기술 수준 향상을 통한 전문인력 양성 효과

라. 산업생태계 구축 협의체 구성

- 국가초고성능컴퓨팅 관련 생태계의 정책 아이디어와 의견을 수렴하여 육성 계획에 반영하기 위한 산·학·연 이해관계자 주도의 포럼 구성·운영
- 슈퍼컴퓨팅 원천기술 확보와 산업육성을 수행하기 위한 기술개발·구축·활용 전략 수립 필요
 - 국가센터를 지원하기 위해 선진국과 기술격차가 큰 해당 기술을 개발하여 사업화할 수 있는 국내 산·학·연 생태계는 매우 취약한 상태로 초고성능컴퓨팅 산·학·연 간 정보·기술 교류 필요
 - 산업생태계 구축으로 전용 커뮤니티를 활용한 구성원 간의 프로젝트 제안, 토론 및 공통 수요 발굴 가능
 - 오프라인 분과 및 그룹별 기술교류회, 세미나 참여 등 다양한 정보교류 가능
- 슈퍼컴퓨팅 핵심기술개발 및 산업생태계 구축을 위한 기술개발 로드맵, 구축(자원확충) 및 활용까지 모두 포함하는 전략 수립에 해당
 - 인프라, 기술개발 및 활용과 관련된 자원 및 인력의 공동체로, 정책 및 재정지원을 위

한 역할 수행

- HPC 산업생태계에 따른 핵심 참여인력을 선정하여 기술개발 핵심 전략 분야를 도출하고, 전략 분야별 차세대 중점기술 및 중장기 기술개발 로드맵 설계
- 슈퍼컴퓨팅 응용 분야(산·학·연 수요)의 확대·발전 전망 및 그에 따른 관련 기술 확보 방안 마련
- 다양한 수요에 대응하여 컴퓨팅자원이 적기에 제공될 수 있도록 장기적 관점의 컴퓨팅 자원 확보 로드맵 및 자원 배분 정책 수립
- 국가 슈퍼컴퓨팅 기술개발 역량 확보, 자원 확대 및 활용확대 차원에서 분과기반 기획위원을 구성하여 전략적 방향성과 추진전략 도출
 - 기술개발 분과는 슈퍼컴퓨팅 기술개발과 연계된 산·학·연 전문위원으로 구성
 - 인프라 분과는 국내 HPC 운영기관과 연계된 전문위원으로 구성
 - 응용활용 분과는 전통적인 초고성능컴퓨팅 자원 활용 분야(물리, 화학, 우주 등) 및 향후 수요가 확대될 것으로 예상되는 분야(농업, 군사 등)의 전문위원 구성
 - 분과별 추진과제에 대한 세부사항을 도출하고, 종합 의견을 상위 기획위원회에 제출하여 방향성과 세부적인 추진전략 도출



[그림 48] 초고성능컴퓨팅 추진체계

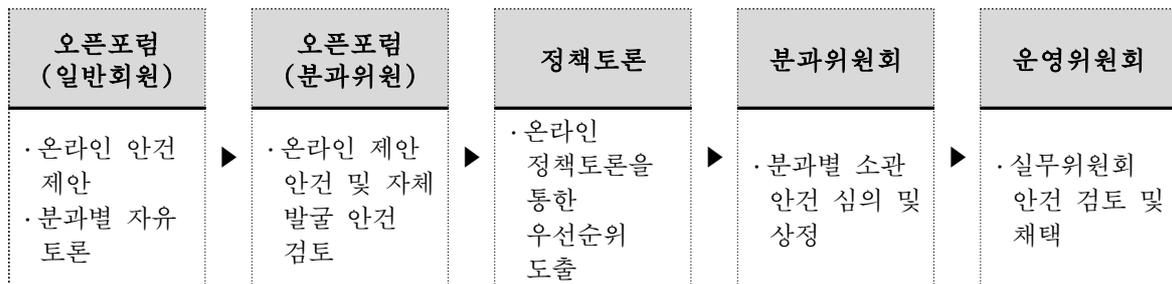
- 해당 분야의 전문가 운영을 통하여 과제를 발굴하고 검토 및 심의 과정을 거쳐 분과별 경과와 성과 점검으로 우선순위 도출, 안전 심의 및 상정, 총회에서 실무위원회 안전 검토 및 채택으로 이루어짐
- 온·오프라인 포럼, 정책토론, 분과위원·운영위원회 회의 등을 운영하여 초고성능컴퓨팅 활동 성과 보고, 우수안전 전파·공유
 - 포럼회원 전체 참여로 신규프로젝트 그룹 개설, 통합, 변경 및 폐지 등에 대한 안내

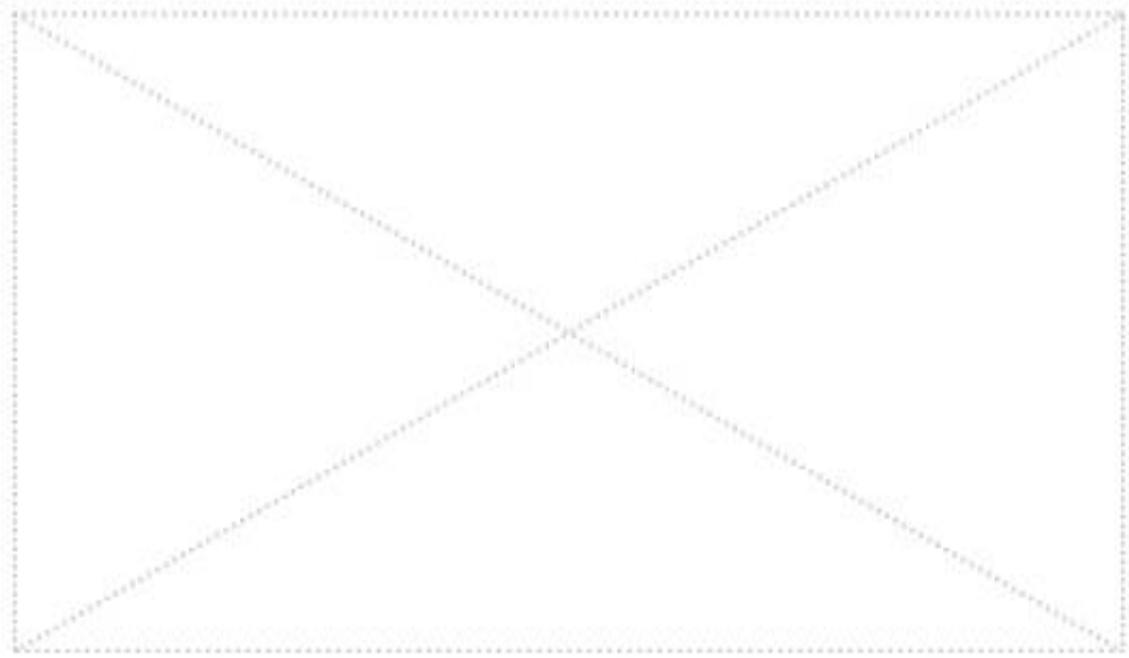
- 신규 프로젝트 그룹 소개를 통한 참여 인력 모집
- 각 포럼 운영 프로세스마다 검토 범위, 방식, 회원 구분으로 안전 상징
 - (온라인, 일반회원 오픈포럼) 분과위원회 및 프로젝트 그룹 활동 결과에 대해 자유롭게 토론을 진행하여 R&D 수요 발굴
 - (온라인, 분과위원 오픈포럼) 기술교류회, 세미나 결과 보고서 등록 및 의견 검토 및 온라인 프로젝트 안전 중 기존 정책과의 중복성, 파급효과, 연결 가능성 등을 고려하여 유망프로젝트 선정

- ① 산업생태계 내 이해관계자가 성과를 체감할 수 있는 혁신성, 시급성, 파급효과 등을 고려하여 우선순위 결정
- ② 정치적 이슈 또는 사회적 논란이 예상되거나 특정 단체(집단)나 개인의 일과 밀접한 관련이 있는 과제는 가급적 지양

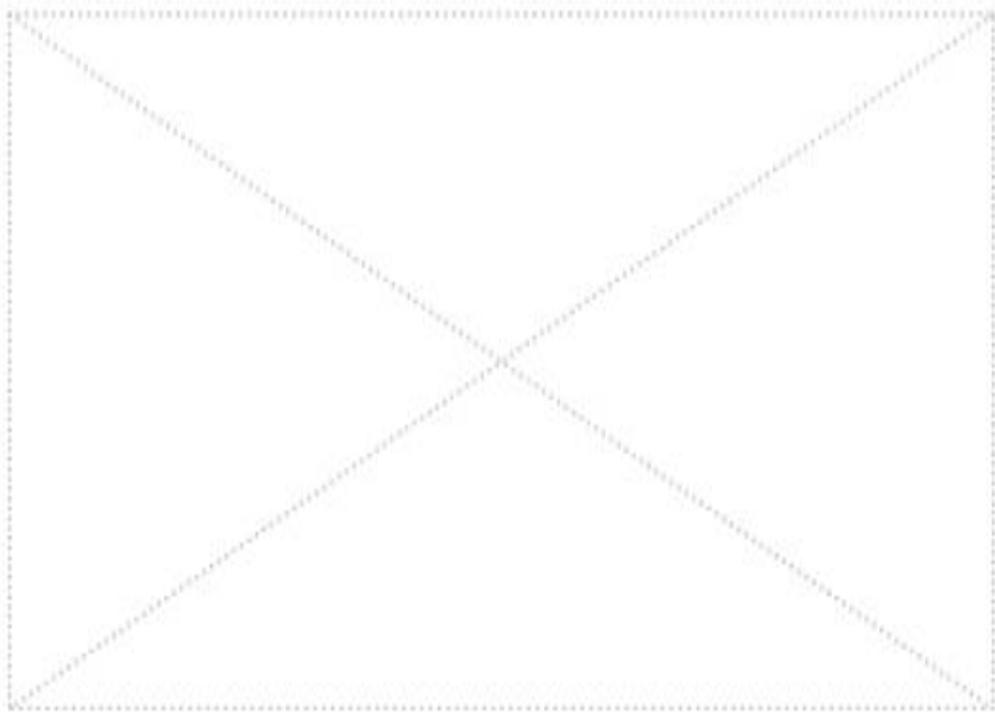
- (온라인, 일반회원 정책토론) 등록된 유망프로젝트에 대해 일반회원이 30일간 댓글작성 방식으로 찬반 토론을 나누고, 온라인 토론을 통해 다수의 공감을 얻은 프로젝트를 분과위원회에 전달(분과별 10개 이내로 제한)
- (분과위원 회의) 분기별 1회 오프라인 모임을 통해 기술교류회, 정책세미나 등을 진행하고 결과를 온라인 커뮤니티에 등록해, 온·오프라인 안전 제안 중 별도의 프로젝트 그룹을 통한 추진이 필요한 안전 심의
 - 온라인 유망프로젝트 검토(일반회원 제안) 및 오프라인 프로젝트 발굴과 정책토론을 거친 상정안건을 운영위원회 최종 결정
 - 중요도와 시급성을 평가하여 운영위원회에서 신규 프로젝트 그룹 개설에 대해 제안
- (운영위원회 회의) 포럼 최고 의사기구로서 분과별 경과보고 및 성과 점검과 분과별 유망프로젝트 발굴을 위해 필요한 신규 프로젝트 그룹 심의·의결
 - 반기별 1회 운영위원회 심의를 통해 국가초고성능컴퓨팅 실무위원회 상정할 검토 및 채택 및 분과간 협의·협조 필요과제 조정 회의 진행
- (총회; 포럼회원 전체) 초고성능컴퓨팅 오픈포럼 및 발전위원회 활동 성과 보고, 우수 안전 전파·공유 및 신규 프로젝트 그룹 개설, 통합, 변경 및 폐지 등에 대한 안내

<표 59> 포럼 운영 프로세스





[그림 49] 연간 추진 프로세스



[그림 50] 과제 발굴-검토-심 의 프로세스

5. 초고성능컴퓨팅 인력양성 현황

가. 초고성능컴퓨팅 인력양성 정책 추진현황

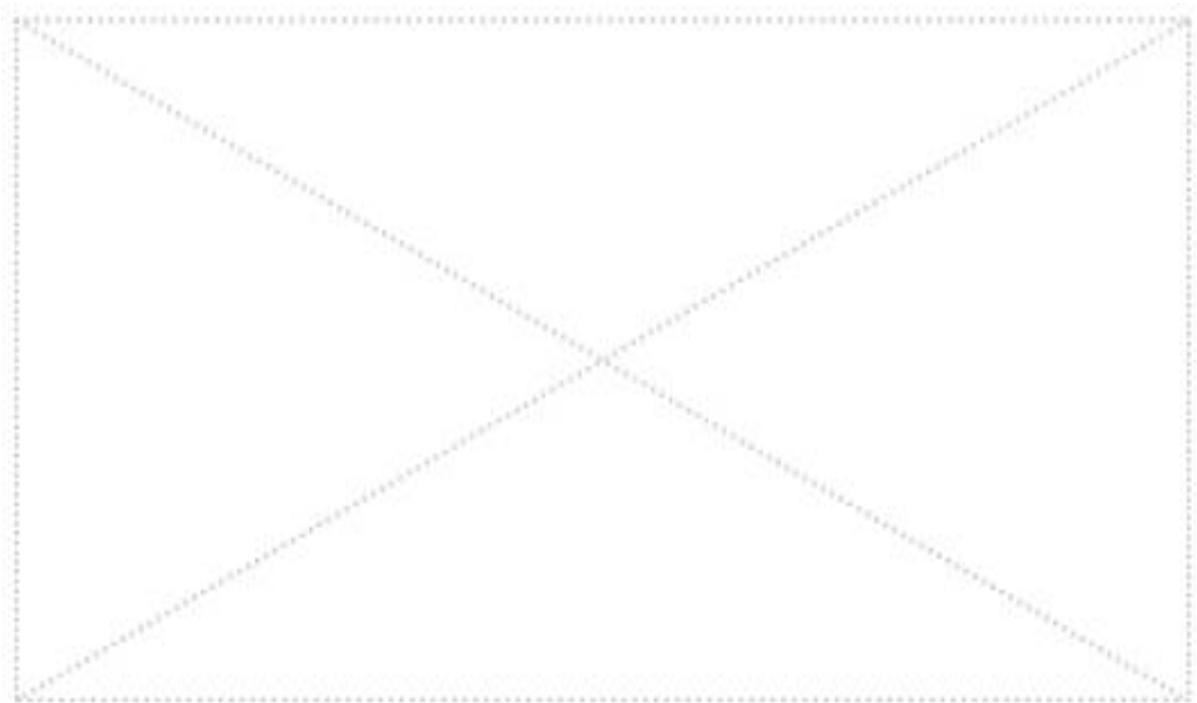
- (기본계획) 제1차 기본계획('13~'17)을 통해 기존 수요 기반 전문인력 양성, 제2차 기본계획('18~'22)을 통해 HPC뿐만 아니라 데이터, AI까지 교육범위를 확장하여 플랫폼 구축, 교육사업 추진 등의 체계적인 인력양성 노력
- (1차 계획) 국가초고성능컴퓨팅 활용 및 육성을 위한 토대를 마련하기 위해 수요 기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성에 주력
 - 선진국에 비해 낮은 초고성능컴퓨팅 인프라 수준을 높이기 위한 자원 확보 노력과 더불어 초고성능컴퓨팅 핵심기술 개발 및 자원 관리·운영·서비스 관련 전문인력 양성에 초점
 - 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성과 관련하여 ①핵심기술 개발 인력양성, ②교육(학위)과정 확대 및 신설, ③관리·운영·서비스 인력 육성 중점 추진
 - 초고성능컴퓨팅 이해 확산을 위한 국민 참여활동 확대 노력으로 ①과학문화 사업 추진 및 과학문화 공간 제공, ②사용자 참여형 실험실(Living Lab) 사업 추진 계획
- (1차 이행) 초고성능컴퓨팅 응용SW 활용 중심의 단기 교육프로그램 진행 및 일부 대학 관련학과 설치·운영으로 전문인력을 배출하였으나, 보다 체계적으로 전문인력 양성 추진의 필요성 제기
 - 실무인력 대상 응용SW 활용수준에 따라 HPC 활용법 등의 초급교육, 병렬 프로그래밍 등의 중급교육, 지능정보 및 응용분야별 고급교육 프로그램 진행
 - 5년간('13~'17) 총 12,701명에 대한 교육 수행 : 초급(2,262명), 중급(4,888명), 고급(5,551명)
 - 몽골, 베트남 등 개발도상국 초청연수 교육 등 대기과학분야 예보 전문기술인력 양성 추진('13~'16)
 - 초고성능컴퓨팅 활용인력 양성을 위해 서울대, 연세대, 이화여대 등에 계산과학공학 관련학과 설치·운영
 - 서울대학교 연합전공 계산과학과 및 대학원 협동과정, 연세대학교 계산과학공학과 대학원, 이화여자대학교 계산과학 연계전공을 운영하여 석·박사 46명 배출('11~'16)
 - 이외에도 계산과학공학분야 육성, 초고성능컴퓨팅 이해 확산 및 미래인재 육성을 위한 다양한 프로그램 기획·개최
 - 연간 총 620여명 대상 경진대회, 교원 직무연수, 청소년 캠프, 과학 문화프로그램 등 개최

연 350여명	국가슈퍼컴퓨팅 경진대회, EDISON SW활용 경진대회 등
연 90여명	교원 대상 전국 초·중등 융합과학 교육 직무연수 등
연 180여명	국가슈퍼컴퓨팅 청소년 캠프, 과학동아리 대상 Dream Makers 프로그램 등

- 수요 기반 단기 교육 프로그램 위주로 운영한 결과, 잠재적 수요 대응 및 미래 산업 선도를 위한 중장기 관점에서의 체계적인 전문인력 양성 필요

- 초고성능컴퓨팅 이해 확산을 위한 국민 참여활동은 경연대회 위주로만 진행되어, 일반인 대상 과학문화 콘텐츠 경험 제공 관련 성과는 매우 저조
- (2차 계획) 중장기적인 전문인력 양성 체계 구축 요구 부응 및 데이터 집약 중심의 과학기술 패러다임 변화 대응 가능한 인력양성 프로그램 추진에 초점
 - 4차 산업혁명 도래와 함께 인공지능(AI), 빅데이터, 클라우드 등의 지능정보기술 활용이 미래사회에 중요한 역할을 수행하게 됨에 따라 지능정보기술 활용에 반드시 필요한 초고성능컴퓨팅 역량 확보 강조
 - 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변확대와 관련하여 ①인력양성 추진체계 구축, ②초고성능컴퓨팅 활용 능력 제고를 위한 전문 교육프로그램 운영, ③초고성능컴퓨터 이해 확산 및 활용을 위한 국민 참여 프로그램 확대 중점 추진
 - 이외에도 광범위한 국가 R&D 지원방안의 일환으로 초고성능컴퓨팅 관련 연구 분야별 커뮤니티를 육성하는 세부과제 제시
- (2차 이행) 단계사업 위주로 인재양성 성과 창출에 집중한 결과 플랫폼 운영 및 4만명 이상의 인재를 배출했지만, 다양한 수요 고려한 맞춤형 전략 필요
 - 「슈퍼컴퓨팅·데이터·인공지능 활성화 지원 교육 사업」을 추진하여 데이터·초고성능컴퓨팅·인공지능 활용 교육과정, 산·학·연·관 협력을 통한 교육과정 등을 개설·운영하고, 모든 교육과정을 확인 가능한 교육 웹사이트* 구축
 - * 과학데이터교육센터(KISTI Science Data Education Center)에서 2021년까지 3년간 578개 교육과정(HPC교육 155개, Data·AI교육 423개)을 통해 총 42,041여명의 수료생 배출
 - 「첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업」을 통해 계산과학공학 플랫폼*을 운영하여, 시뮬레이션SW 개발 및 8개 분야**별 통합서비스 제공 등 추진
 - * (EDISON) EDUcation-research-industry Integration through Simulation On the Net
 - ** 구조동역학, 전산설계, 전산의학, 도시환경, 전산열유체, 나노물리, 계산화학, 전파위성
 - 초고성능컴퓨팅 인재양성 정책을 단계사업 위주로 추진함에 따라 보다 가시적인 성과 창출이 가능해졌지만, 초고성능컴퓨팅의 다양한 분야별 필요한 인력범위를 고려한 맞춤형 프로그램 개발·추진 역량 확보는 아직 미진
- (혁신전략) 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략('21~'30)을 통해 인력범위 정립 및 맞춤형 프로그램 기획·추진 중으로, 3차 기본계획에도 반영 필수
- 국가초고성능컴퓨팅 육성 관련 장기 전략을 마련하기 위해 2021년에 수립한 혁신전략(~'30)으로 2개 중점 추진과제를 통해 인력양성 관련 정책 추진
 - 디지털 혁신, 기후위기, 감염병 등 전 지구적 과제 해결의 시급성, 초고성능컴퓨팅 기술 대전환 등의 국내외 과학기술 패러다임 변화에 대응하는 국가초고성능컴퓨팅 혁신 장기 전략 마련
 - 초고성능컴퓨팅 인프라, 기술, 활용 측면에서 혁신전략 및 중점 추진과제를 도출하였으며, 인력양성 관련 과제는 인프라 및 활용 전략의 2개 추진과제 하위내용으로 분산되어있는 상황

- 초고성능컴퓨터 활용, 개발, 운영으로 인력 범위를 구분하여 특화된 프로그램을 기획·운영하는 방향으로 정책 수립
 - 인력양성 관련 핵심 내용은 ‘혁신적 활용 활성화’ 전략에 포함되어 있으며, 전문인력 범위를 활용, 개발, 운영으로 구분하여, 범위별 특화된 인력양성 대상 선정 및 프로그램 기획
 - (활용) 계산과학공학 관련학과를 설치하여 신규 연구자를 양성하고, 타 분야 연구자까지 국가·전문센터 자원을 활용하여 효과적으로 연구 성과를 창출할 수 있도록 다양한 프로그램 운영
 - (개발) 초고성능컴퓨팅 기술 분야 소액 도전형 R&D사업 등 초고성능컴퓨팅 관련 학과 석·박사 대상 프로젝트 기반 학습 프로그램 추진
 - (운영) 커리어패스 관리를 위한 직무수행능력 표준 개발·보급과 함께 인력의 니즈별 맞춤형 교육과정 운영
 - ‘전략적 인프라 확충’ 전략에서는 초고성능컴퓨팅센터 인큐베이션 프로그램 운영방안의 일환으로 초고성능컴퓨팅 서비스·연구 인력 역량교육 강화



* 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략(관계부처합동, 2021) 인력양성 관련 내용 재구성

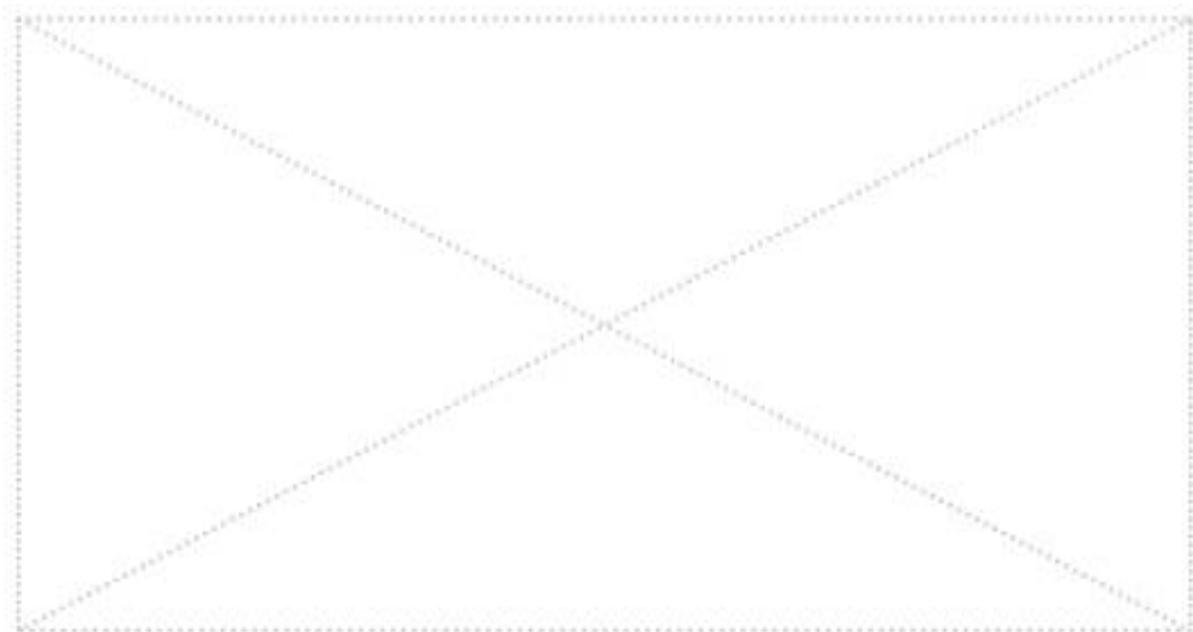
[그림 51] 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략 : 인력양성 관련 정책과제

- 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략의 중점 추진과제들을 효과적으로 추진하기 위해서는 인프라, 기술, 활용 범위별 특화된 인력양성을 위한 별도의 일원화된 정책 추진전략 수립 필요
 - 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략을 추진하기 위해서는 인프라 운영인력, 독자기술개발인력, 응용SW 활용인력을 집중 양성하는 정책 수립이 필수
 - 제3차 기본계획('23~'27) 수립 시, 혁신전략의 인프라, 기술개발, 활용 측면에서 필요

한 인력양성 프로그램을 고려하되, 일원화된 전략으로 체계적이고 효과적으로 맞춤형인재를 배출할 수 있도록 별도의 인력양성 전략 마련 필요

나. 초고성능컴퓨팅 인력양성 사업 추진현황

- 「첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업」은 EDISON* 플랫폼 구축 및 SW·콘텐츠 개발로 웹 기반 교육환경 조성 및 커뮤니티 활성화에 중점
 - * 슈퍼컴퓨터 연동한 웹 기반 플랫폼에 계산과학공학 전문분야별 시뮬레이션 SW 탑재한 교육·연구서비스로, 누구나 SW를 활용하여 가상실험 수행 가능한 학습 환경 제공
- (사업 개요) 교육플랫폼 구축, 시뮬레이션SW·교육콘텐츠 개발 및 커뮤니티 운영 등으로 많은 학생·연구자들에게 다양한 응용·실험·교류경험 제공
 - 온라인상에서 이공계 시뮬레이션SW 및 오픈소스로 제작된 계산과학 SW를 손쉽게 활용 가능한 환경을 제공하여 융합형 인력양성에 기여함과 동시에, 시뮬레이션SW 원천 기술 확보로 시뮬레이션SW 국산화 촉진
 - 2021년까지 10년간('11.7~'21.9) 진행한 사업으로, 총 372.75억 원* 예산 투입
 - * 중앙센터(출연(연) : KISTI) 180.75억 원, 전문센터(대학 컨소시엄 7개) 192억 원
 - 플랫폼을 구축하여 첨단 과학기술 인프라를 제공하는 중앙센터와 함께 분야별 시뮬레이션SW 개발, 학부·대학원 교과과정 콘텐츠 개발·반영, 사용자 지원 및 커뮤니티 활성화 등을 추진하는 전문센터(7개*) 설립·운영
 - * 7개 분야(전산열유체, 나노물리, 계산화학, 구조동역학, 전산설계, 전산의학, 도시환경)



* <https://www.edison.re.kr>

[그림 52] EDISON 웹사이트 메인화면

- (추진 내용) 4단계* 사업으로 교육서비스 환경(EDISON) 구축, 시범서비스를 통한 사용자 의견수렴 및 반영, 플랫폼 안정화, 플랫폼 기능개선·유지보수로 고도화 등의 기술·서비스 개발 순차 추진

- * 1단계('11.7.15~'14.6) → 2단계('14.7~'16.6) → 3단계('16.7~'18.4) → 4단계('18.5~'21.6)
- 1단계로 분야별 웹 포털 시범서비스, 2단계로 통합 웹 포털 서비스, 3단계로 특화 플랫폼 서비스를 운영하고, 마지막 4단계로 EDISON MOOC 서비스 및 인공지능 활용 시뮬레이션 데이터 분석기술을 개발하여 플랫폼 서비스 고도화 추진
- 이공계 학부·대학원생들이 시뮬레이션SW를 활용하여 다양한 문제 해결을 시도하는 'EDISON SW 활용 경진대회'를 정기적으로 개최
 - 2022년까지 총 11회의 경진대회를 개최하였으며, 7개 분야별 대회 진행 및 수상자 선정
- 시뮬레이션SW 개발·활용 위한 R&D사업은 5년간 추진하여 학부·대학원 교과목 수업 연계용, 심화교육용, 산업체 인력 교육용 등의 다양한 콘텐츠 개발 및 사용자 자체 학습 지원 도구(매뉴얼, 영상 등) 제작
- 분야별 전문센터를 통해 연구자·교수·학생이 교류 가능한 커뮤니티 운영
- (주요 성과) 국내 이용이 활발할 뿐만 아니라, 국제공동연구 플랫폼으로 선정, 플랫폼 수출 등으로 국산 플랫폼 구축 및 SW 개발 역량을 국제적으로 증명
- 지난 10년 간 플랫폼을 구축·운영하여 교육·연구를 위한 국산 시뮬레이션SW 900여종* 및 교육 콘텐츠 848여종*을 개발하였으며, 플랫폼 누적 사용자수는 총 79,642명*으로 많은 학부·대학원생, 교수, 연구자들이 시뮬레이션SW를 교육·연구에 활용
- * 전문분야별 성과 (EDISON 홈페이지, '22.8월 기준)

<표 60> 지난 10년 간 교육서비스 환경 구축 사업으로 개발된 콘텐츠 현황

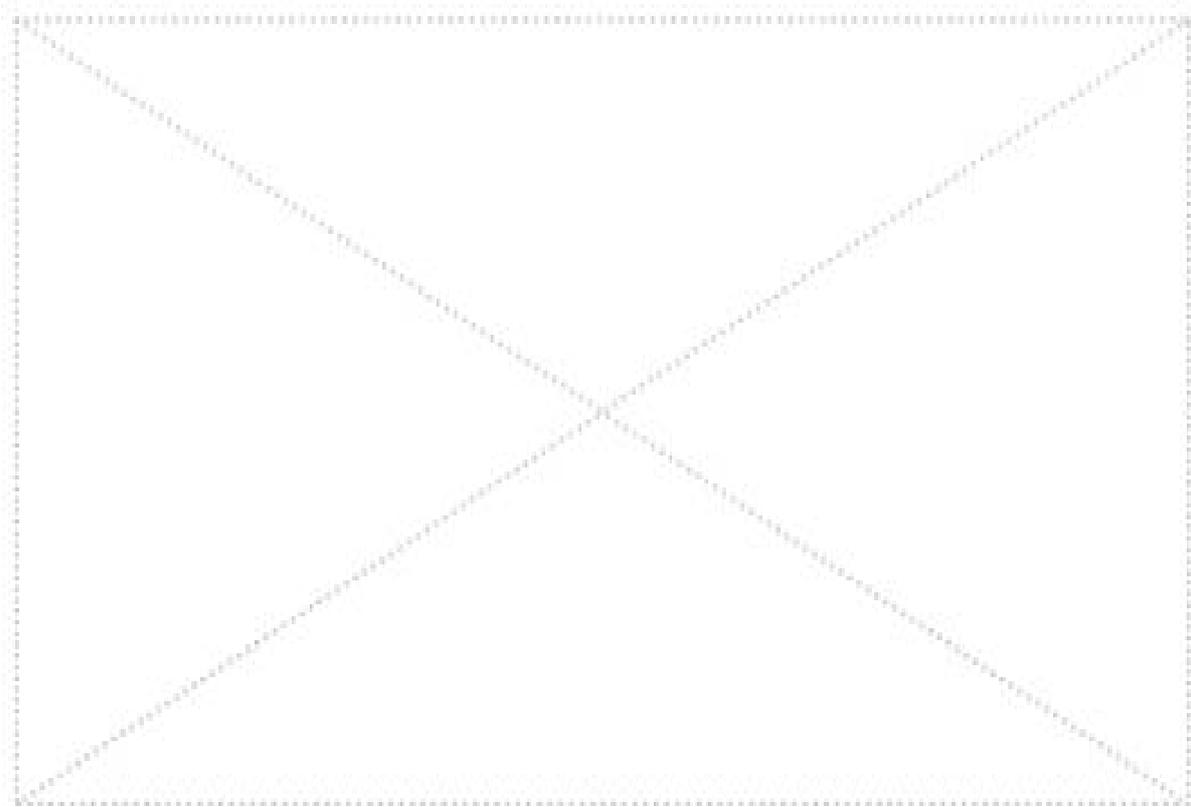
SW (900여종)	중앙센터(119), 전산열유체(110), 나노물리(129), 계산화학(102), 구조동역학(127), 전산설계(61), 전산의학(167), 도시환경(85)
콘텐츠 (848여종)	전산열유체(142), 나노물리(133), 계산화학(229), 구조동역학(165), 전산설계(99), 전산의학(45), 도시환경(35)
사용자수(누적) (79,642여명)	전산열유체(13,108), 나노물리(16,308), 계산화학(33,339), 구조동역학(3,505), 전산설계(1,936), 전산의학(7,539), 도시환경(259), 기타(3,648)

- 베트남 계산과학기술연구소(ICST)와 사이버 교육·연구환경(EDISON) 구축 및 인력 양성 지원 관련 업무협약을 체결('15.4)함에 따라, 국산 계산과학공학 플랫폼 및 시뮬레이션SW를 해외로 수출한 우수사례로 인정
- 미국국립과학재단(NST) 프라그마(PRAGMA*) 국제공동연구 기반플랫폼으로 선정됨에 따라, PRAGMA 컴퓨팅자원에 EDISON 설치 및 국제적인 플랫폼 운영('19.4)으로 국가 기술경쟁력 확인
 - * 환태평양지역 그리드응용 연구학회(Pacific Rim Application and Grid Middleware Assembly)
- 이외에도 국내외로 EDISON 플랫폼의 우수성을 인정받아 다양한 수상실적 확보 및 R&D 우수성과로 선정

<표 61> EDISON 플랫폼 활용 국내외 수상 실적

국외	국제 슈퍼컴퓨팅 콘퍼런스(SC13) HPC Innovation Excellence Award 수상(IDC, '13), 2019 ASOCIO ICT Awards Digital Government 부문 수상(ASOCIO, '19) 등
국내	기초연구 우수성과 50선 선정(NRF, '14), 국가연구개발 우수성과 100선 선정(과기부, '17), iECO AWARD 서비스 혁신대상 수상(KIPFA, '18)

- EDISON 후속 사업으로 기존 교육플랫폼 서비스와 더불어 분야별 특화된 플랫폼을 추가로 구축하여 계산과학·데이터·인공지능 기반 첨단 융합연구·교육환경을 제공하는 「디지털융합R&D플랫폼 구축사업」 추진('22.7~'32.6, 10년)

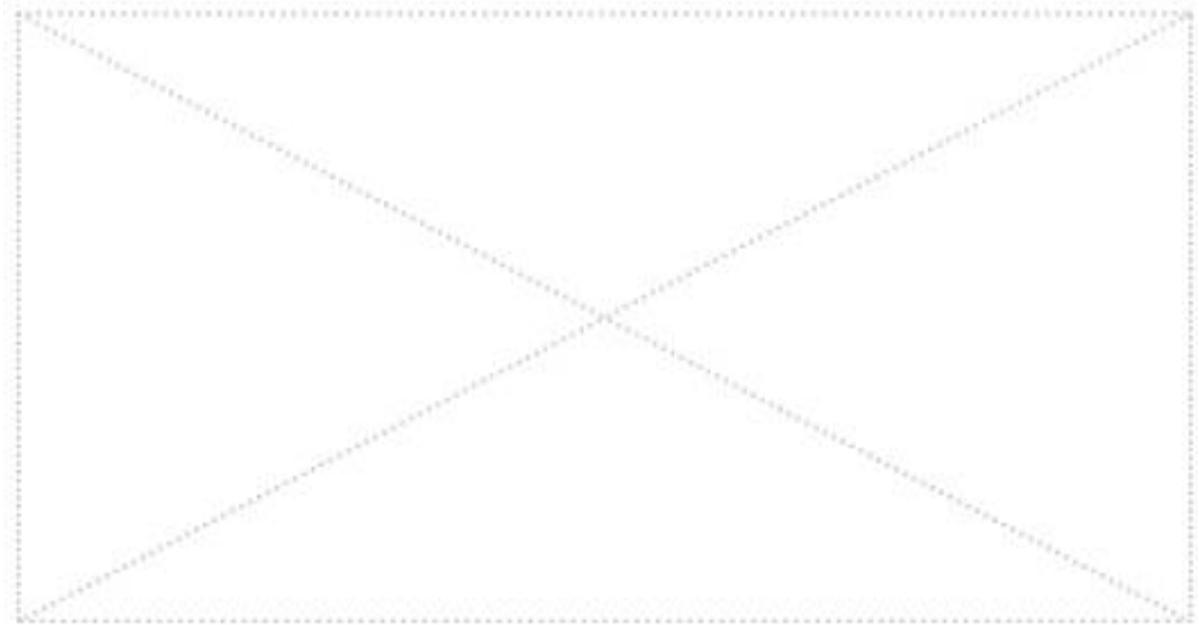


* EDISON 및 디지털융합R&D플랫폼구축사업 개요(KISTI, 2021) 일부내용 재구성

[그림 53] EDISON 및 디지털융합R&D플랫폼 구축사업 비교분석결과

- 「슈퍼컴퓨팅·데이터·인공지능 활성화 지원 교육사업」은 슈퍼컴퓨팅 전문인력을 양성하기 위해 HPC 활용 관련 핵심분야 전문교육과정 개발 및 운영 업무 추진
- (사업 개요) 디지털 전환흐름에 따라 초고성능컴퓨팅뿐만 아니라 데이터 및 인공지능 분야 인재양성을 목적으로, 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서 전문역량을 바탕으로 교육과정 개발·운영 중
 - 데이터 중심의 다양한 교육과정을 개발·운영하여 4차 산업혁명의 시대적 요구(초고성능컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능 등)에 부응하는 데이터 전문인력 양성
 - 2018년부터 연차사업으로 추진 중이며, 2021년까지 약 2,304백만 원* 예산 투입

- * ('18) 744백만 → ('19) 604백만 → ('20) 460백만 원 → ('21) 496백만 원
- 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서 내부역량(전문가, 슈퍼컴퓨터, 데이터) 기반 전문 교육과정 수요조사·설계·운영·확대 업무 및 교육 통합 웹사이트*를 구축하면서, 산·학·연·관과 연계한 대상별 특화한 비정기 전문교육과정 및 국민참여 프로그램 개발·운영
- * ('18) 교육통합홈페이지인 '과학데이터교육센터'(https://kacademy.kisti.re.kr/) 구축



* 과학데이터교육센터(https://kacademy.kisti.re.kr/, 2022.9)

[그림 54] 과학데이터교육센터 웹사이트 메인화면

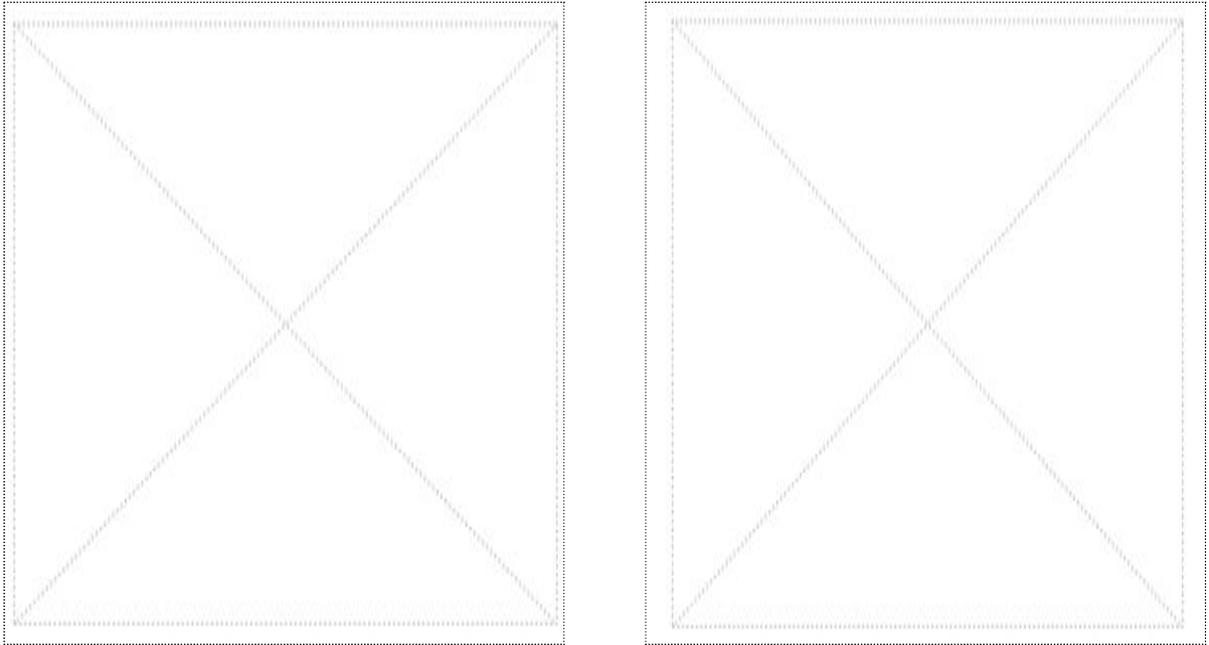
- (추진 내용) HPC·데이터·AI 중심 정기교육과정 및 산학연관 대상 비정기교육과정을 개발·운영하고, 국민 참여 프로그램도 함께 진행
 - (정기) HPC 활용, 데이터 이용, AI 응용을 중심으로 온라인 교육콘텐츠를 수준별로 개발하여 전문교육과정을 운영하면서, 교육통합웹사이트 운영 및 고도화, 교육 브랜드 구축 및 홍보 콘텐츠 개발 함께 추진
 - (비정기) 산학연관별* 업무특성 기반 빅데이터 이해도 제고 및 수집·분석 역량 강화를 위한 빅데이터 분석가 양성과정을 추진하고, 데이터·AI 역량 향상을 위한 소재연구데이터 전문인력 양성과정 실시
 - * ('21년) 법무부, 소방청, 경북도청, 한국산업기술진흥협회(KOITA) 등 대상 교육 실시
 - (국민참여) 산학연관별 전문인력 수요에 대응하는 HPC·빅데이터·AI 단기교육 진행과 더불어 청소년 및 일반인 대상 캠프, 해커톤, 경진대회 등* 실시
 - * ('21년) 흥릉 미래과학축제 AI 온라인 캠프, NVIDIA GPU Bootcamp, Hackthon 등 추진

<표 62> KISTI 주요 교육과정(2021 기준)

교육 유형	주요 교육과정
정기 전문교육과정 운영	<ul style="list-style-type: none"> • HPC 활용 교육 • AI 응용 교육 • KISTI 전문교육 통합웹사이트 운영 및 고도화 • 데이터 이용 교육 • 온라인 교육콘텐츠 개발 • 과학데이터스쿨 교육 브랜드 구축 및 홍보 콘텐츠 개발
비정기 전문교육과정 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 빅데이터 분석가 양성 과정 • 소재 연구데이터 전문교육
국민참여 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> • 산학연관 대상 단기교육 • 청소년 및 일반인 대상 교육

* 2021년 KISTI 사업보고서 과제내용 재구성

- (주요 성과) 슈퍼컴퓨팅 관련분야의 온·오프라인 전문교육과정을 운영하여 전문인력의 역량 강화에 크게 기여함과 동시에 청소년·일반인 참여 가능한 프로그램도 운영하여 국민의 이해도 증진을 위해 지속적으로 노력
 - ①HPC 활용, 최적화, 병렬 프로그래밍 등 HPC 관련 교육과정, ②데이터과학, 데이터 분석, 가시화 등 데이터 관련 교육과정, ③딥러닝, 파이썬 등 인공지능 응용 교육과정을 운영하여, '21년 기준 약 2,333여명*의 수료생 배출
 - * HPC 관련 16개 과목 81회 운영·680명 수료, 데이터 관련 34개 과목 199회 운영·964명 수료, AI 관련 9개 과목 79회 운영·689명 수료
 - 소재 연구데이터 전문가 양성과정을 통해 소재분야 이론·실습교육을 진행하여 '21년 기준 약 1,048명*의 수료생 배출
 - * 소재 연구데이터 전문인력 양성 교육과정 70개 과목 12회 운영
 - 정부기관, 지자체, 협회 등을 대상으로 빅데이터 분석역량 강화 교육도 함께 진행하여, '21년 기준 약 1,416명*의 수료생 배출 및 소재·빅데이터·AI 기술 융합역량 보유한 고급인력 양성에 기여
 - * 법무부·소방청 10개 과목 5회 운영·102명 수료, 경북도청 2개 과목 2회 운영·620명 수료, KOITA 8개 과목 4회 운영·694명 수료
 - 정기 및 비정기 교육과정 외에도 산학연관과 연계·협력하여 전문인력 육성을 위한 단기 교육과정을 맞춤형으로 개발·운영하여, '21년에는 약 백여 명*의 수료생 배출
 - * ('21 단기 교육) 금오공대 인공지능, 충북대 HPC·AI 겨울학교, 홍릉 미래과학 축제 -KISTI 인공지능 온라인 캠프, 한밭대-유성구청 빅데이터 분석 기본교육 등 운영
 - 특히, '해커톤(Hackathon)*'을 개최하여 전문인력이 현장에서 맞닥뜨린 연구문제를 멘토의 도움을 받아 GPU 병렬컴퓨팅 기술을 활용하여 주도적으로 해결하는 경험을 제공하여, 최대 3.5배의 가속화 실현하는 등 재직자들의 업무역량 향상에 크게 기여
 - * 해킹(Hacking) 및 마라톤(Marathon)의 합성어로, 기획자·개발자 등의 전문인력이 팀을 이뤄 장시간 시제품 단계의 결과물을 완성하는 대회



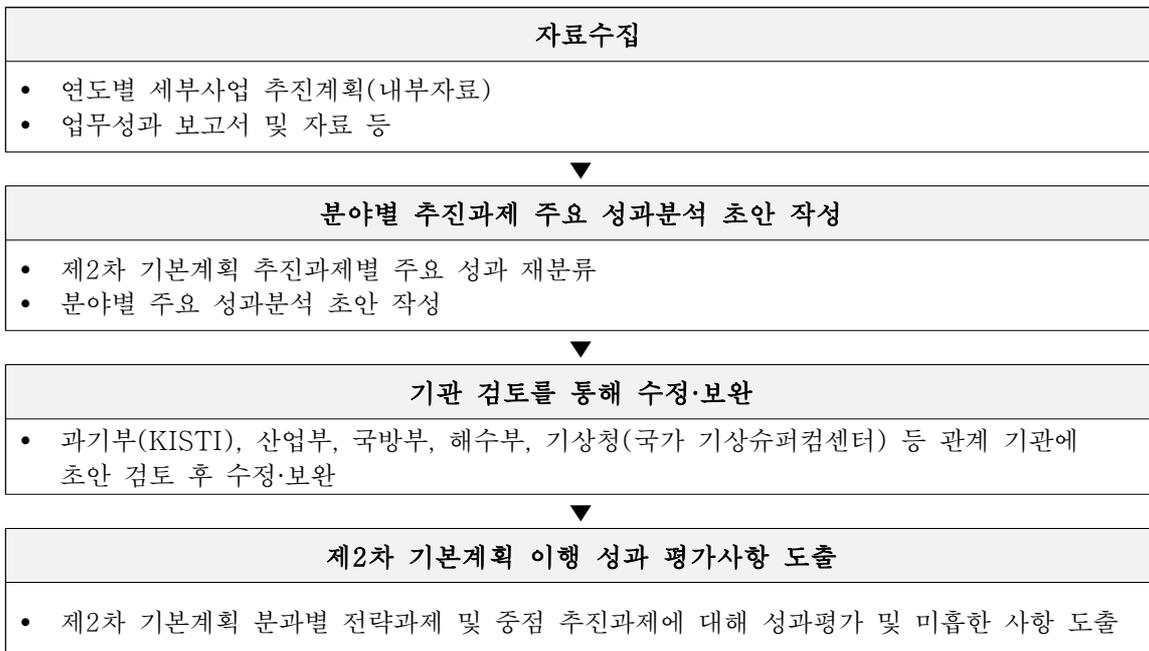
[그림 55] 국민참여 프로그램 홍보자료(2021)

제3장 국가 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 정책 방향 도출

제1절 제2차 기본계획 성과분석 개요

- 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(2018~2022)의 3대 전략과제 및 9대 중점 추진과제 실적에 대하여 전문가 그룹의 객관적 평가와 결과 도출
 - (목적) 5개년 법정 기본계획인 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획의 연도별 추진과정상 평가 및 보완사항 도출
 - (방법) 연도별 추진실적을 수집하여 추진과제별 주요 성과 초안 작성 후 기관별 검토 및 수정, 보완사항 제시 등 진행
 - 2018년부터 2022년까지 연도별 추진성과를 종합 정리하여 해당 부처 및 산하기관 담당 부서 검토 추진
 - 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 추진과제별 성과를 정량적, 정성적으로 평가하여 전문가 의견 수렴

<표 63> 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 이행 성과분석 과정



- 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획은 국가적 차원으로 4차 산업혁명 대응 초고성능 컴퓨팅 역량을 확보하기 위한 비전 및 목표 수립·추진
 - 4차 산업혁명 대응 초고성능컴퓨팅 역량 확보를 위해 3대 추진전략과 9개 중점 추진과제를 이행하기 위한 계획 수립

비 전

4차 산업혁명 대응 초고성능컴퓨팅 역량확보



추진전략 및 목표	추진과제
초고성능컴퓨팅 활용확대 및 응용전문화	① 광범위한 국가 R&D 지원
	② 제조업의 디지털 혁신 지원
	③ 국민생활문제 해결 지원
초고성능컴퓨팅 인프라 확보	④ 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화
	⑤ 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분
	⑥ 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변확대
초고성능컴퓨팅 원천기술 확보 및 산업육성	⑦ 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화
	⑧ 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응
	⑨ 초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출

[그림 56] 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 비전 체계도

- 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 이행계획의 담당 기관 및 부서에서 세부 내용 확인 후 각 과제별 추진실적 수정·보완 실시

<표 64> 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 소관 부처 현황

추진전략	추진과제	소관 부처
I. 초고성능컴퓨팅 활용확대 및 응용전문화	① 광범위한 국가 R&D 지원	과기정통부
	② 제조업의 디지털 혁신 지원	과기정통부, 중소벤처기업부
	③ 국민생활문제 해결 지원	과기정통부, 보건복지부, 해양수산부, 기상청
II. 초고성능컴퓨팅 인프라 확보	④ 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화	과기정통부, 해양수산부, 기상청
	⑤ 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분	과기정통부, 해양수산부, 기상청
	⑥ 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변 확대	과기정통부
III. 초고성능컴퓨팅 원천기술 확보 및 산업육성	⑦ 초고성능컴퓨팅 기술 개발 역량 강화	과기정통부
	⑧ 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응	과기정통부, 산업부
	⑨ 초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출	과기정통부

[참고] 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 연도별 소요예산

(단위 : 백만원)

추진과제	세부과제(세부사업명)	소관	'18년 예산	'19년 예산	'20년 예산	'21년 예산	'22년 예산	연평균 증가율
1. 광범위한 국가 R&D 지원	초거대 계산기술 확보를 통한 과학/공학 초거대문제 해결 연구·지원	과기정통부	2,170	1,778	2,075	1,803	2,206	0.3%
	슈퍼컴퓨팅/AI기반 나노소재 원천기술 개발 및 바이오·의료분야 전략 연구	과기정통부	-	-	866	729	-	
	HPC 기반 계산과학공학 AI 융합플랫폼 기술 개발	과기정통부	1,275	755	2,120	1,829	-	
	차세대 슈퍼컴퓨팅 서비스 기술 연구	과기정통부	900	769	543	457	-	
	기후 변화: 과거, 현재, 미래	과기정통부	-	-	3,210	380	640	-41.6%
	고성능컴퓨팅지원	과기정통부	-	5,700	24,000	24,000	24,000	43.2%
	초고성능컴퓨팅 활용 고도화	과기정통부	-	-	-	-	1,000	
소계			4,345	9,002	32,814	29,198	27,846	45.0%
2. 제조업의 디지털 혁신 지원	산업 및 공공분야 문제 해결을 위한 초고성능컴퓨팅 활용 기술 개발	과기정통부	2,276	1,688	1,386	1,176	1,121	-13.2%
	스마트 적층제조 공정혁신 지원기반 고도화	산업부	-	-	2,332	-	-	
	인공지능 및 혼합현실 기반의 하수처리 시설 유지관리 기술 개발	환경부	-	-	360	-	-	
	가상물리시스템(CPS)기반 스마트공장 솔루션 개발	중기부	-	-	2,025	2,400	3,125	15.6%
소계			2,276	1,688	6,103	3,576	4,246	13.3%
3. 국민생활문제 해결 지원	인공지능 활용 혁신 신약 발굴	과기정통부	-	-	-	-	1,653	
	수치예보시스템 운영체계 개선	기상청	708	661	661	661	661	-1.4%
	수치예보 및 자료응용 기술개발	기상청	-	-	-	-	5,408	
	한국형수치예보모델개발	기상청	10,253	10,253	-	-	-	0.0%
	황사·연무 감시 및 예보기술 개발	기상청	-	-	-	-	353	

(단위 : 백만원)

추진과제	세부과제(세부사업명)	소관	'18년 예산	'19년 예산	'20년 예산	'21년 예산	'22년 예산	연평균 증가율
3. 국민생활문제 해결 지원	기상재해 사전대비 중심의 시·공간 통합형수치예보기술 개발	기상청	-	-	-	-	15,700	
	공군 기상기술개발 용역	국방부	535	1,103	1,926	313	309	-10.4%
	고성능 컴퓨팅 기반 홍수예측 시공간적 범위 확장기술 개발	환경부	-	349	705	1,009	-	42.5%
	기후 예측 현업시스템 운영 및 개발	기상청	5,044	2,857	-	1,861	1,663	
	해양기상 감시 및 차세대 해양예측 시스템 개발	기상청	1,023	2,360	2,402	1,223	1,232	3.8%
	아태지역 실시간 고품질 기후예측시스템 운영 및 기술개발	기상청	874	634	477	536	535	-9.3%
소계			18,437	18,217	6,171	5,603	27,514	8.3%
4. 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화	국가 플래그십 초고성능컴퓨터 인프라 구축 및 서비스	과기정통부	27,776	24,094	23,016	10,937	9,337	-19.6%
	미래 수요 기반의 과학기술연구망 인프라 구축·운영 및 서비스	과기정통부	10,088	9,147	8,685	8,488	7,843	-4.9%
	대형연구장비 기반 데이터컴퓨팅 인프라 구축 및 서비스	과기정통부	2,500	2,321	2,321	2,158	1,568	-8.9%
	인공지능 기반 공동활용 보안체계 구축	과기정통부	2,186	1,711	994	837	867	-16.9%
	기초연구 실험데이터 글로벌 허브구축	과기정통부	2,565	2,777	2,777	3,188	3,120	4.0%
	기초과학 초고성능 컴퓨팅 인프라 구축 운영	과기정통부	-	-	-	1,742	2,974	30.7%
	고성능 핵융합 시뮬레이션 연구	과기정통부	-	-	-	1,275	2,320	34.9%
	소재 연구데이터 플랫폼 구축	과기정통부	-	-	-	5,950	7,275	10.6%
	기상용슈퍼컴운영	기상청	26,198	27,427	27,171	28,985	30,280	2.9%
	국립 농생명 슈퍼컴퓨팅센터 인프라 구축 사업	농진청	-	-	-	2,000	6,000	73.2%
	스마트 해양예측 기술개발사업	해양수산부	-	-	-	1,698	-	
	AI중심 산업융합 인프라 구축	과기정통부	-	-	12,600	16,021	18,135	12.9%
	기후물리 연구단 슈퍼컴퓨터 구축 및 운영	IBS	10,010	212	-	-	-	-85.4%
	기상 수치예보시스템 2호기 운영	국방부	850	843	850	673	115	-33.0%
	기상 수치예보시스템 교체 사업	국방부	-	-	-	-	754	
데이터 기반의 바이오 연구 환경 조성	과기정통부	-	-	3,000	26,429	16,429	76.3%	
소계			82,173	68,532	81,414	110,381	107,017	5.4%

(단위 : 백만원)

추진과제	세부과제(세부사업명)	소관	'18년 예산	'19년 예산	'20년 예산	'21년 예산	'22년 예산	연평균 증가율
5. 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분	국가 초고성능컴퓨팅센터 운영지원 사업	과기정통부	-	-	1,000	1,000	1,500	14.5%
	슈퍼컴퓨팅 자원 활용	국방부	80	80	80	180	180	17.6%
소계			80	80	1,080	1,180	1,680	83.8%
6. 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변확대	슈퍼컴퓨팅·데이터·인공지능 활성화 교육지원	과기정통부	250	100	250	496	594	18.9%
	첨단 사이언스·교육 허브 개발 (EDISON)	과기정통부	3,743	2,997	2,345	3,545	1,985	-11.9%
소계			3,993	3,097	2,595	4,041	2,579	-8.4%
7. 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화	초고성능컴퓨팅 공동활용을 위한 통합 환경 개발 및 구축	과기정통부	1,847	1,221	1,303	1,116	3,305	12.3%
	페타스케일 초고성능컴퓨터 핵심기술 개발	과기정통부	6,931	2,000	-	-	-	-46.3%
	SW컴퓨팅 산업원천기술개발	과기정통부						
	1) 매니코어 기반 초고성능 스케일러블 OS 기초 연구		-	3,000	3,000	3,000	710	-30.3%
	2) 메모리 중심 차세대 컴퓨팅 시스템 구조 연구		-	-	-	3,650	3,609	-0.6%
	3) 서비스 이동 지원을 위한 분산형 클라우드 핵심원천기술 개발		-	400	400	400	-	0.0%
	4) 소프트웨어 정의 서버 기반 클라우드 서비스를 위한 단일 가상화 서비스 플랫폼 핵심기술개발		-	800	1,067	1,067	-	10.1%
	5) VM과 Container의 취약성을 극복하는 차세대 클라우드 운영체제 기술 개발		-	-	-	1,500	1,220	-9.8%
	6) 거대 학습 모델 초고속 처리를 위한 고효율 AI 컴퓨팅 SW 핵심기술개발		-	-	-	-	1,200	
	차세대 초고성능 이기종 매니코어 HW 시스템 개발	과기정통부	-	2,000	2,000	2,000	833.3	-19.7%
	차세대정보컴퓨팅기술개발사업 (PF급 이종 초고성능컴퓨터 개발)	과기정통부	-	2,670	3,449	-	-	13.7%
슈퍼컴퓨터 개발 선도사업	과기정통부	-	-	9,000	13,000	13,700	15.0%	
소계			8,778	12,091	20,219	25,733	24,577	22.9%

(단위 : 백만원)

추진과제	세부과제(세부사업명)	소관	'18년 예산	'19년 예산	'20년 예산	'21년 예산	'22년 예산	연평균 증가율
8. 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응	지능형 반도체 신소자 원천기술개발	과기정통부	-	7,000	7,000	7,000	-	0.0%
	차세대지능형반도체기술개발(소자)	과기정통부	-	-	18,000	33,977	47,077	37.8%
	차세대지능형반도체기술개발(설계)	과기정통부	-	-	24,448	24,626	36,215	14.0%
	양자컴퓨팅 기술개발	과기정통부	-	6,000	8,400	9,634	11,409	17.4%
	양자암호통신 기반 공동활용 네트워크 기반 구축	과기정통부	-	-	2,620	2,620	2,381	-3.1%
	PIM인공지능반도체핵심기술개발(소자)	과기정통부	-	-	-	-	9,906	
	양자컴퓨팅연구인프라구축	과기정통부	-	-	-	-	10,000	
	양자정보과학 연구개발 생태계 조성	과기정통부	-	-	6461	5977	11,200	20.1%
	PIM 인공지능 반도체핵심기술개발(설계)	과기정통부	-	-	-	-	24,882	
	양자정보과학 인적기반 조성	과기정통부	-	-	-	3,875	15,650	101.0%
소계				13,000	66,929	87,709	168,720	89.8%
9. 초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출	고성능컴퓨팅(HPC) 이노베이션 허브 구축	과기정통부	7,500	10,681	6,461	3,580	3,222	-16.9%
	제조산업 엔지니어링용 3D CAD 기반 형상패턴 모델링 기법 및 통합 해석 플랫폼 개발	과기정통부	200	-	-	-		
소계			7,700	10,681	6,461	3,580	3,222	-16.0%
합 계			127,782	136,388	223,786	271,001	367,401	20.7%

제2절 제2차 기본계획 주요 추진실적 분석

1. 제2차 기본계획 주요 추진실적 요약

<표 65> 제2차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 주요 추진실적 요약

추진전략	추진과제	소관 부처
I. 초고성능 컴퓨팅 활용확대 및 응용전문화	① 광범위한 국가 R&D 지원	<ul style="list-style-type: none"> 초고성능컴퓨팅 기반 과학·공학분야 거대문제 해결 지원 <ul style="list-style-type: none"> '18년부터 '21년까지 초고성능컴퓨팅 자원 활용 연구를 통해 국내외 저명 학술지에 약 1,700여건 논문 게재('21년 연구지원 건수 대비 185% 수준) 기상용 슈퍼컴퓨터를 활용하여 국제적 모델 분석기법인 CMIP6에 부합하는 세계적 수준의 기후변화 예측 기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> CMIP6 기반 전지구 기후변화 전망보고서 발간, 동아시아 지역 과거 기후시나리오 산출(25km 해상도) 등
	② 제조업의 디지털 혁신 지원	<ul style="list-style-type: none"> 초고성능컴퓨팅 기반 M&S클라우드 활용 제조기업 생산성 증가 기여 <ul style="list-style-type: none"> M&S 전용 클라우드(HEMOS-Cloud) 활용으로 연평균('18~'21) 시간단축 효과(A) 61.5%, 비용절감 효과(B) 75%, 생산성(A, B 평균) 68.4% 증가
	③ 국민생활문제 해결 지원	<ul style="list-style-type: none"> 의생명*, 기상·기후, 환경, 국방·안보, 재난대응 등 국민 생활 밀접분야 현안 해결에 초고성능컴퓨팅 적극 활용 <ul style="list-style-type: none"> * KISTI-서울대-화학(연) 간 연구협력체계 구축, 글로벌 코로나19 HPC 컨소시엄 참여
II. 초고성능 컴퓨팅 인프라 확보	④ 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화	<ul style="list-style-type: none"> 국가센터 및 기초과학연구원(IBS) 신규 자원 구축으로 미래 수요 대응 <ul style="list-style-type: none"> ('17) 국가센터 5호기 도입으로 세계 13위 수준*의 초고성능컴퓨팅 인프라 구축 ('18) IBS기후물리연구단 신규 초고성능컴퓨터**(알레프) 구축(1.43PF) ('22) 기상청 기상용슈퍼컴퓨터 5호기 구축 및 서비스 개시(50PF)
	⑤ 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분	<ul style="list-style-type: none"> 세계적 수준의 국가 초고성능컴퓨팅 도입 및 활용 고도화 노력 경주 <ul style="list-style-type: none"> 국가센터 6호기 도입 사업 기획, 국내 초고성능컴퓨팅 산·학·연 협의체 발족·운영 국가 현안 및 전략분야 R&D 지원을 위한 전략적 자원배분 사업 추진 <ul style="list-style-type: none"> '20년 초고성능컴퓨팅 활용 대형·집단연구 221건 지원(거대, 창의, 혁신성장 연구)

추진전략	추진과제	소관 부처
Ⅱ.초고성능 컴퓨팅 인프라 확보	⑥ 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변 확대	<ul style="list-style-type: none"> • 과학데이터 및 초고성능컴퓨팅 기반 인재양성 교육 추진 제공, 개방형 플랫폼 사업 추진으로 활용 저변 확대 - 전문인력 양성 ('18) 706명, ('19) 537명, ('21) 641명, ('21) 675명 등 평균 640여명 양성 - '21년 활용SW 1,029종, 활용 콘텐츠 882종 제공으로 59개 기관, 약 9만명 활용
Ⅲ.초고성능 컴퓨팅 원천기술 확보 및 산업육성	⑦ 초고성능컴퓨팅 기술 개발 역량 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 주요국에서도 개발하지 못한 HPC 요소기술 세계 최초 개발 성과 도출 - PF스케일의 병목현상이 발생하지 않는 대규모 기계학습 엔진을 확보하여 전례 없는 기계학습 기반 Genome 분석 질병 예측 성과 발생
	⑧ 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응	<ul style="list-style-type: none"> • 범부처 R&D를 추진하여 양자기술 등 미래 컴퓨팅기술에 대한 신규 투자 확대 - 신규 R&D 사업 추진 건수 ('18) 2건 → ('21) 31건으로 확대 - 관련 세부과제 수 ('18) 28개 → ('21) 85건으로 확대
	⑨ 초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출	<ul style="list-style-type: none"> • HPC 제품개발 및 성능검증 등을 확대하여 기업 경쟁력 강화 기여 • HPC 관련 기업이 보유한 기술 인증으로 세계적 전문기업 육성 지원 • 고성능컴퓨팅 관련 R&D 성과의 민간 이전(사업화)로 유발매출발생, 비용절감 등 효과 창출

2. 제2차 기본계획 주요 추진실적 분석 결과

가. (전략 I) 초고성능컴퓨팅 활용확대 및 응용 전문화

[I-1] 광범위한 국가 R&D 지원

□ 연도별 소요예산

- 초고성능컴퓨팅을 활용한 국가 R&D 지원 예산은 ('18) 43.45억 원에서 ('22) 278.5억 원으로 집계되었으며, 연평균 증가율은 약 45%로 분석됨

<표 66> 광범위한 국가 R&D 지원 관련 예산 변화 추이

(단위 : 억 원, %)

2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 증가율
43.45	90	328.1	291.9	278.5	45

□ 주요 추진 실적

- 초고성능컴퓨팅 기반 과학·공학 분야 거대문제 해결·지원
 - 국가 전략분야 R&D과제* 선정/지원('18~'21년 약 2,200건 연구 지원)
 - * 난치질환, 천문/우주, 신약개발, 소재/나노, 핵융합, 기상/기후 등
 - '18~'21년 슈퍼컴 활용 연구 국내외 논문 게재 약 1,700여건*
 - * 지원연구 건수 대비 ('18) 155% → ('21) 185%
 - ※ '21년은 슈퍼컴퓨터 활용 Covid19 관련 연구 지원 건수가 대폭 증가하여 약 1,400여건의 연구 지원 실시
- 관계 기관 및 기업에 고성능컴퓨팅 자원 지원으로 경제적 효과 발생
 - '21년 현재 1,000여개 기관·기업*에 고성능컴퓨팅 자원 지원으로 R&D기간 단축**, 비용절감, 매출 증대 및 투자유치 등 경제적 효과 발생
 - * ('20) 지원 기업수 800여개 → ('21) 지원 기업수 1,000여개로 증가
 - ** (R&D기간 단축) 평균 4.4개월 단축, (비용절감) 월 3,400만원 절감, (매출) 388억원 발생, (투자유치) 1,656억원 발생
 - 고성능컴퓨팅 자원을 활용하여 '21년 현재 특허 출원/등록 213건, 기술이전 19건, 논문게재 244건 등 지식재산권 취득
- 기상용 슈퍼컴퓨터 활용 세계적 수준의 기후변화 예측기술 지원/활용 연구 수행
 - 국제표준(CMIP6)를 따르는 시나리오 산출·분석* 기술 확보로 세계적 수준의 기후변화 예측기술 보유
 - * 해당 기술을 활용하여 전지구 기후변화 전망보고서 발간, 고해상도(25km) 동아시아지역 과거 기후시나리오 산출 등 수행

[I-2] 제조업의 디지털 혁신 지원

□ 연도별 소요예산

- 초고성능컴퓨팅을 활용한 제조업 디지털 혁신지원 관련 예산은 ('18) 22.67억 원에서 ('22) 42.46억 원으로 집계되었으며, 연평균 증가율은 약 13%로 분석됨

<표 67> 제조업의 디지털 혁신 지원 관련 예산 변화 추이

(단위 : 억 원, %)

2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 증가율
22.76	16.88	61.03	35.76	42.46	13

□ 주요 추진실적

- 슈퍼컴퓨팅 기반 제조업 M&S기업 기술지원으로 제조업 디지털 혁신 지원
 - 관련 기업 M&S 기업 지원 연 평균 18.5개* 지원
 - * ('18) 19개, ('19) 21개, ('20) 21개, ('21) 13개 등
 - 관련 기업의 M&S클라우드(HEMOS-Cloud) 활용 시뮬레이션 증가*로 제조 분야 생산성 향상**에 기여
 - * ('18) 약 2,700회 → ('20) 약 3,200회로 연평균 약 5% 증가
 - ** M&S클라우드 활용에 따른 시간단축 효과(A)는 연평균('18~'21) 61.5%, 비용절감 효과(B)는 연평균('18~'21) 75%로 조사되어 생산성(A와 B의 평균)은 연평균('18~'21) 68.4% 증가
- 가상물리시스템(CIP) 기반 스마트공장 솔루션 개발로 관련 기업 매출액/실적 증가에 기여
 - 클라우드 기반 데이터 플랫폼 기술개발 사업으로 실시된 가상물리시스템(CPS) 기반 스마트공장 지원으로 과학*/기술적**, 경제적*** 성과 발생
 - * 과학적 성과 : 논문 1건(비SCIE)
 - ** 기술적 성과: ①지식재산권 : 특허출원 1건 ②기술 및 제품 인증 : KC 인증 1건
 - *** 경제적 성과: ①시제품제작 : 12건 ②사업화 현황(매출액) : 5건(95,920천원) ③매출실적 : 151,415천원

[I-3] 국민생활문제 해결 지원

□ 연도별 소요예산

- 국민생활문제 해결 지원 관련 예산은 ('18) 184.37억 원에서 ('22) 275.14억 원으로 집계되었으며, 연평균 증가율은 약 13%로 분석됨

<표 68> 국민생활문제 해결 지원 관련 예산 변화 추이

(단위 : 억 원, %)

2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 증가율
184.37	182.17	61.71	56.03	275.14	8.3

□ 주요 추진실적

- 국민생활문제 지원을 위한 관계 부처의 초고성능컴퓨팅 활용 사례 증가
 - 현안 해결을 위한 초고성능컴퓨팅 활용 분야(부처)의 수는 연평균 약 25% 증가*
 - * ('18) 2개 분야(기상, 국방) → ('21) 5개 분야(의생명, 기상·기후, 환경, 국방, 재난 등)

<표 69> 초고성능컴퓨팅의 국가 전략분야 현안 해결 활용 현황

의생명	기상·기후	환경	국방·안보	재난대응
· 코로나19 치료제 물질 분석 (2만여 개 → 8개 후보물질 제시)	· 한국형수치예보모델 운영, 기후 예측시스템 고도화 (GloSea6) 도입	· 전지구·지역 파랑예측모델 개선 · 홍수예측모형 정확도 향상	· 군 작전기상 수치예보 생산 지원 (일 4회 이상)	· 초고성능컴퓨팅 기반 항공기상 위험요소 예측 (난류, 착빙 등)

- (과학·의료) 초고성능컴퓨팅(5호기 활용) 기반 암치료 기술 및 코로나19 신속대응 기술개발 지원
 - ('18) 암세포의 선택적 파괴를 통한 항암치료 신약개발을 위해 초고성능컴퓨팅 기반 전산해석 원천기술* 확보
 - * 100억개 이상 입자 사용 세포-바이러스 전산모사 시스템 구축 및 신약 연구 지원
 - (코로나19 신속 대응) 효율적이고 신속한 코로나19 치료제·백신 개발*을 위해 국내외 협력 연구에 국가센터 5호기 활용 적시 지원
 - (국민건강 증진) 암 정밀의료 진단/치료법 개발을 위한 암 유전체 정보, 항암 임상시험 정보 구축 및 코로나19 관련 HPC 활용 융합연구 기획('19~'21)
 - ※ 코로나19 치료제 발굴을 위한 대규모 약물 스크리닝 연구 → 2만 여개 약물 대상 스크리닝을 실시하여 후보 물질 8종 제시*
 - * 일반 컴퓨팅 자원으로 분석 시 수개월~1년 이상 걸리는 작업 시간을 획기적으로 단축
- (기상·기후) 기상용슈퍼컴퓨터 5호기 활용 한국형수치예보모델을 고도화하여 국제적 수준의 기상·기후예측 역량 확보
 - ('20) 기상용 슈퍼컴퓨터 5호기 기반 한국형수치예보모델(KIM, 12km 해상도) 현업 운영, 기후예측시스템 통합모델에 최신버전(GloSea6) 도입
 - ('21) 기상용 슈퍼컴퓨터 5호기 기반 기후예측시스템 통합모델 업그레이드 및 가시화 기술 개선으로 기상·기후예측 역량 강화
- (환경) 초고성능컴퓨팅 기반 해양/대기/홍수 예보기술 개발을 통한 국민 생활 개선
 - ('21) 해상예보 지원을 위한 전지구·지역 파랑예측모델 격자 해상도 개선
 - ('21) 황사예보 지원을 위한 황사·연무 통합모델 개선
 - ('21) 초고성능컴퓨팅 기반 하천공간 홍수예측모형 정확도* 향상
 - * 한강유역 NSE=0.7, 금강유역 NSE = 0.5 등(NES : Nash Sutcliffe Efficiency, 1에 가까울수록 이상적인 결과)
- (국방·안보) 초고성능컴퓨팅 자원 기반 군 기상 수치예보시스템의 안정적인 운영 지원

- ('20) 군(軍) 기상 수치예보시스템 24시간 무중단 운영을 바탕으로 하루 4회 작전기상 수치예보 생산 및 지원
- ('21) 군(軍) 작전기상 수치예보 생산 및 지원*
 - * 4차원 고품질 기상분석을 위한 첨단 위성관측 5종, 신규항공관측 1종 활용기술 개발
- ('21) 군(軍) 작전기상정보 역량 강화를 위한 공군 초고성능컴퓨터 3호기 도입(~12월)
- (재난대응) 기상재해 사전대비 중심의 시·공간 통합형수치예보 기술개발을 통한 안전 수준 강화
 - ('21) 수치예보 기반 항공기상 위험요소(난류, 착빙) 예측기술 도입·적용

나. (전략II) 초고성능컴퓨팅 인프라 확보

[II-1] 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화

□ 연도별 소요예산

- 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화 관련 예산은 ('18) 821.73억 원에서 ('22) 1,070.17억 원으로 집계되었으며, 연평균 증가율은 약 5.4%로 분석됨

<표 70> 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화 관련 예산 변화 추이

(단위 : 억 원, %)					
2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 증가율
821.73	685.32	814.14	1,103.81	1,070.17	5.4

□ 주요 추진실적

- (미래수요 대응) 국가센터 및 IBS 기후물리연구단 신규 초고성능컴퓨팅 구축을 통해 신규수요 대응

<표 71> 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화 추이

서버	GPU	자원 성능
'18년 44개 → '21년 59개(△ 7.6%)	'18년 53개 → '21년 200개(△ 39.4%)	'18년 0.3PF → '21년 2.34PF (△ 65.4%)

- ('18) 세계 13위 수준*의 성능(4호기 대비 70배 향상)으로 창의적·도전적 연구 및 산업혁신 지원

* ('17년) 4호기 Top500 순위권 밖 → ('18) 5호기 도입으로 Top500 13위

- ('18) 기초과학연구원(IBS)에서 수행 중인 기후변화 연구를 위한 신규 초고성능컴퓨터 (알레프) 구축*

* 1.43PF, '18.11월 기준 세계 445위

- ('22) 기상청 기상용 슈퍼컴퓨터5호기 구축 및 서비스 개시(50PF)
- ('20) 광주 AI특화 데이터센터 구축 및 서비스 제공(연산량 8.85PF, 저장 10.7PB 확보)
- ('20) 농생명 분야 초고성능컴퓨터 자원 신규 확보 기반 구축
- 분야별 공동활용을 위한 초고성능컴퓨팅 서버, GPU, 성능(용량) 등의 증가로 자원 다변화*
 - * (서버) '18년 44개 → '21년 59개(△ 7.6%), (GPU) '18년 53개 → '21년 200개(△ 39.4%), (성능) '18년 0.3PF → '21년 2.34PF (△ 65.4%)
- (연구망 고도화) 세계적 수준의 서비스 안전성 확보 및 협력연구 환경 구축
 - HPC 연구망 안전성 확보 관련 R&D 성과가 국가과학기술연구개발 100대 우수성과에 선정*
 - * ('19년) 인공지능 및 가시화 기반 사이버공격 자동분석 상용화 기술개발/KSITI(송중석)
 - (서비스 안전성) 주요 해외센터 대비 높은 수준의 MBTI(Mean Time Between Interrupts)* 목표 달성
 - * ('19년) 24.3일 → ('21년) 30.1일 (연평균 약 8% 향상, 해외 주요국 평균 10~15일 정도)
 - (협력연구 환경) 최대 300기가급 과학기술연구망 및 글로벌 과학기술 협업망 백본 서비스 가용률 99.9% 이상 유지
- (데이터 인프라 확보) 초고성능컴퓨팅 활용 데이터 분석 서비스 지원을 위한 인프라 확보 및 제공으로 세계적 수준의 연구성과 도출에 기여
 - (데이터분석 서비스) 초고성능컴퓨팅 인프라를 활용하여 연간 평균 900만건*의 데이터 분석 서비스 제공
 - * ('18) 약 700만건의 데이터분석 서비스 제공 → ('21) 약 1,000만건 이상의 데이터분석 서비스 제공 (연평균 9.3% 증가)
 - (SCI급 논문 유발) 초고성능컴퓨팅 인프라 기반 데이터분석 서비스로 연간 평균 약 88건의 SCI급 논문 게재* 유발
 - * ('18) 약 70건의 SCI급 논문 게재 유발 → ('21) 115건의 SCI급 논문 게재 유발 (연평균 13.2% 증가)

[II-2] 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분

□ 연도별 소요예산

- 국가 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분 관련 예산은 ('18) 0.8억 원에서 ('22) 16.8억 원으로 집계되었으며, 연평균 증가율은 약 83.8%로 분석됨

<표 72> 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분 관련 예산 변화 추이

(단위 : 억 원, %)

2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 증가율
0.8	0.8	10.8	11.8	16.8	83.8

□ 주요 추진실적

- (자원활용 협력체계 구축) 세계적 수준의 국가 초고성능컴퓨팅 도입 및 활용 고도화

를 위한 노력 경주

- 국가센터 6호기 도입으로 세계 10위권, 국내 최고 수준의 인프라 구축 및 활용 서비스 제공을 위한 사업 기획
- 국내 초고성능컴퓨팅 관련 산·학·연 전문가 그룹 및 이해관계자 간 기술, 네트워크, 의견 교류를 위한 협의체(발전포럼) 발족·운영
- (자원의 전략적 배분 확대) 국가적 현안 및 전략분야 R&D 수행을 위해 필요한 자원을 지원하기 위해 초고성능컴퓨팅 자원의 전략적 배분 전용사업 추진
 - 초고성능컴퓨팅 활용 대형·집단연구 등을 지원하기 위한 전용사업* 기획 및 추진
 - * 지원과제 수 ('20) 212건 → ('21) 221건(거대연구 5건, 창의연구 206건, 혁신성장 연구 10건 등)

[II-3] 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변 확대

□ 연도별 소요예산

- 초고성능컴퓨팅 자원 다변화 관련 예산은 ('18) 39.93억 원에서 ('22) 25.79억 원으로 집계되었으며, 연평균 증가율은 약 -8.4%로 분석됨

<표 73> 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변 확대 관련 예산 변화 추이

(단위 : 억 원, %)

2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 증가율
39.93	30.97	25.95	40.41	25.79	-8.4

□ 주요 추진실적

- (인력양성 체계 구축) 과학데이터 및 초고성능컴퓨팅 기반 인재양성 교육 사업 추진으로 활용인력 양성기반 확보
 - 초고성능컴퓨팅 관련 교육 과목*은 연평균 약 13% 정도 과목 수 증가
 - * ('18) 16개, ('19) 21개, ('20) 25개, ('21) 25개, ('22) 30개 이상 개설
 - 초고성능컴퓨팅 관련 교육 인원*은 코로나19로 주춤하였으나, 지속적으로 증가
 - * ('18) 706명, ('19) 537명, ('20) 641명, ('21) 675명으로 연평균 640여명 양성
 - 초고성능컴퓨팅 관련 교육 시간*은 연 평균 320시간 정도로 30% 이상 증가하고 있는 추세
 - * ('18) 138시간, ('19) 390시간, ('20) 360시간, ('21) 396시간
- (프로그램 운영) 첨단사이언스·교육 허브 개발(EDISON) 사업으로 개방형 플랫폼 기반 초고성능컴퓨팅 활용 저변 확대
 - 개방형 플랫폼을 통해 다양한 기관에서 SW* 및 콘텐츠**를 활용할 수 있도록 8개 분야 계산과학공학 분야 통합 서비스 제공한 결과 연 평균 약 8만 여명이 활용한 것으로 집계***
 - * 활용 가능한 SW 종류 ('18) 900종, ('19) 898종, ('20) 984종, ('21) 1,029종
 - ** 활용 가능한 콘텐츠 종류 ('18) 848종, ('19) 848종, ('20) 873종, ('21) 882종
 - *** 활용기관 및 인원 수 ('18) 58개 기관/74,231명 → ('21) 59개 기관/89,856명
- (대국민 이해확산) 과학기술 대중화를 위한 국민 참여 프로그램 개설 및 운영

- ('19) 제5회 KISTI 청소년캠프 프로그램 90명 참여
- ('20) 9개 프로그램을 운영하여 253명의 일반 국민 참여
- ('22) KISTI 초고성능컴퓨터 여름학교(NVIDIA, 성균관대, 충북대 연계 등), 제6회 청소년캠프 개최(90명 규모, '20~21년 미개최)
- (국제행사) 플랫폼 기반 양자역학 계산과학 SW 국제 워크숍(NHISS 2021) 개최
 - ('20) 국내외 주요 연구개발자 34명 발표, 약 450명 참가
 - ('21) 국내외 주요 연구개발자 31명 발표, 약 700명 참가

다. (전략 III) 초고성능컴퓨팅 원천기술 확보 및 산업육성

[III-1] 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화

□ 연도별 소요예산

- 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화 관련 예산은 ('18) 87.78억 원에서 ('22) 245.77억 원으로 집계되었으며, 연평균 증가율은 약 23%로 분석됨

<표 74> 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화 관련 예산 변화 추이

(단위 : 억 원, %)

2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 증가율
87.78	120.91	202.19	257.33	245.77	22.9

□ 주요 추진실적

- (자체기술 개발) 차세대 정보컴퓨팅기술 개발사업으로 PF(1015)급 이기종 시스템 프로토타입 자체개발 성공
 - 2018년 PF 초고성능컴퓨팅 핵심기술 개발 사업으로 과학기술적/학술적* 연구성과 창출
 - * 논문 32건(SCI 15건, 비SCI13건, KCI4건 등), 특허출원 국내14건, 국외 2건, 특허 등록 국내 32건 등
 - 2020년 세계 최고 수준의 PF스케일 이기종 초고성능컴퓨터 개발 성과 도출
 - ※ 자체 개발한 빅데이터 빅컴퓨팅 패키지를 활용하여 미국에서도 구현하지 못한 최첨단 병렬 원자로 시뮬레이션 구현
 - ※ PF 스케일 대규모 기계학습 엔진(병목현상 미발생)을 확보하여 기존에 시도되지 못했던 기계학습 기반 genome 분석을 통한 질병 예측 성과 발생
 - 이밖에 초고성능컴퓨팅 SW 산업원천기술개발, 공동활용을 위한 통합환경 개발 및 구축 등 다양한 원천기술 개발 사업 추진

[III-2] 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응

□ 연도별 소요예산

- 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응 관련 예산은 ('19) 130억 원에서 ('22) 1,687.2억 원으로 집계되었으며, 연평균 증가율은 약 90%로 분석됨

<표 75> 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응 관련 예산 변화 추이

(단위 : 억 원, %)

2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 증가율
-	130	669.29	877.09	1,687.2	90

□ 주요 추진실적

- (미래 기술 대응) 미래 초고성능컴퓨팅 기술 대응을 위한 전문가 협의체 운영, 국제 컨퍼런스 개최, 연구인프라 구축 등 다방면 투자 확대 실시
 - '18년 양자컴퓨팅 기술개발을 위해 국내 유관학과(물리학, 전자공학, 수학과 등) 전문가 중심 「양자정보과학연구회」* 발족
 - * 정기워크숍 4회, 학술대회 1회, 국제 컨퍼런스 2회 및 양자컴퓨팅 기술백서 발간 등 성과 도출
 - '21년 시스템 반도체, 양자기술개발을 위한 인력육성 사업*을 실시하여 인적 기반 조성을 위한 노력 경주
 - * 시스템반도체융합전문인력육성사업 수행을 위한 센터 확대 개소(기준 3개 → '21년 5개), 양자정보과학인적기반조성을 위해 신진 연구인력 해외 연수 지원, 대국민 행사 개최 등을 통해 저변확대 추진
- (원천기술 R&D) 범부처 R&D를 추진하여 차세대 지능형반도체 기술개발, 양자컴퓨팅기술개발 등 미래 컴퓨팅 기술에 대한 신규 투자 확대
 - 인간 뇌 수준의 사고 능력 구현이 가능한 뇌 모방 연산 소자형 인공지능 반도체, 기존 초고성능컴퓨팅 기술을 대체할 수 있는 양자 기술 등 차세대 컴퓨팅 원천기술 개발 R&D 추진
 - ※ 신규 R&D사업 추진 건수 : ('18) 2건 → ('22) 9건으로 확대
 - ※ 관련 과제 수 : ('19) 신소자 15건, 양자기술 13개, 인공지능 0개 등 → ('22) 신소자 43개, 양자 33개, 인공지능 반도체 15개 규모로 확대

[III-3] 초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출

□ 연도별 소요예산

- 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응 관련 예산은 ('18) 77억 원에서 ('22) 32.22억 원으로 집계되었으며, 연평균 증가율은 약 -16%로 분석됨

<표 76> 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응 관련 예산 변화 추이

(단위 : 억 원, %)

2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	연평균 증가율
77.0	106.68	64.61	35.8	32.22	-16

□ 주요 추진실적

○ 고성능컴퓨팅(HPC) 이노베이션 허브 구축 사업을 추진하여 국내 기술의 경쟁력 강화, 전문기업 육성, R&D 성과의 민간 이전 등의 성과 도출

- (경쟁력 강화) 고성능컴퓨팅(HPC) 분야 제품개발* 및 성능검증** 등을 확대하여 관련 기업 경쟁력 강화에 기여

* 제품개발 : ('18) 22건 → ('21) 39건으로 연평균 약 15% 증가

** 성능검증 : ('18) 8건 → ('21) 12건으로 연평균 약 10% 증가

- (전문기업 육성) 고성능컴퓨팅(HPC) 관련 기업이 보유한 기술 인증*을 실시하여 세계적인 전문기업 육성 지원

* 인증 : ('18) 5건 → ('21) 12건으로 연평균 약 25% 증가

※ 가성비 세계1위((주)글루시스스토리지, TPCx-IoT 세계 1위(국산 DBMS 전년도 대비 240% 성능향상, (주)마크베이스) 등

- (R&D 성과 민간 이전) 관련 R&D를 통해 개발된 기술의 성과를 민간으로 이전(사업화*)하여 기업 유발매출발생** 및 비용절감*** 등의 효과 발생

* 사업화 건수 : ('18) 2건 → ('21) 3건 등 누적 8건의 사업화 성과 도출

** 유발매출발생 : ('19) 5.6억원 수준 → ('21) 약 91억 원 규모로 증가하여 연평균 약 150% 매출 증가

*** 비용절감효과 : ('20) 고가의 외산 반도체 설계SW 공동활용을 통해 연 286억 원 비용 절감효과 발생

제4장 국가 초고성능컴퓨팅 정책수요 발굴

제1절 이해관계자 대상 정책수요 발굴

1. 이해관계자 대상 수요발굴 개요

- 국내 초고성능컴퓨팅 분야 이해관계자를 대상으로 초고성능컴퓨팅 분야 중장기 정책 수요를 발굴하기 위한 수요조사를 추진하여 의견을 수렴함
- (목적) 국내 초고성능컴퓨팅 분야 개발 및 활용 연구자 대상 국가 초고성능컴퓨팅 육성을 위해 필요한 정책 과제 수요 발굴
 - 초고성능컴퓨팅 기술개발, 활용 확대, 인프라 고도화, 전문인력 양성과 관련하여 필요한 정책 과제 발굴 및 개선되어야 할 사항에 대한 의견수렴 실시
- (기간) 2022년 11월 16일(수)부터 11월 23일(수)까지 약 일주일 간 진행
- (대상) 국내 초고성능컴퓨팅 생태계 내 이해관계자
 - 초고성능컴퓨팅 관련 기술(HW/SW) 연구자, 분야별 초고성능컴퓨팅 활용 응용 연구자, 대학·대학원 내 신진 연구자 등
- (방법) 온라인 수요조사를 활용한 서술식 의견수렴 실시
- (응답수) 온라인 수요조사 참여자 약 60명
- 주요 질의 내용

<표 77> 이해관계자 대상 정책 수요 발굴 주요 질의사항

구분	주요질의 내용
기술자립화	<ul style="list-style-type: none"> • 초고성능컴퓨팅 기술자립화 기반 마련을 위해 필요한 사항 • 초고성능컴퓨팅 분야 산업생태계 지속성장 기반 구축 방향
활용확대	<ul style="list-style-type: none"> • 초고성능컴퓨팅 역량강화를 위한 지원체계 수립에 필요한 사항 • 기초 R&D 또는 공공분야 현안 해결에 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위해 필요한 사항 • 초고성능컴퓨팅 기반 산업 디지털 혁신 지원에 필요한 사항
인프라 고도화	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 확충 및 다양화 공동활용 인프라 구축에 필요한 사항 • 국가 초고성능컴퓨팅 공동활용 체계 구축과 관련하여 필요한 사항
인력양성	<ul style="list-style-type: none"> • 초고성능컴퓨팅 분야 전문인력 양성을 위해 필요한 사항 • 초고성능컴퓨팅 분야 인력 유입을 위해 선행되어야 할 사항

2. 이해관계자 대상 정책수요 발굴 주요 내용

- (기술&산업) 국내 초고성능컴퓨팅 기술자립화 기반을 마련하기 위해서는 국가 차원의 대규모 R&D 예산 투자 및 산·학·연 수요발굴 정례화 등의 필요성 제시
- (기술자립화) 국내 초고성능컴퓨팅 기술개발과 관련하여 국가적 차원의 R&D 지원 및 추진 환경 마련, Co-design 형태 HW/SW 개발 필요성 제시

- (국가 지원) 국내 초고성능컴퓨팅 기술자립화 목표를 달성하기 위해서는 국가 차원의 대규모 R&D 지원 및 산·학·연 공동 연구수행 체계 수립이 시급하다는 의견 제시
- (Co-design) 초고성능컴퓨팅 기술개발 추진 시 HW개발뿐만 아니라 기반/응용SW를 병렬적으로 개발할 수 있는 연구 추진 체계를 구성하여 분야별 연구 목적에 최적화된 시스템 구축이 필요하다는 의견 제시
- (개발 가능 기술에 집중) 우리나라가 강점을 보이고 있는 메모리 기술을 활용한 프로세서 개발(자체 CPU 또는 GPU)을 위해 선택과 집중이 필요하다는 의견 제시
- (산업 성장기반 확대) 국내 컴퓨팅 산업계 규모 및 인력을 고려하여 개발 가능한 기술 수요 발굴을 정례화하고, 인력이 진출할 수 있는 일자리 마련이 시급하다는 의견 수렴
 - (수요 발굴 정례화) 국내 산·학·연 컴퓨팅 기술개발 연구 기관을 대상으로 시급성, 개발가능성 등을 고려한 개발 기술 수요조사를 정기적으로 실시할 수 있는 체계 마련 필요성 제시
 - (일자리 창출) 초고성능컴퓨팅 기술개발 전문인력이 산업계로 진출할 수 있는 일자리 및 경력 경로를 마련해주고, 우수한 인력이 해외로 유출되지 않도록 국가 차원의 지원이 필요하다는 의견 제시
- (기타 의견) 국내 초고성능컴퓨팅 기술자립화를 위해 높은 해외 기술 의존도 해소, 기술개발을 위한 전용 인프라 부족 등의 문제 해결 필요성 제시
 - (문제점) 자체 기술개발을 위한 노력 및 기술개발에 필요한 별도 인프라가 부족하며, 산업 생태계 활성화 미흡 등의 문제점을 제시
 - (해결방안) 국가센터 자원을 활용한 기술개발 전용 인프라 확보, 산·학·연 연계를 통한 산업생태계 강화를 위해 산·학·연 협력체계 구축 등이 필요하다는 의견 제시
- (활용 확대) 국가 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위해 수요 충족을 위한 자원 배분 정책 개선, SW개발·보급 확대, 사례 홍보 강화 등의 필요성 제시
- (활용 지원체계) 국가센터 자원 배분과 관련하여 평가 방식의 개선과 사용자를 고려한 SW개발·보급, 수준별 교육 제공 등이 필요하다는 의견 제시
 - (자원 배분) 초고성능컴퓨팅 자원을 활용한 연구 수행 시 SCI 논문 게재 등 정량적 성과를 포함하여 평가하고 있는 제도를 연구계획서 상 연구 내용을 토대로 우선순위 평가 등을 실시하는 방향으로 개선이 필요하다는 의견 수렴
 - (SW 개발·보급) 분야별 사용자를 고려한 초고성능컴퓨팅 코드, 응용 프로그램 등을 개발하여 보급하고, 원활한 활용을 위한 교육 제공이 필요하다는 의견 수렴
- (기초/공공 분야 활용 확대) 기초/공공 분야 활용 확대를 위해 다학제적 협력연구 확대 및 연구혁신 성과 창출 지원이 필요하다는 의견 제시
 - 초고성능컴퓨터 기반 연구 수행이 가능한 분야 연구자들과 관계 부처, 출연(연) 등이 공동 수행하는 협력 연구 수행 체계 확대가 필요하다는 의견 수렴
 - 창의·도전연구 과제 등으로 추진하는 기초 R&D 또는 공공 현안 해결에 기여 가능한 사업 내용에 가산점을 부여해 연구자들의 적극적 참여 유도가 필요하다는 의견 수렴
 - 또한, 다양한 기관이 초고성능컴퓨팅 자원을 활용할 수 있도록 전문기업 컨설팅이 필요하다는 의견이 제시됨

- (사례 홍보 강화) 초고성능컴퓨팅 활용 현안 해결 사례에 대한 적극적인 홍보 및 관련 경진대회 개최를 통한 대국민 인식 개선 등의 필요성 제시
 - 초고성능컴퓨팅 자원을 활용한 혁신적 연구 성과를 대국민 홍보할 수 있도록 콘텐츠 제작, 국가센터 주도 홍보 확대 등 추진이 필요하다는 의견 수렴
 - 국가센터에서 추진되고 있는 행사 및 캐글대회*와 같은 경진대회를 개최하여 공공현안에 대한 문제 해결 솔루션을 도출하도록 지원과 초고성능컴퓨팅 활용에 대한 대국민 홍보와 인식개선 추진이 필요하다는 의견 수렴
- * 머신러닝 기반 문제 해결 솔루션 도출 경진대회
- (기타 의견) 국가 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위해 사용자 교육 지원 강화, 거대연구 지원을 위한 전용 자원 부족 등의 문제 해결의 필요성 제시
 - 분야별 사용자 교육 확대, 거대 연구 지원을 위한 전용 자원 확충 등의 시급성 제시
- (국가 인프라) 국가 초고성능컴퓨팅 인프라와 관련해서 세계적 수준의 플래그십 구축·운영 및 공동활용을 위한 자원 다변화 필요성 제시
- (자원격차 해소) 해외 주요국 대비 자원 규모의 차이가 존재하므로 격차 해소를 위한 노력이 필요하다는 의견 제시
 - 국가센터 플래그십 컴퓨팅 자원과 해외 주요국의 자원 규모의 차이가 존재하며, 이를 해소하기 위한 인력, 예산 확충이 필요하다는 의견 제시
 - 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 경쟁력 향상을 위해 신규 자원 도입 시 예비타당성 조사 면제, 시스템 아키텍처 다양화, 퇴역자원 이전, 민간 인프라 서비스 확대 등이 필요하다는 의견 제시
- (공동활용 강화) 분야별 전문센터 지정·운영과 관련하여 전용 자원 구축이 시급하며, 국가 전체 초고성능컴퓨팅 자원 활용을 위한 서비스 체계 마련 필요성 제시
 - 분야별 전문센터 지정·운영에 따라 다양한 분야의 사용자들이 원활하게 HPC 자원을 활용할 수 있도록 전용 인프라 구축 및 운영이 시급하다는 의견 수렴
 - 다양한 분야의 자원을 연계하여 사용자들이 쉽게 사용할 수 있도록 원스톱 서비스 제공이 필요하다는 의견이 제시됨
- (기타 의견) 국내 초고성능컴퓨팅 활용 수요 대비 자원이 부족한 점의 개선이 필요하며 공동활용서비스에 대한 상세 계획 마련 등이 필요하다는 의견 수렴
 - 국가 초고성능컴퓨팅 자원 도입 기획 시 수요발굴 수단을 강화하여 충분한 수요를 반영하여 구축할 수 있도록 지원 필요
 - 해외 주요국 사례를 참고하여 공동활용서비스 체계(거버넌스 및 운영 방식 등)를 마련하여 정책적 기반 마련 필요
- (전문인력 양성) 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성과 관련해서는 대학 정규교육과정 강화 및 현장 실무역량 강화를 위한 다양한 프로그램 개설, 초고성능컴퓨팅 관련 연구 성과 홍보 등 문화 확산 노력 필요성 제시
- (정규교육 과정 개설) 초고성능컴퓨팅 분야 특화 교육과정을 설계하여 신진 인력양성 및 산업계 수요 대응이 필요하다는 의견 수렴
 - 국내 관련 대학·대학원 학과를 대상으로 초고성능컴퓨팅 정규교육과정 개설 필요

- 정규교육과정 운영을 위한 교원확충, 수요발굴 등 체계적인 인력양성을 위한 체계 마련과 정규 교육과정 운영 기관에 대한 인센티브 제공 등 필요
- (실무 역량강화 프로그램) 과기부 및 KISTI 차원에서 현장 실무자 역량 강화를 위한 교육 프로그램 확대 등이 필요하다는 의견 수렴
 - 국가 차원의 실무 역량 강화를 위한 교육·훈련 프로그램 운영, 일-학습 병행을 위한 대학원 커리큘럼 확대 등이 필요하다는 의견 제시
 - 국가-전문센터가 연계하여 실무를 수행하는 현장인력 역량 강화를 위한 교육 커리큘럼 마련이 필요하다는 의견 수렴
 - HPC 관련 전공자뿐만 아니라 활용 연구자를 위한 교육이 병행되어야 하며, 전문인력과 신진인력 간 멘토-멘티 제도를 통해 역량 강화 추진 필요
- (HPC 문화 확산) 초고성능컴퓨팅 관련 학술대회, 세미나, 포럼, 경진대회, 전시회 등을 확대하여 과학문화확산 개념의 홍보 추진 필요성 제시
 - KISTI에서 운영하고 있는 HPC 경진대회, 캠프 등을 확대하여 일반 국민 대상 초고성능컴퓨팅에 대한 이해확산 추진 필요
 - 초고성능컴퓨팅을 활용한 혁신적·상징적 연구성과(시뮬레이션 결과물 등)를 홍보할 수 있도록 전시회 개최, SNS 운영 등이 필요하다는 의견 제시
- (기타 의견) 우수한 인력이 유입될 수 있도록 현장의 처우 개선, 경력경로 관련 교육 확대 등 지원, 중장기적 관점 정책추진 등의 필요성 제시
 - 졸업예정자, 대학원 이상 학위자를 지원할 수 있는 정책적 제도 및 단계적 프로그램을 확충하여 신규 인력 진입 유도 필요
 - 고경력 현업 실무자를 활용한 커리어패스 관련 교육을 확대하여 실무자들의 성장을 지원할 수 있도록 프로그램 마련 필요
 - 인력양성의 경우 단기적 정책으로 실효를 거두기 어려우므로 중장기적 관점에서 우수한 인력을 양성하기 위한 노력이 필요하다는 의견 수렴

제2절 현황진단 및 개선방향 도출

1. 현황진단 및 개선방향 도출 개요

- 국가 초고성능컴퓨팅 분야 중장기 발전전략 수립을 위해 현황을 진단하고 개선점을 도출하기 위해 전문가 대상 의견수렴을 위한 간담회 개최
- (목적) 국가 초고성능컴퓨팅 육성을 위한 중장기 발전계획 수립에 필요한 현황진단 및 개선점 도출, 정책과제 수요 발굴
- (일시 및 장소) 2022년 11월 24일(목) 10:00 ~ 12:00, KISTI 본관 국제회의실
- (분야별 전문가) 국내 초고성능컴퓨팅 기술, 활용, 인프라, 인력양성 분야 전문가 7인 대상 간담회 개최

<표 78> 분야별 전문가 간담회 참석자 명단

구분	소속	직위	성명
기술개발	한국과학기술원	교수	김 동 준
	유니와이드	연구소장	김 대 성
활용	한국과학기술원	교수	이 상 봉
인프라	서강대학교	교수	김 영 재
	인공지능산업융합사업단	센터장	오 병 두
인력양성	충북대학교	교수	노 서 영
	성균관대학교	차장	이 병 규

- (주요내용) 국가 초고성능컴퓨팅 중장기 발전 방향 도출에 관한 사항, 분야별 현안 및 해결 방안 등에 대한 논의
 - 국가 초고성능컴퓨팅 분야 발전 방향 도출을 위한 논의
 - 초고성능컴퓨팅 현안 및 해결을 위해 필요한 정책적 지원 사항과 과기부, KISTI를 중심으로 수행해야할 역할에 대한 의견수렴

2. 현황진단 및 개선방향 도출 주요 내용

- 분야별 전문가 간담회를 통해 초고성능컴퓨팅 분야 중장기 방향성 및 각 분야별 현안 해결을 위한 전략수립 방향 도출 추진
- (전략적 방향성) 초고성능컴퓨팅 분야에서 산업계 역할 확대 방안이 제시되어야 하며, 차세대 컴퓨팅 관련 내용 포함 필요
 - 글로벌 트렌드인 엑사스케일 컴퓨팅 기술 추격뿐만 아니라 양자컴퓨팅과 같은 차세대 기술개발 병행 추진 전략 마련 필요
 - 기술개발 시 활용을 고려한 원천기술 개발을 추진해야 하며, 산업계에서 주도적으로 기술개발을 할 수 있도록 의견 반영을 통해 기회 창출 필요
 - 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성을 위해서는 교육된 인력들이 진출할 수 있는 경로를 제시해야 효과를 거둘 수 있음
- (기술&산업) 중장기적 관점의 핵심기술 개발 및 기술자립화 노력 필요
 - 해외 주요국의 경우에는 막대한 예산을 10~20년 정도 투자하여 현재 기술수준에 도달했으므로, 이러한 사례를 토대로 자체 역량으로 기술자립화를 추진하기 위한 장기적 기술개발 계획수립이 필요한 시점
 - 일각에서 제시되고 있는 초고성능컴퓨팅 자체 구축·운영에 관한 불확실성에 대한 질의에 대응할 수 있도록 공감대 형성이 필요함
- (활용 확대) 거대 연구를 지원하기 위한 초고성능컴퓨팅 활용 지원 방안 마련 필요
 - 초고성능컴퓨팅 활용을 위해 자원 신청 시 실제 활용까지 오랜 기간이 소요되므로 프로세스 개선이 필요함
 - 대학의 경우 자체 HPC 센터를 구축해서 서비스를 제공하는 기관이 있으나, 교내 연구자들에게 유료 서비스 제공이 원천적으로 불가능하여 제도 개선 필요
 - 국가센터 자원 일부를 교육용으로 배분하여 교육지원 - 인력양성 - 산업계 유입으로 이어지는 선순환 체계 구축을 위한 노력 필요
- (인프라) 국가-전문센터 중심 거버넌스 구축 및 운영 방안 마련 필요
 - 분야별 전문센터 구축에 따라 국가센터와 전문센터 간 역할, 임무 등을 명확하게 정의하여 국가 초고성능컴퓨팅 분야 거버넌스 확립 필요
 - 국가-전문센터 인프라 자원 및 데이터가 원활하게 활용될 수 있도록 전용 플랫폼 구축, 과학기술연구망 개선 등이 필요
- (인력양성) 국가-전문센터 자원을 활용한 인력양성 추진 및 대학별 연계를 통한 교육과정 기획 등 필요성 제시
 - 인력양성 추진 시 지역별 거점 대학을 연계한 공동·협력과정을 개설하여 초고성능컴퓨팅 교육과정 이수를 유도하고, 인증 제도를 활성화하여 전문인력의 유입 확대 필요
 - 실무 역량 강화를 위한 교육 프로그램 기획 시 국가센터 자원을 활용하여 직접 초고성능컴퓨팅을 활용할 수 있는 체험 기회를 제공하는 방안 고려 필요

제3절 시사점

□ 국내 초고성능컴퓨팅 분야 이해관계자 및 전문가를 대상으로 실시한 의견 수렴 결과를 토대로 중장기 발전전략 수립에 적용 가능한 시사점을 도출함

<표 79> 정책발굴을 위한 의견수렴 시사점

구분	시사점 내용
기술개발&산업활성화	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 차원의 대규모 R&D 예산 투자 필요 • 산·학·연 수요발굴 정례화를 통한 기술개발 R&D 기획 필요 • 자체 개발한 핵심기술 적용이 용이하도록 HW 및 SW 병행개발 추진(Co-design) • 우리나라가 강점을 보유한 메모리 기술 활용 자체 프로세서 개발에 집중 필요 • 기술개발 특화 인력들이 산업계로 유입될 수 있도록 컴퓨팅 산업 확대 추진 필요 • 자체 기술개발을 위한 장기적(10년 이상) 관점의 기술개발 계획 수립 및 공감대 형성 필요
활용 확대 및 지원 체계 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위해 자원의 전략적 배분을 위한 상세 계획 마련 필요 • 분야별 사용자의 활용 용이성 확대를 위해 분야별 기반/응용SW 개발·보급을 지원하고 수준별 맞춤형 교육을 제공하는 등 기반 마련 필요 • 기초/공공분야 현안 해결을 위해 필요한 다학제적 협력연구를 확대하여 혁신적 연구 성과 창출 지원이 필요 • 초고성능컴퓨팅 활용 사례를 홍보하여 대국민 인식개선, 과학문화 확산에 기여 • 자체 초고성능컴퓨팅 활용 센터를 보유한 기관에서 서비스 제공이 가능하도록 제도 개선 및 연구장비를 집적화할 수 있는 기반 마련 필요
인프라 확충 및 다양화	<ul style="list-style-type: none"> • 세계적 수준의 자원과 격차 해소를 위해 국가적으로 예산을 투입하여 국가 플래그십 컴퓨터 자원 확충 및 아키텍처 다양화 추진 필요 • 분야별 전문센터가 지정·운영됨에 따라 각 센터별 목적에 맞는 자원을 구축·운영할 수 있도록 예산 지원 및 인력 확충 필요 • 국가 내 초고성능컴퓨팅 자원을 연계하여 사용자 맞춤형 서비스 제공을 위한 원스톱 공동활용서비스 체계 구축 필요 • 거대 연구 수행 지원을 위해 데이터, 스토리지, 네트워크 인프라의 성능 개선을 위한 지속적 투자와 연구 수행 필요
전문인력 양성	<ul style="list-style-type: none"> • 대학 및 대학원 내 정규 교과과정 개설을 통한 신진 연구인력 양성 체계 마련 필요 • 정규 교육과정에서 양성된 전문인력들이 안정적으로 취업할 수 있도록 수요처 발굴 필요 • 과기부 및 KISTI 주도로 현장 실무자 역량 강화를 위한 교육 프로그램 확대 필요 • 초고성능컴퓨팅 분야 인력의 특성을 고려하여 경력경로 개발 및 교육 필요 • 대학 및 대학원 졸업예정자 이상 학위자들이 취업 후 안정적인 커리어패스를 이어갈 수 있도록 단계별 지원 제공 필요 • 인력양성은 장기적 관점에서 지속적인 인력 수요 발굴 및 양성을 위한 계획 마련이 필요

제5장 국가 초고성능컴퓨팅 정책방향 도출

제1절 초고성능컴퓨팅 외부 환경 분석

- (환경분석) 외부 환경분석을 통해 도출된 항목을 기회(Opportunity), 위협(Threaten) 항목으로 구분하여 정리

<표 80> 외부 환경분석 결과

구분	주요 이슈 및 시사점	기회	위협	
외부 환경분석	주요국 동향 분석 결과	이기종 프로세서, 이기종 메모리 및 인터커넥트 기술, 에너지 효율 아키텍처 기술개발 추진	○	
		미국의 엑사스케일 컴퓨팅 구축·운영에 따라 진정한 엑사시대 개막	○	
		주요국은 초고성능컴퓨팅 기술을 국가 전략분야로 인식하고 핵심 기술 유출 등을 방지하기 위한 기술안보(기술거래 금지 등) 추진		○
		초고성능컴퓨팅 공동인프라 구축 및 자체기술개발을 위한 전략 수립		○
		국가 첨단기술 연구개발 계획의 성과로 슈퍼컴퓨터 기술 자체개발 성공, 산업혁신 등을 포함한 국가적 차원의 전략계획 추진	○	
		경제/산업/의료/안보 등 혁신 창출이 가능한 다양한 분야를 국가전략 분야로 선정하여 인프라-기술개발-활용 연계하여 추진	○	
		국가 차원의 NSCI, Euro HPC 등 지속 가능한 HPC생태계를 위한 인력양성 추진	○	
	외부 전문가 인터뷰 결과	국내 컴퓨팅 산업생태계의 한계로 외국 기술 의존도가 높음		○
		우리가 강점을 보유한 메모리 기술 기반 AI 반도체 기술 역량 확보 필요	○	
		기초/공공 분야 현안 해결을 위한 초고성능컴퓨팅 자원 활용 필요	○	
		분야별 전문센터 지정·운영에 따라 체계적인 사용자 지원을 위한 기반 확보 가능	○	
		세계적 수준과 비교하여 인프라 및 기술 수준의 격차 존재		○
		국가-전문센터 연계 공동활용 서비스 체계 구축 필요	○	
		초고성능컴퓨팅 개발, 구축·운영, 활용 관련 전문인력 부족		○
		실무자 역량 강화를 위한 체계적인 교육·훈련 프로그램 부족		○
	일반 국민 및 학생 대상 초고성능컴퓨팅 관련 교육 및 과학문화 확산을 위한 노력 필요	○		

제2절 초고성능컴퓨팅 내부 환경 분석

□ (현황분석) 내부 현황분석을 통해 도출된 항목을 강점(Strength), 약점(Weakness) 항목으로 구분하여 정리

<표 81> 내부 환경분석 결과

구분	주요 이슈 및 시사점	강점	약점	
내부 현황분석	인프라	주요국 대비 낮은 자원확보율로 분야별 활용과 효율적 지원 미흡에 인프라 기반 구축 약화		○
		국내 자원 다양화와 효율적 활용을 위해 배분 확대 등으로 전략기반 강화	○	
		국가·전문·단위센터를 지정·운영하고 공동활용체계 및 데이터 공유·관리 체계를 구축하여 서비스체계 확립	○	
		미흡했던 인프라 활용 서비스체계를 구축하고, 저변 확대 추진으로 초고성능컴퓨팅 분야 전반의 역량 강화 및 다양한 분야 기반 마련	○	
		노력에도 불구하고, 자원 부족으로 연구수요 대응 미흡 및 활용 저하		○
	기술 &산업	자생적 산업생태계 부재로 주요국과 기술격차 심화 및 외국 의존도 증가로 고유 기술 부족		○
		자체 고성능컴퓨팅 요소기술 개발 R&D 및 차세대 반도체, 양자컴퓨팅 등 미래컴퓨팅 기술개발에 신규 투자확대 가능	○	
		해외기술에 의존적인 초고성능컴퓨팅 기술을 독자 개발하여 자체조달 및 기술독립 필요		○
		자생적 기술개발을 구축하여 공공조달, 민관이양 등 산업생태계 구축 가능	○	
	활용	전략 분야의 부재와 국가 R&D 전략적·지속적 활용체계 부족		○
		제한된 자원으로 분야별 다양하게 자원 배분 및 충분한 지원에 어려움이 있고, 우수성과 창출 저해		○
		국가센터 활용으로 국가/산업 R&D 난제 및 국민생활 문제 해결 기여	○	
		응용SW 개발과 HPC 활용 지원서비스 제공 등 초고성능컴퓨팅 활용 기반 확대	○	
	인력	초고성능컴퓨팅 개발·운영, 활용 전문인력의 부재로 활용 저하		○
		HPC 교육·훈련체계 미흡으로 전문인력의 양성 및 현업 진출 어려움		○
일부 국내 대학에 계산과학 협동과정이 개설되어 있으나, 수요 대비 배출인력이 부족하고 국제 인력교류를 통해 역량 강화 제도는 전무한 수준			○	

제3절 SWOT 분석

□ (SWOT 요인종합) 외부 환경분석과 내부 현황분석 결과를 기반으로 국가 초고성능 컴퓨팅 중장기 발전방안 도출을 위한 주요 SWOT 요인 도출

<표 82> SWOT 요인 종합

Strengths(강점)	Weakness(약점)
<ul style="list-style-type: none"> • 국내 자원을 다양화하여 효율적으로 활용하고 배분 확대 등으로 전략기반 강화 가능 • 초고성능컴퓨팅 관련 센터를 지정·운영하고 공동활용체계 및 데이터 공유·관리체계를 구축하여 서비스체계 확립 가능 • 인프라 활용 서비스체계를 구축하고, 저변 확대 추진으로 전반의 초고성능컴퓨팅 역량 강화 및 여러 분야의 기반 마련 • 자체 기술개발을 구축하고, 공공조달, 민간이양 등 산업생태계 구축 가능 • 국가 R&D 난제 해결 및 국민 생활 문제해결 방안에 기여 가능 • 응용SW 개발과 HPC 활용서비스 제공 등 전반적인 기반 확대 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 주요국의 초고성능컴퓨팅 연구 분야 대비 자원 부족과 분야별 활용이 부족함 • 국가센터, 전문센터 운영 등 효율적인 지원에 미흡하며, 인프라 활용이 비활성화되어 있음 • 수요 증가 대비, 자원 부족으로 수요자에 대해 서비스의 질 저하 • 전반적인 기술 수준 저하로 자체기술이 없고, 해외기술에 의존하고 있어 자생적 산업생태계 부재 • 제한된 자원으로 충분한 지원이 어렵고, 전략 분야별 연구가 부족하여 국가 R&D 및 우수성과 창출 부진 • 초고성능컴퓨팅 개발·운영, 활용 전문인력의 부재로 활용이 저하되고, 교육 훈련체계 미흡으로 전문인력 양성이 어려움 • 초고성능컴퓨팅 수요 대비 배출인력이 부족하고, 역량 강화 제도는 전무한 수준에 해당
Opportunities(기회)	Threats(위협)
<ul style="list-style-type: none"> • 세계 최고 성능의 시스템 구축 경쟁으로 매년 전 세계 초고성능컴퓨팅 연산성능 급증 → 대규모 인프라 확충 프로젝트 등을 참여 또는 기반으로 하여 자체 기술개발에 추진 • 주요국의 신규 인프라 구축에 대규모 투자 및 공동활용 노력 병행 → 국가/전문센터를 활용하여 국가별 전략과제 지원 등 국가별 초고성능컴퓨팅 자원을 통합·연동하여 사용 가능 • 국가 전략분야 기반으로 여러 분야를 연계하여 추진 → 경제·산업, 과학·연구, 의료, 안보 등 혁신 창출이 가능한 다양한 분야로 지원 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 인력양성을 위해 훈련·과건 체계 구축, 인력교류 활성화에 따른 방대한 시간적·비용적인 측면에 대한 방안 필요 • 주요국 대비 자원 부족으로 막대한 기술개발 비용 예상 및 한 분야에 집중될 가능성 존재 • 기술개발 시, 적합한 기업역량 확보 필요

□ (SWOT Matrix) SO전략, ST전략, WO전략, WT전략에 따른 대응방안 제시

<표 83> SWOT 전략별 대응방안

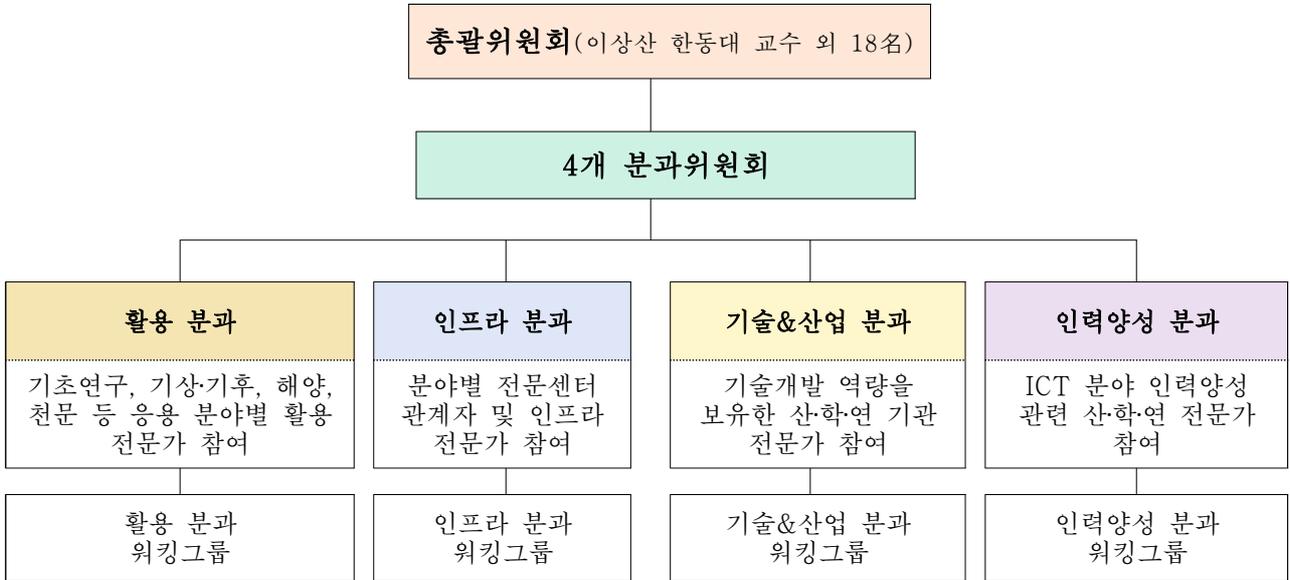
분석 관점	성공 요소				
<p>SO전략 (기회요인 적극적 수용)</p> <table border="1" data-bbox="205 510 462 712"> <tr> <td data-bbox="205 510 336 611">S</td> <td data-bbox="336 510 462 611">W</td> </tr> <tr> <td data-bbox="205 611 336 712">O</td> <td data-bbox="336 611 462 712">T</td> </tr> </table>	S	W	O	T	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 자원을 다양화하여 자체 기술개발을 추진 • 세계 최고 성능 시스템을 활용하여 효율적으로 활용하고 배분, 확대 등으로 전략기반 강화 가능 • 국가/전문/단위센터를 활용하여 공동활용체계 및 데이터 공유·관리체계 및 데이터 공유·관리체계 구축 가능 • 경제·산업, 과학·연구, 의료, 안보 등 혁신 창출이 가능한 여러 분야를 연계하여 국가 R&D 난제 해결 및 국민 생활 문제해결 방안에 기여 가능
S	W				
O	T				
<p>ST전략 (강점요인 적극적 활용)</p> <table border="1" data-bbox="205 840 462 1041"> <tr> <td data-bbox="205 840 336 940">S</td> <td data-bbox="336 840 462 940">W</td> </tr> <tr> <td data-bbox="205 940 336 1041">O</td> <td data-bbox="336 940 462 1041">T</td> </tr> </table>	S	W	O	T	<ul style="list-style-type: none"> • 인력양성 훈련과 인력교류 활성화 체계 설립을 위해 초고성능컴퓨팅 관련 센터 운영과 공동활용체계 및 국제적 서비스체계 활성화를 활용 • 국가 R&D 난제 해결 및 국민 생활문제와 연결된 분야에 집중하여 연구 분야 기준 선정 가능 • 자체 기술개발 시, 응용SW 개발과 HPC 활용서비스 제공 등 기반 확대를 위해 저 인프라 활용서비스체계 구축
S	W				
O	T				
<p>WO전략 (약점요인 보완)</p> <table border="1" data-bbox="205 1153 462 1355"> <tr> <td data-bbox="205 1153 336 1254">S</td> <td data-bbox="336 1153 462 1254">W</td> </tr> <tr> <td data-bbox="205 1254 336 1355">O</td> <td data-bbox="336 1254 462 1355">T</td> </tr> </table>	S	W	O	T	<ul style="list-style-type: none"> • 매년 전 세계 초고성능컴퓨팅 연산 성능 급증 및 대규모 인프라 확충 프로젝트 등으로 주요국 대비 부족한 자원 강화 가능 • 국가별 초고성능컴퓨팅 자원을 통합·연동하여 초고성능컴퓨팅 개발·개발 운영과 활용 전문인력 부재에 대응하여 인프라 활용 추진 • 국가/전문/단위센터를 활용하여 전 세계 국가별 초고성능컴퓨팅 자원을 통합·연동하여 신규 인프라 구축 등 산업생태계 활성화 가능
S	W				
O	T				
<p>WT전략 (약점요인 회피/극복)</p> <table border="1" data-bbox="205 1482 462 1684"> <tr> <td data-bbox="205 1482 336 1583">S</td> <td data-bbox="336 1482 462 1583">W</td> </tr> <tr> <td data-bbox="205 1583 336 1684">O</td> <td data-bbox="336 1583 462 1684">T</td> </tr> </table>	S	W	O	T	<ul style="list-style-type: none"> • 초고성능컴퓨팅 수요 대비 배출인력이 부족한 현황을, 인력교류 활성화 제도를 추진하여 훈련·과건 등 국제협력 지원 역할 수행 • 초고성능컴퓨팅 역량 강화제도를 위해 해외기술을 활용한 자체기술을 개발하고, 국가 R&D 및 우수성과 창출을 통해 분야별 활용 활성화 추진
S	W				
O	T				

제6장 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립

제1절 기획위원회 운영

1. 기획위원회 개요

- (배경 및 목적) 초고성능컴퓨팅에 관계된 전문가들의 자문의견을 바탕으로 초고성능 컴퓨팅 육성 방향성, 추진전략, 비전체계, 추진과제 및 세부 추진과제 도출 등 로드맵(안) 수립
- (배경) '11년 「국가초고성능컴퓨터 육성 및 활용에 관한 법률」 제정, 동법에 근거한 기본계획 수립 및 초고성능컴퓨팅 연구개발 사업 추진('16~'23년)
 - 과기정통부에서는 초고성능컴퓨팅 원천기술 확보 및 효과적인 산업 육성을 수행 하기 위한 장기적 계획으로 「국가 초고성능컴퓨팅 혁신전략」(~'30)을 수립하여 추진 중
 - 지난 5년간 추진된 제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획의 일몰과 새로운 중장기 혁신전략이 수립됨에 따라 목표 달성을 위해 필요한 정책적 사안을 도출하여 새로운 중장기 발전전략 제시 추진
- (목적) 초고성능컴퓨팅 핵심기술개발 및 산업생태계 구축을 위한 기술자립화 전략, 분야별 활용 확대, 인프라 확충 및 인력양성까지 포함하는 전략 수립
 - 중장기적으로 우리 기술로 자체 개발할 수 있는 기술을 정의하고 향후 5년 동안 개발이 가능한 핵심기술 확보를 위한 전략 및 컴퓨팅 기술 산업계 성장을 위해 필요한 지원 제공 방안 제시
 - 분야별 초고성능컴퓨팅 전문센터 지정·운영에 따른 국가적 차원의 인프라 관련 철학을 정립하고, 사용자들의 서비스 이용 확대 및 편의 개선을 위한 원스톱 서비스, 공동활용 플랫폼 구축 전략 제시
 - 다양한 수요에 대응하여 컴퓨팅 자원이 적시에 제공될 수 있도록 장기적 관점의 컴퓨팅 자원확보 로드맵 및 자원배분 정책 수립
 - 초고성능컴퓨팅 분야 전문인력 양성을 위한 정규 교육과정 및 현장 인력 역량 강화 프로그램 개설 등 우수한 인력이 유입될 수 있도록 정책 기반 마련
- (기획위원회 대상) 국가 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량확보, 자원 확대 및 활용 확대 차원에서 4개 분과(기술개발, 활용, 인프라, 인력양성) 기반 기획위원회 구성
 - 부처 및 산·학·연 전문가 60여명이 참여하는 '국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립 총괄위원회'를 구성·운영하여 제3차 기본계획 수립



- 초고성능컴퓨팅 기술개발, 활용, 인프라, 인력양성 등 분과별 다양한 분야의 전문가 선정
 - 인프라 분과는 국내 초고성능컴퓨팅 운영 기관과 연계된 전문가 구성
 - 기술개발 분과는 초고성능컴퓨팅 기술개발과 연계된 산·학·연 전문가로 구성
 - 활용 분과는 전통적인 초고성능컴퓨팅 자원 활용 분야(물리, 화학, 우주 등) 및 향후 수요가 확대 될것으로 예상되는 분야(농업, 군사 등)의 전문가로 구성
 - 특히, 초고성능컴퓨터법 제12조(전문인력 양성)에 따라 초고성능컴퓨팅인력양성계획을 수립하여야 하므로 기본계획 수립시 인력분과를 별도로 구성하여 이를 통해 인력양성 계획을 수립

< 참고. 초고성능컴퓨터법 제12조 >

- 초고성능컴퓨터법 제12조(전문인력의 양성) ① 정부는 국가초고성능컴퓨팅 육성에 필요한 인력자원을 개발하기 위하여 초고성능컴퓨팅인력양성계획을 세우고, 인력양성 관련 교육·훈련 프로그램의 개설, 전문인력의 해외연수 및 해외우수인력의 유치·활용 등에 관한 시책을 강구하여야 한다.
- ② 과학기술정보통신부장관은 관계 중앙행정기관의 장과의 협의를 거쳐 초고성능컴퓨팅 분야에 관한 인력수급전망을 세우고 그 결과를 제1항에 따른 초고성능컴퓨팅인력양성계획 및 시책 등에 반영하여야 한다.
- ③ 정부는 대통령령으로 정하는 바에 따라 제1항의 초고성능컴퓨팅 인력을 양성하는 업무를 초고성능컴퓨팅 관련 기관·단체 및 대학 등에 위탁할 수 있다.
- ④ 정부는 제3항에 따라 초고성능컴퓨팅 인력을 양성하는 기관·단체 및 대학 등에 대하여 필요한 경비의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.

- (분과별 기획위원회 구성) 초고성능컴퓨팅분야의 특성을 고려하여 분과별 기획위원회를 구성하고 중장기 발전전략 계획 및 설계

- 국가 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량확보, 자원 확대 및 활용 확대를 위한 4개 분과 (기술개발, 활용, 인프라, 인력양성) 기반 기획위원회 구성
 - 기획위원회를 통해 전략적 방향성 및 추진전략에 대한 의견을 수렴하고, 각 분과별 수요(기술자립화, 활용 확대, 인프라 고도화, 인력양성 등) 및 의견을 종합하여 세부 추진과제 도출
 - 기술&산업, 활용, 인프라, 인력양성 분과별 추진과제에 대한 세부사항을 도출하고, 분과별 종합 의견을 반영하여 중장기 추진계획 작성
- 분과별 도출 내용 연계·조정을 위한 총괄위원회를 별도로 구성하여 운영

<표 84> 제3차 기본계획 기획위원회(총괄위원회)

구분	소속/직위	이름	직위	비고
총괄위원장	한동대학교 기계제어공학부	이상산	교수	
정책(3)	관 과학기술정보통신부 원천기술	권기석	과장	
	관 한국연구재단 정보융합기술단	고영채	단장	
	연 KISTEP 과학기술정책센터	심정민	센터장	
인프라(4)	산 삼성전자 Data Center 그룹	양우진	그룹장	
	학 광주과학기술원/AI대학원	김종원	교수	분과위원장
	연 KISTI 국가슈퍼컴퓨팅본부	이식	본부장	
	관 기상청 국가기상슈퍼컴퓨터센터	장근일	센터장	
활용(4)	산 미디어젠 Digital BiO 연구소	염민선	연구소장	분과위원장
	산 프렌들리AI	전병곤	대표	
	학 KAIST 생명화학공학과	정유성	교수	
	연 핵융합연 통합시뮬레이션연구부	권재민	연구부장	
	관 국립농업과학원 유전체과	안병옥	과장	
기술(4)	산 KTNF 대표	이중연	대표	
	산 (주)사피온 대표	류수정	대표	
	학 건국대학교 컴퓨터공학과	진현욱	교수	
	연 ETRI 초성능컴퓨팅연구본부	김영균	본부장	분과위원장
인력(2)	학 서울대학교 수리과학부	신동우	교수	
	학 성균관대학교 컴퓨터교육과	안성진	교수	분과위원장

<표 85> 제3차 기본계획 기획위원회(분과위원회)

구분	소속/직위	이름	직위	비고
기술&산업 기획위원회 (11)	연 ETRI 초성능컴퓨팅연구본부	김영균	본부장	분과위원장
	연 ETRI 슈퍼컴퓨팅기술연구센터	박유미	센터장	
	학 포항공과대학교 (POSTECH)	김광선	교수	
	학 대구경북과학기술원 (DGIST)	김대훈	교수	
	학 서울대학교	김장우	교수	
	학 서울대학교	엄현상	교수	
	학 포항공과대학교 (POSTECH)	성효진	교수	

구분		소속/직위	이름	직위	비고
	산	한국컴퓨팅산업협회	김진택	사무국장	
	산	FA리눅스	박문식	이사	
	산	Furiosa AI	백준호	대표	
활용 기획위원회 (10)	산	미디어젠 Digital BiO 연구소	염민선	연구소장	위원장
	학	경희대학교	고정환	교수	
	학	인하대학교	김재오	교수	
	학	건국대학교	박수형	교수	
	학	울산과학기술원 (UNIST)	이명인	교수	
	학	한국과학기술원	이영민	교수	
	학	서울대학교	한승우	교수	
	연	한국해양과학기술원	김진아	책임연구원	
	연	한국천문연구원	신민수	책임연구원	
	산	현대자동차	한용하	연구위원	
인프라 기획위원회 (10)	학	광주과학기술원	김종원	교수	위원장
	관	기상청	김성우	기상사무관	
	관	한국핵융합에너지연구원	김주형	팀장	
	학	울산과학기술원 (UNIST)	유춘상	센터장	
	관	국립농업과학원	이태호	센터장	
	연	APEC 기후센터	이현록	선임연구원	
	연	국립해양조사원	한정식	센터장	
	연	기초과학연구원	허무영	책임기술원	
	연	한국표준과학연구원	허용학	센터장	
	산	NAVER Cloud	김준범	이사	
인력양성 기획위원회 (8)	학	성균관대학교	안성진	교수	위원장
	학	건국대학교	오경선	교수	
	학	연세대학교	최정일	교수	
	학	경북대학교	최철호	교수	
	산	NST 정보공학연구소	이두형	박사	
	연	KISTEP 인재정책센터	이원홍	센터장	
	연	STEPI 과학기술인재정책연구센터	홍성민	센터장	
	산	테크빌교육	박선주	이사	

2. 기획위원회 운영 일정 및 주요 내용

- 초고성능컴퓨팅 중장기 발전전략 수립을 위해 각 2회의 총괄위원회와 분과별 회의 3회를 개최하여 중점 추진방향과 전략 도출 실시
- 제1차 총괄위원회('22.8.17.)
 - 제1차 총괄위원회에서는 초고성능컴퓨팅 분야 중장기 발전전략 수립 방향성 및 기획위원회 구성·운영에 관한 전반적인 사항을 논의하였음
- 제1차 분과위원회('22.10.5. ~ 10.17.)
 - 초고성능컴퓨팅 중장기 발전전략 수립 방향성 소개 및 각 분과별 전략과제와 세부추진과제 리스트 초안 검토
- 제1차 워킹그룹(작업반) 회의('22.10.11. ~ .10.13.)
 - 제1차 분과위원회 논의 결과를 반영한 분과별 중장기 발전전략 수정·보완 작업 실시
- 제2차 워킹그룹(작업반) 회의 ('22.10.18.)
 - 제1차 워킹그룹(작업반) 회의에서 결론을 도출하지 못한 분야별 현안에 대해 추가 논의하여 수정된 중장기 발전전략 수정(안) 작성
- 제2차 분과위원회('22.10.27. ~ 11.1.)
 - 분과별 워킹그룹(작업반)에서 논의된 중장기 발전방안 수정 내용에 대한 논의 및 분과별 전략과제와의 연계성 검토 의견 수렴 등 추진
- 제3차 워킹그룹(작업반) 회의('22.11.1. ~ 11.9.)
 - 제2차 분과위원회 검토 의견 반영 및 중점 추진방향, 전략과제 등을 최종적으로 확정하여 중장기 발전전략 세부추진계획 내용 기획 추진
- 제3차 분과위원회 회의('22.12.8. ~ 12.9.)
 - 제3차 분과별 워킹그룹(작업반)에서 작성한 기본계획 내용 수정(안)에 대한 검토 및 1차 확정
- 제2차 총괄위원회('22.12.12.)
 - 그간 개최된 기획위원회 및 워킹그룹(작업반)에서 논의된 차기 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(안) 내용에 대한 검토의견 제시 및 확정
- 총 2차에 걸친 총괄위원회 및 분과별 3회에 걸친 분과위원회, 9회 워킹그룹(작업반) 회의가 운영되어 총 23회의 전문가위원회 진행

<표 86> 기획위원회 일정 및 주요내용

구분	분과	일정	장소
1차 총괄위원회		'22. 8. 17.(수) 15:00~17:00	대한상공회의소 소회의실4
1차	인력양성 분과 기획위원회	'22. 10. 5.(수) 10:00~12:00	서울역 인근 글로탑 회의실2
	인프라 분과 기획위원회	'22. 10. 5.(수) 14:00~16:00	서울역 인근 글로탑 회의실2
	기술&산업 분과 기획위원회	'22. 10. 6.(목) 16:00~18:00	서울역 인근 글로탑 회의실2
	활용 분과 기획위원회	'22. 10. 7.(금) 14:00~17:00	KISTI 키움관 컨퍼런스룸
	기술&산업 분과 워킹그룹	'22. 10. 11.(화) 10:00~12:00	KISTI 본관 제2회의실
	인프라 분과 워킹그룹	'22. 10. 11.(화) 14:00~16:00	KISTI 본관 제2회의실
	인력양성 분과 워킹그룹	'22. 10. 13.(목) 10:00~12:00	KISTI 본관 제2회의실
	활용 분과 워킹그룹	'22. 10. 13.(목) 14:00~16:00	KISTI 본관 제2회의실
2차	기술&산업 분과 워킹그룹	'22. 10. 18.(화) 10:00~12:00	KISTI 본관 제2회의실
	인프라 분과 워킹그룹	'22. 10. 18.(화) 14:00~16:00	KISTI 본관 제2회의실
	인력양성 분과 기획위원회	'22. 10. 27.(목) 10:00~12:00	서울역 인근 JK비즈니스센터 회의실
	기술&산업 분과 기획위원회	'22. 10. 27.(목) 14:00~16:00	서울역 인근 JK비즈니스센터 회의실
	활용 분과 기획위원회	'22. 10. 28.(금) 10:00~12:00	과학기술회관 중회의실5
3차	인프라 분과 기획위원회	'22. 11. 1.(화) 14:00~16:00	KISTI 융합동 2층 2회의실
	활용 분과 워킹그룹	'22. 11. 1.(화) 10:00~12:00	KISTI 국가슈퍼컴퓨팅센터 제2회의실
	기술&산업 분과 워킹그룹	'22. 11. 2.(화) 10:00~16:00	KISTI 본관 제2회의실
	인력양성 분과 워킹그룹	'22. 11. 9.(수) 14:00~16:00	KISTI 국가슈퍼컴퓨팅센터 제2회의실
	인프라 분과 기획위원회	'22. 12. 8.(목) 10:00~12:00	온라인 줌 회의
	활용 분과 기획위원회	'22. 12. 8.(목) 14:00~16:00	온라인 줌 회의
	기술&산업 분과 기획위원회	'22. 12. 9.(금) 10:00~12:00	온라인 줌 회의
	인력양성 분과 기획위원회	'22. 12. 9.(금) 14:00~16:00	온라인 줌 회의
2차 총괄위원회		'22. 12. 12.(월) 13:00~15:00	상연재 별관
공청회		'23. 1. 11.(수) 13:00~15:30	한국프레스센터 국제회의실

제2절 기본계획 수립 방향성 도출

- 조사된 국내외 초고성능컴퓨팅 동향 및 이해관계자 의견 수렴을 통해 도출된 문제점을 해결하기 위한 중장기 발전전략 수립 방향성 제시

1. 기술개발 및 산업 지속성장기반 구축

가. 기술자립화 기반 마련

- 최고기술국 엑사스케일 컴퓨팅 기술과 국내 기술 격차 심화
 - 미국 DOE의 Frontier 실제 구축·운영 시작으로 엑사 시대 개막
 - 국내 HW분야 상대수준(최고기술국 대비) 75.6%, 기술격차가 약 3년 정도 존재하고 있음
- 초고성능컴퓨팅 기술의 범위가 넓어 포스트 엑사스케일 컴퓨팅 시대를 대비해 전략적 선택과 장기적 집중 투자 필요
 - HPC 기술분류체계* 기준 대분류(HW, 시스템SW, 응용SW), 중분류(HW 4종, 시스템SW 6종, 응용SW 2종), 소분류(HW 13종, 시스템SW 21종, 응용SW 8종)
 - * “국가초고성능컴퓨팅 혁신전략” 기술분류체계, 2021
 - 포스트 엑사스케일 컴퓨팅 시대 대비하는 기술 전략 필요
 - 성능 확보 위주 기술 개발 전략 vs. 활용 확산 위주 기술 개발 전략
- 최고기술국인 미국의 초고성능컴퓨팅 분야 기술의 전략화 및 기술 거래 제재 등으로 기술 자립화 필요성이 증대
 - '13년 중국의 초고성능컴퓨팅 기술력이 세계 1위에 오르자 미국은 자국기업의 고성능칩을 중국에 판매하는 것을 금지시킴
 - '21년 4월 미 상무부는 중국의 고성능컴퓨팅 활용이 자국 외교 이익을 침해했다는 이유로, 중국 기관 7곳을 거래금지 대상으로 지정
 - 또한, 미국의 전략 분야 기술 보호 정책에 따라 중국을 비롯한 타 국가에 대한 거래제한도 예상됨에 따라 기술자립화가 요구됨
- 글로벌 기술격차를 해소하고, 최고 수준의 기술거래 제재에 대응하여 자체 기술개발 역량 강화 및 자립화 추진 시급

- ☞ 우리나라가 강점을 보유한 기술 분야를 중심으로 초고성능컴퓨팅 핵심기술 확보 및 자체 Full시스템 구축 역량 강화 추진
- ☞ 엑사스케일 시대 대응뿐만 아니라 차세대 컴퓨팅 기술을 기존 시스템에 적용하기 위한 미래형 R&D를 추진하여 선제적 우위 확보

나. 산업 지속성장 기반 구축

- 4차 산업혁명에 대응하여 초고성능 컴퓨팅 기술 수요 증가 예상
 - 빅데이터, 인공지능, 제조업 디지털 혁신 등 사회 전반의 디지털 트랜스포메이션을 지원하는 초고성능 컴퓨팅 수요 분야 확대
 - 특히 최근 부각되고 있는 HPC Convergence 추세에 따라 데이터 집약형 분석에 대응하기 위한 초거대 분석 기술 확보 필요성 증대

- 초고성능컴퓨팅 기술 수요처 발굴 필요
 - 수요처 기반의 요구사항 도출로 초고성능컴퓨팅 기술 활용 확산 지원 체계 마련 필요

- 초고성능컴퓨팅 기술 확보와 함께 전문인력을 유지, 성장시킬 수 있는 국내 기술개발 및 산업생태계 구축 시급
 - 국내 초고성능컴퓨팅 시장 규모가 크지 않아 민간 기업이 개발한 제품의 활용처가 제한적이고, 지속가능한 수익 창출이 어려운 실정
 - 국내 컴퓨팅 기술개발 역량을 보유하고 있는 대·중소기업이 활발하게 기술 R&D를 추진할 수 있도록 정부 차원의 지원책 마련 필요

- ☞ 산·학·연 공동연구로 개발된 기술의 활용 확대를 위해 공공 분야 우선 적용, 제품/사업화 지원 등 방안 강구
- ☞ 자체 개발한 초고성능컴퓨팅 기술 제품화를 지원을 위해 전문성을 기반으로 컨설팅 제공, 개발 제품의 인·검증 지원 등 제공

2. 활용지원체계 마련 및 산업 디지털 혁신 지원

가. 초고성능컴퓨팅 지원체계 수립

- 초고성능컴퓨팅 활용 연구 지속적 증가
 - 기초과학, 응용과학, 산업기술 등 다방면에서 초고성능컴퓨터 활용 연구자 증가
 - ※ 거대연구 : ('18) 9건 → ('21) 15건, 혁신성장 : ('18) 11건 → ('20) 18건 등
 - ※ 5호기 혁신지원프로그램에서 AI과제 신청건수 종합 ('18) 8건 → ('21) 49건

- 초고성능컴퓨팅 활용 연구자 대비 국내 고성능 계산 소프트웨어 개발 역량은 저조
 - 대부분의 산학연 연구자들이 해외 개발 소프트웨어에 의존
 - 국내 소프트웨어 개발 능력 미비로 인해 초고성능컴퓨팅 활용 역량 강화에 제약

- 이러한 문제점을 해소하기 위해 '23년부터 5개년 동안 엑사스케일급 초고성능컴퓨터 활용을 위한 응용SW 생태계조성사업 추진 예정

- 초고성능컴퓨팅 활용도 제고를 위해 분야별 연구 커뮤니티 수요를 만족시킬 수 있는 수준의 응용SW 개발 필요성 확대
- 향후 5년간 약 475억 원 규모로 초고성능컴퓨팅 전략분야 특화 SW, 데이터·AI SW, 공통 기반 SW 개발 등을 추진할 예정

□ 전문센터의 지정·운영에 따른 체계적 활용활성화 방안 마련 필요

☞ M&S(모델링&시뮬레이션) 및 디지털 트윈에 전문성을 보유한 기업 위주로 연구개발서비스업을 육성하여 진입장벽 해소

나. 초고성능컴퓨팅 활용 혁신적 성과창출 지원

- 주요국은 기초 분야 R&D 및 국민 생활 문제 해결에 초고성능컴퓨팅을 활용하기 위한 다양한 노력 경주
- (기초) 대용량 데이터 분석 기반 R&D를 통해 기존에 불가능했던 거대·첨단 연구 등이 가능해짐으로써 혁신적 연구성과 창출 지원
 - ※ 美구글(알파폴드2) : 코로나19 바이러스 등 단백질 3D 구조 예측 기간 수년→수일 단축('20)
 - ※ 해당 연구과제 투자수익률(ROI) : 약 500배('20, Hyperion Research)
- (공공) 지구환경문제, 재난·재해(기상·지진·산불 등), 신종 전염병 등에 대한 사전 예측 및 선제적 대응을 통해 국민의 생명과 재산 보호
 - ※ 英위릭대 : 초고성능컴퓨팅 시뮬레이션을 활용, 구제역 확산 통제(가축 살처분량 20만 마리, 피해액 762억원 감소)
- 우리나라의 경우 국가 차원의 기초·공공분야 현안 해결을 위한 전략 분야 전용 R&D 프로그램은 부족한 실정
- 초고성능컴퓨터센터 대부분은 자체 기준에 따라 내·외부, 분야별로 자원을 배분해 개인연구자 중심 수요에 대응
 - ※ 국가센터 : 거대연구(20%), 집단연구(15%), 창의연구(30%), 국가전략(15%), 혁신지원(10%), 유상(10%)
- 초고성능컴퓨팅 장점을 극대화할 수 있는 집단연구 프로그램 부족으로 국가 차원의 성과 도출이 미흡

☞ 국가 전반에 걸친 기초·공공분야 R&D 수행에 초고성능컴퓨팅 자원 활용 분야별 원천기술 개발 및 세계적 연구 경쟁력 확보

☞ 보건·의료, 환경, 기상·기후, 재난대응 등 분야별 현안 해결에 초고성능컴퓨터 활용 확대를 위한 다부처 사업 연계 추진

다. 산업 디지털 혁신 지원

- 초고성능컴퓨팅 기반 연구 혁신의 필요성이 증대
 - 대규모 데이터 처리, 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 문제 해결의 핵심 기술로서 초고성능 컴퓨팅 기술 활용 요구 증대
 - 초고성능컴퓨팅 기술은 우리나라 산업을 디지털제조업으로 발전시킬 수 있는 원동력으로 기대
 - 제품설계에서 제작까지의 단계를 시뮬레이션(디지털화)함으로써 제품 생산비용의 절감과 환경 친화적 생산이 가능할 것으로 기대
 - * 슈퍼컴퓨터 이용 시 제품개발 비용 53.4%, 시간 52.4% 절감효과(KISTI, '10년)
 - 기업형 공장 중심에서 개인형 공장으로 제품생산이 가능해짐에 따라 아이디어형 제품 생산의 보편화, 새로운 일자리 창출 가능

- 4차 산업혁명에 대응하여 초고성능 컴퓨팅 기술 수요 증가 예상
 - 빅데이터, 인공지능, 제조업 디지털 혁신 등 사회 전반의 디지털 트랜스포메이션을 지원하는 초고성능 컴퓨팅 수요 분야 확대
 - 거대 데이터와 인공지능(AI) 기술이 융합하여 다양한 新산업, 新서비스 창출 수요 증대
 - 국내 기업(수아랩(수아킷))의 초고성능컴퓨팅 + 인공지능 + 머신비전 기술 활용 제품 불량 검사
 - 美인디애나주립대(로보-어드바이저)의 초고성능컴퓨팅 기반 인공지능 주식매매 자문 (수익률 6.5% vs 전문가 1.5%)

- 이에, 국내 연관 산업분야 기업들이 초고성능컴퓨팅 인프라를 활용하여 목적에 맞는 디지털 혁신을 수행할 수 있도록 효과적인 지원체계 마련 필요

☞ M&S(모델링&시뮬레이션) 및 디지털 트윈에 전문성을 보유한 기업 위주로 연구개발서비스업을 육성하여 진입장벽 해소

3. 국가 인프라 확충 및 다양화

가. 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 양적·질적 확충

- 국가 과학기술 경쟁력 제고 및 미래 수요 대응을 위한 슈퍼컴퓨터의 지속적 현대화 및 증설 필요
- 국가별 성능 1위 초고성능컴퓨터와 비교 시 우리나라 자원은 약 43.8배의 격차를 보이고 있으므로 인프라 확충 필요

<표 87> Top500 국가별 1위 초고성능컴퓨터 성능 비교

(단위 : PF)

국가	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
미국	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	143.5	148.6	148.6	148.6	1,102
일본	10.5	10.5	10.5	10.5	13.6	19.1	19.9	19.9	442.0	442.0	442.0
중국	2.6	33.9	33.9	33.9	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0
EU	4.1	5.0	5.0	5.6	6.2	7.5	19.5	19.5	44.1	44.1	151.9
한국	0.3	0.3	0.3	2.4	2.4	2.4	13.9	13.9	13.9	25.2	25.2
격차	55.6배	107.0배	98.0배	14.1배	38.8배	38.8배	10.3배	10.7배	31.7배	17.6배	43.8배

* Top500 실측성능 기준으로 국내 최고 성능 25.2PF

- 공공 목적으로 과학기술 분야 연구 개발을 위한 계산자원으로 활용중인 국가슈퍼컴퓨터의 사용률 포화 상태 도달 속도 증가*

* 슈퍼컴퓨터 사용률(1~3년차) : (4호기) 42% → 65% → 75%, (5호기) 63% → 78%

- 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」 제9조의2에 의해 분야별 전문센터가 지정됨에 따라 목적별 인프라 구축·운영 필요
- '22년 8월 분야별 초고성능컴퓨팅센터(전문센터) 7곳*이 지정됨에 따라 각 분야별 인프라 구축·운영, 공동활용서비스 체계 마련 필요
 - (지정) 소재·나노, 생명·보건, 기상·기후·환경, 자율주행, 우주, 핵융합·가속기, (예비지정) 재난·재해
- 초고성능컴퓨터와 타 분야 융합(HPC Convergence) 사례가 증가함에 따라 거대 분석연구(거대 AI 분석 등) 지원을 위한 인프라 확보 필요

☞ 국가 초고성능컴퓨팅 인프라의 양적·질적 고도화를 추진하고 공동활용을 위한 인프라 구축 방향성 제시 필요

나. 공동활용체계 마련

- 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」의 제정 및 시행을 통해 초고성능컴퓨팅 공동활용 체계 구축 요구
 - ※ (제17조 1항) 정부는 국내초고성능컴퓨팅자원을 연동하여 국가적 차원에서 공동으로 활용하는 체계(“공동활용체계”)를 구축하여야 함
- 과거 국가슈퍼컴퓨팅본부를 중심으로 「국가슈퍼컴퓨팅공동활용체제구축」 사업을 추진하였으나, 예산 및 지원인력의 부족으로 연동 자원의 규모가 점차 축소되고, 장비 노후화 및 서비스 한계 발생
 - ※ 사업기간 : `07~`17년, 예산 : 연 10-20억원, 파트너기관 수 : 14개, 연동 자원규모 : 11개 기관 시스템 (합산 계산성능 102TFlops)
- 미국, 독일, 일본 등 해외 주요국은 슈퍼컴퓨터 자원의 공동 활용을 촉진하기 위한

국가 차원의 서비스 체계 구축·운영

- 미국 NSF는 기존 XSEDE 사업의 성공을 바탕으로 DOE와 NSF 산하 자원 중 공동활용이 가능한 자원은 신규 공동활용플랫폼인 ACCESS 서비스로 연동하여 공동활용을 지원하기 위한 체계 구축('22. 8.~)
- 유럽(PRACE), 일본(HPCI) 또한 기관별로 분산된 초고성능컴퓨팅 자원을 Tier 별로 구별하여 공동활용 지원
- 초고성능컴퓨터의 활용을 활성화하기 위해서는 편리하게 활용할 수 있는 분야별 특화형 서비스환경 구축 필요
 - 진입 장벽이 높은 초고성능컴퓨팅 자원의 접근성 및 활용성을 높이기 위해 end-to-end 기반 서비스 등 사용자 친화적인 환경 구축 지원
 - 천문, 바이오, 소재, 기상 등 전문분야 또는 지역별 수요에 최적화된 특화 서비스 개발을 통해 사용자 편의성을 강화함으로써 초고성능컴퓨팅 활용의 저변 확대 노력 필요

☞ 국가 초고성능컴퓨팅 운영 조직에 대한 거버넌스 확립

☞ 원스톱 공동활용 서비스 플랫폼 구축으로 공백없는 초고성능컴퓨팅 자원 활용 서비스 체계 마련

4. 인력양성 체계 마련

가. 전문성을 보유한 우수인재 양성

- 국가 성장동력분야 연구의 획기적 진보를 이끌 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성을 위한 대학 중심의 교육체계 부족
 - 초고성능컴퓨팅 산업체 관련 수요 대비 석박사급 인재 공급이 부족한 상황으로, 수급 불균형 대응 필요
 - 주요국에서는 우수대학에서 학위과정 제공 및 HPC 연구 지원 등을 적극 추진하는 반면, 국내에서는 대학 학위과정 운영 미비
 - ※ ex) 미국은 약 23개 이상 대학에서 계산과학 관련 석박사 학위과정 운영, 대학 자체 HPC(고성능컴퓨팅) 리소스 제공 및 연구 적극지원
 - ※ 국내는 서울대(협동과정), 연세대에서만 계산과학 관련 석박사 학위과정 운영
 - 연구현장에 투입 시 실무 프로세스를 원활하게 이해하는 수준의 전문인력 배출 위한 대학 학위과정 및 인증 프로그램 운영 필요
- 초고성능컴퓨팅 관련 산학계 재직자 대상 지속적인 역량 개발을 위한 교육·훈련체계 미흡
 - 초고성능컴퓨팅 공동활용 서비스체계가 구축됨에 따라 서비스 운영 및 기술지원 인력 대상 효율적인 교육·훈련체계 마련 필요
 - 산업현장 인력의 경력 개발을 위한 가이드라인 등의 부족으로 자발적인 역량 관리

및 전문성 확보 위한 동기부여 결여

※ ex) 영국은 전문가 기술·역량 관리 역량모델, SFIA에 HPC 수준별 Skillset 제시('18)
국내에는 표준역량모델 없이 연도별 교육수요에 따른 교육프로그램 개설·운영(KISTI, TTA)

- 해외 우수연구자와의 교류 및 협력연구 통한 선진기술 도입 촉진 등 다양한 역량 강화 프로그램 개발 필요

☞ 대학·대학원 내 정규 교육과정 개설로 양질의 전문인력 배출

☞ 실무 종사자의 전문성을 강화할 수 있는 맞춤형 프로그램을 활성화 하여 현장인력 역량 강화 및 양성 지원

나. 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대

□ 초고성능컴퓨팅 관련 인식 부족으로 지속적인 인재 유입체계 미흡

- 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성의 선순환 구조(인재유입→인재양성→인재유지) 마련을 위해 '인재유입' 방안 수립 필요

- 초중등학생·일반인 대상 초고성능컴퓨팅 관련 초기교육 및 문화 활동 접근기회 부족

※ ex) 미국은 첨단컴퓨팅생태계 관련 인력양성 전략에 '초중등과정 STEM교육 활성화' 포함

- 초중등학생 대상 기초교육과정 및 다양한 체험프로그램 마련, 일반인 대상 초고성능컴퓨팅 시각화 결과물 경험 기회 제공 등 추진 필요

☞ 과학적 관점의 초고성능컴퓨팅 기술을 인문학 관점으로 일반 국민 및 학생들에게 홍보하여 관심을 확대할 수 있도록 프로그램 개설

☞ 초고성능컴퓨팅을 활용한 연구의 결과를 홍보하고, 국가 자원을 활용하여 직접 체험할 수 있는 기회를 제공하여 관심 제고

제3절 기본계획 수립 방안

1. 제3차 기본계획 수립 개요

- 도출된 기본계획 방향성을 기반으로 향후 5개년 간 추진할 초고성능컴퓨팅 육성 전략 및 과제를 기획함
- 국가 초고성능컴퓨팅 기본계획 수립을 위해 각 분야별 전문가로 구성된 기본계획 기획위원회를 구성하여 상세내용 기획 방향성 제시 및 작성내용 검토 등 추진
- 효율적인 상세기획을 위해 기본계획 기획위원회는 총괄위원회-분과위원회-워킹그룹(작업반) 등으로 구성하여 상세기획 프로세스 진행
 - (총괄위원회) 국가 초고성능컴퓨팅 기본계획 수립에 관한 전반적인 사항 검토 및 방향성 제시 등의 역할 수행
 - (기획위원회) 분과별 특성을 반영하여 향후 5년간 실행가능한 중장기 발전전략 수립을 위해 전문성을 바탕으로 세부 방향성 제시, 실현 가능성 및 타 분과와의 연계성을 고려한 검토의견 제시 등의 역할 수행
 - (워킹그룹) 분과위원회에서 논의된 사항을 기반으로 실제 중장기 발전전략에서 추진할 세부추진과제의 세부 내용을 기획하고, 각 분과간 연계를 위한 실행 전략 등을 도출하는 역할 수행

<표 88> 기본계획 기획위원회 추진 현황

구분	분과	일정	비고
1차	총괄위원회	'22. 8. 17.	오프라인
	분과별 기획위원회	'22.10.5. ~ 10.17.	온/오프라인
	분과별 워킹그룹	'22.10.11. ~ .10.13.	오프라인
2차	분과별 워킹그룹	'22.10.18.	온/오프라인
	분과별 기획위원회	'22.10.27. ~ 11.1.	오프라인
3차	분과별 워킹그룹	'22.11.1. ~ 11.9.	오프라인
	분과별 기획위원회	'22.12.8. ~ 12.9.	온라인
2차	총괄위원회	'22.11.12	오프라인

2. 기본계획 기획위원회 운영

가. 제1차 총괄위원회

- 제1차 총괄위원회 개요
- 제1차 총괄위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
총괄위원회	2022. 8. 17.(수) 15:00 ~ 17:30	대한상공회의소 소회의실4

- 목적 및 내용
 - 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립 운영계획 논의
 - 분과위원회 구성 및 운영에 관한 사항 논의

주요 논의 내용

- (방향성) 기수립된 제2차 기본계획 보완과 혁신전략 계승, 경쟁우위 분야에 대한 선택과 집중을 반영한 기본계획 수립이 필요하다는 의견 도출
 - 신규 지정된 전문센터 포함, 분과별 연계를 통한 과제 도출, 인력양성과 플랫폼을 공통부분으로 하여 인프라, 기술, 활용 분과에서 연계 과제 도출 필요
- (기술&산업) 자체 기술을 기반으로 한 인프라 도입이 필요하며 엑사스케일 시뮬레이션 역량 등을 갖추기 위해 최첨단 응용 및 시스템SW 기술개발 필요
- (활용) 국가적, 사회적, 글로벌 이슈를 해결하는 엑사급 활용 대상 모색, 인프라와 서비스, 원천기술 확보, 산업과의 연계를 함께 고려한 과제 도출 필요
- (인프라) 국가센터뿐만 아니라 신규 지정된 전문센터의 명확한 역할과 계획 반영 필요
- (인력양성) 전반적으로 저변확대가 부족하므로 인재 양성을 위해 체계적인 커리큘럼과 교육과정이 도출되도록 하고 “교육=미래”라는 인식으로 장기적 관점에서의 계획도 수립해야함

나. 제1차 기획위원회

- 기술&산업 분과 1차 회의 주요 결과
- 제1차 기술&산업 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제1차 기술&산업 분과	2022. 10. 6.(목) 16:00 ~ 18:00	글로벌 2번 회의실

- 목적 및 내용
 - 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 안건 방향성 논의
 - 자체 슈퍼컴퓨터 원천기술 확보 및 기술운영 논의
- 주요 논의 내용

- 제3차 기본계획은 「국가 초고성능컴퓨팅 혁신전략(~2030)」에 담긴 주요 사업들을 구체화하기 위한 전략 수립 관점으로 접근 필요
- 해당 기간 내에 독자 기술 개발 가능성, 차세대 컴퓨팅 기술개발, 민간 참여 유도 등에 대한 방안 마련 필요
- ※ 제4차 기본계획까지를 목표로, 엑사플롭스 시스템 자체 개발의 목표와 전략 제시 필요
- ※ 차세대 컴퓨팅 기술은 PIM, 메모리연결 기술 등 고려 가능
- ※ 민간의 참여 유도 방안으로 사업화 및 지속가능한 생태계 마련 필요

□ 활용 분과 1차 회의 주요 결과

○ 제1차 활용 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제1차 활용 분과	2022. 10. 7(금) 14:00 ~ 16:00	대전 KISTI 키움관 컨퍼런스룸

○ 목적 및 내용

- 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 안건 방향성 논의
- 활용 분과 전략과제 및 세부추진과제 범위 논의

○ 주요 논의 내용

- 슈퍼컴퓨터를 사용만 하고자 하는 수요와 미래 구축해놔야 할 슈퍼컴퓨터 시장의 현황 고려 필요
- 기본계획에 선정된 분야 및 내용이 한정적이며, 세계적으로 주목받는 분야로 핀테크, 녹색기술 등 내용 고려 필요
- 기관별 데이터를 공유하여 시뮬레이션을 통해 생산성 있는 활용체계 구축 필요

□ 인프라 분과 1차 회의 주요 결과

○ 제1차 인프라 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제1차 인프라 분과	2022. 10. 5(수) 17:00 ~ 19:00	KISTI 키움관 컨퍼런스룸

○ 목적 및 내용

- 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 안건 방향성 논의
- 인프라 분과 전략과제 및 세부추진과제 범위 논의

○ 주요 논의 내용

- 제3차 기본계획 수립 시 인프라 분과에서는 국가적 차원의 인프라 확충 및 다양화, 전략적 서비스 제공, 생태계 활성화 고려 필요
- 국가-전문센터 역할을 고려한 전략 서비스 제공을 위해 원스톱서비스와 공동활용체계의 범위 도출 필요
- HW개발 사업과 SW개발 사업을 구분하여 전략적인 성과 연계를 위한 정책 수립 필요
- 기본적으로 초고성능컴퓨팅 인프라를 민간에서 구축하기 어려운 실정이며, 해외 주요국 모델을 분석하여 우리 실정에 맞는 연계 전략 수립 필요

□ 인력양성 분과 1차 회의 주요결과

○ 제1차 인력양성 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제1차 인력양성 분과	2022. 10. 5(수) 10:00 ~ 12:00	글로벌 1번 회의실

○ 목적 및 내용

- 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 안건 방향성 논의
- 초고성능컴퓨팅 인력양성 대상 범위 및 교육과정 수요 논의

○ 주요 논의 내용

- 제3차 기본계획은 초고성능컴퓨팅 인력 저변확대를 위해 집중 지원해야할 범위 선정 및 교육방안 수립 필요
- 초고성능컴퓨팅 인력 범위를 구분하여 향후 5년간 우선적으로 집중해야 할 대상인력 및 과제 도출 필요
- 학부 전공·교양, 석박사 및 포닥과정까지 포괄하여 교육과정 논의 필요
- 인력 저변확대 방안의 일환으로 초중등학생들이 쉽고 재밌게 접근해서 배울 수 있는 프로그램 운영 필요
- 현장에 있는 사람들을 대상으로 HPC·계산과학공학 관련 재교육과정 설계 필요

□ 제1차 분과별 기획위원회 개최 후 전문가 위원회 의견을 종합하여 분과별 워킹그룹 (작업반)에서 중장기 발전전략 과제 초안을 도출하여 제시

○ 중장기 발전전략 초안은 12개 전략과제와 50개 세부추진과제 도출

<표 89> 제1차 분과별 기획위원회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 도출(안)

구분	전략과제	세부추진과제
인프라	[전략과제1] 국가초고성능컴퓨팅 인프라 확충	1-1. 국가센터 인프라 확충(6호기 구축·운영, 7호기 도입 기획) 1-2. 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 다양화 1-3. 공동활용 인프라 구축(스토리지, 네트워크, 데이터)
	[전략과제2] 국가초고성능컴퓨팅 공동활용 인프라 구축	2-1. 국가·전문·단위센터 거버넌스 확립(전략적 배분, 포럼 포함) 2-2. 윈스톱 서비스체계 구축 2-3. 공동활용 플랫폼 구축(데이터 공유·관리, 클라우드 등 포함)
	[전략과제3] 차세대 컴퓨팅 인프라 테스트베드 구축·운영	3-1. 양자컴퓨팅 시범 구축·운영 3-2. AI 반도체 기술적용 및 검증 실시(NPU, TPU 등) 3-3. 양자 네트워크 기술 검증 3-4. 신기술 테스트베드 구축·운영(뉴론 연계)

구분	전략과제	세부추진과제
기술 & 산업	[전략과제4] 초고성능컴퓨팅 핵심 원천기술 독자 개발	4-1. 글로벌 수준의 독자 초고성능컴퓨팅 프로세서 개발 4-2. 초고성능컴퓨팅 플랫폼 기술 개발(메인보드, 저전력 등 HW) 4-3. 초고성능컴퓨팅 활용 기반기술 독자 개발 4-4. 차세대컴퓨팅 기술개발 확대(PIM, 양자컴퓨팅 등)
	[전략과제5] 엑사급 초고성능컴퓨팅 자체조달 체계 구축	5-1. 산·학·연 전주기 협력체계 구축 5-2. 초고성능컴퓨팅 Full 시스템 독자 구축 5-3. 거대규모 초고성능시스템 예측·검증·운영 기술개발
	[전략과제6] 초고성능컴퓨팅 산업생태계 조성·확대	6-1. 초고성능컴퓨팅 공공·민간 시장 확대 6-2. 초고성능컴퓨팅 기술 R&D를 통한 제품화 지원 6-3. 국가 차원의 전담기술지원단 컨설팅 제공
활용	[전략과제7] 엑사급 초고성능컴퓨팅 활용 기술개발 및 적용	7-1. 초고성능컴퓨팅 SW 기술개발 및 지원 7-2. 초고성능컴퓨팅 활용 혁신적 연구성과 창출 7-3. 시대 변화에 맞는 전략분야 지원체계 수립 7-4. 거대규모 데이터 기반 거대 AI 기술개발 지원 7-5. 국가센터 컴퓨팅 자원 활용 극대화를 위한 사전 연구체계
활용	[전략과제8] 초고성능컴퓨팅 기반 혁신적 과학기술 국가 실현	8-1. 국가 성장 전략분야 초고성능컴퓨팅 활용 8-2. 국가 현안 관련 초고성능컴퓨팅 신수요 발굴 및 해결 지원 8-3. 다부처협력 초고성능컴퓨팅 연구 활성화 8-4. 국민생활안전 및 국가안보 긴급대응을 위한 초고성능컴퓨팅 활용 8-5. 시기별 예상되는 국가 현안에 따른 초고성능컴퓨팅 활용 SW 사전 준비 8-6. 전문센터를 중심으로 한 각 지역 중심 현안 문제 해결 활동 지원
	[전략과제9] 초고성능컴퓨팅 활용 산업 디지털 혁신 선도	9-1. 초고성능컴퓨팅 활용 제조업 디지털전환 선도 9-2. 초고성능컴퓨팅 활용 보안체계 고도화 9-3. 초고성능컴퓨팅 연구개발서비스업 육성 9-4. 수요자 맞춤형 지원 강화 9-5. 초고성능컴퓨팅 활용 신뢰성 강화를 위한 소프트웨어 공개 소프트웨어화
인력 양성	[전략과제10] 초고성능컴퓨팅 전문인력 집중 육성	10-1. 국내 학부·대학원 정규교육과정 개설·운영 지원 10-2. 계산과학공학 중심 인증 프로그램 개발·운영 지원 10-3. 직무역량 강화를 위한 훈련 프로그램(KISTI, HRD 등) 강화 10-4. 초고성능컴퓨팅 인력양성 추진체계 구축
	[전략과제11] 현장실무역량 강화를 위한 프로그램 활성화	11-1. 현장 훈련 강화 위주 프로그램 활성화 11-2. 해외 유명 연구자 초빙 및 공동연구 추진 11-3. 국내 우수연구자 해외 선진기관 연수 지원 11-4. 초고성능컴퓨팅 인력 수요공급 매칭을 위한 정책과제 추진 11-5. 슈퍼컴퓨터에서 활용 가능한 SW 개발팀 운영 11-6. HPC 운영 전문인력 양성 프로그램 운영
	[전략과제12] 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대	12-1. 인재 유입을 위한 HPC 문화 확산(초중등학생·일반인 대상) 12-2. 슈퍼컴퓨팅 시뮬레이션 결과를 통한 홍보(SW 개발팀) 12-3. 슈퍼컴퓨팅 SW활용 경진대회 12-4. 인재관리 통합정보플랫폼 구축

다. 제2차 분과위원회

- 기술&산업 분과 2차 회의 주요 결과
- 제2차 기술&산업 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제2차 기술&산업 분과	2022. 10. 6(수) 16:00 ~ 18:00	제이케이비즈센터 C

○ 목적 및 내용

- 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 초안 작성 내용 논의
- 핵심원천기술 및 독자 기술개발, 산업생태계 구축·운영에 관한 분과위원회 자문 의견 수립

○ 주요 논의 내용

- 기술개발 관련 정책 수립 시 로드맵 형식이 아닌 정책적 당위성 및 계획, 추진체계 등을 제시하기 위한 구성 필요
- 독자 시스템 구축 역량 확보를 위해 사업 추진체계, 방식에 대한 상세 내용을 반영하는 방안 고려 필요
- 제3차 기본계획에서 산업계가 참여할 수 있는 방안 고려 및 현실성을 고려한 산업생태계 구축·운영 전략 제시 필요
- 독자 Full시스템 구축 역량 확보와 산업생태계 조성·확산 관련 내용을 통합하여 기본계획 수립 고려 필요
- 해외 주요 대학 및 기관의 Research Division과 연계하여 인력 교류를 할 수 있는 체계 구축 필요

□ 활용 분과 2차 회의 주요 결과

○ 제2차 활용 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제2차 활용 분과	2022. 10. 28(금) 10:00~12:00	과학기술회관 중회의실

○ 목적 및 내용

- 제3차 기본계획 관련 초고성능컴퓨팅 활용 분과 전략과제 방향 검토

○ 주요 논의 내용

- 활용 분과 전략과제 내용을 활용 활성화를 위한 체계 구축과 공공·기초연구 분야, 산업 분야 성과 창출지원 등으로 구분하는 방향 고려 필요
- 활용 정책 추진과 관련하여 국가센터 - 전문센터 - 단위센터의 역할을 고려한 활용 지원 방안을 논의하고, 각 분야별 이슈 해결을 지원할 수 있는 응용SW 지원 체계 제시 필요
- 초고성능컴퓨팅 활용 기초연구 및 공공 분야 현안 해결을 지원하여 다부처 기본계획에 부합하는 정책 수립 필요
- 산업 분야에서 초고성능컴퓨팅 활용이 제대로 이루어지지 않고 있는 이유를 파악하여 활용 확대 방안 제시 필요

□ 인프라 분과 2차 회의 주요 결과

○ 제2차 인프라 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제2차 인프라 분과	2022. 11. 1(화) 14:00~16:30	KISTI 융합동 2회의실

○ 목적 및 내용

- 제3차 국가 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 내 인프라의 확충, 공동활용서비스 체계 구축 관련 전략과제 방향 검토

○ 주요 논의 내용

- 제3차 기본계획의 인프라 분과 정책은 “규모가 있는 국가 차원의 인프라 확충”과 “구축된 인프라의 활용성을 높일 수 있는 체계 마련”을 기본 틀로 향후 세부 내용 계획 필요
- 국가센터 플래그십 도입 체계의 정비, 인프라 운영 주체가 다양화 됨에 따라 필요한 정책들을 포함하여 제시 필요
- 국가 초고성능컴퓨팅 공동활용 서비스 제공을 위해 필요한 정책적 사항을 제시하는 것을 목표로 보완 필요

□ 인력양성 분과 2차 회의 주요결과

○ 제2차 인력양성 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제2차 인력양성 분과	2022. 10. 27(목) 10:00~12:00	제이케이비즈센터 C

○ 목적 및 내용

- 제3차 기본계획 관련 초고성능컴퓨팅 인력양성 전략과제 방향 검토
- 정규교육과정 개설·운영, 현장 실무역량 강화 프로그램 활성화 및 인력 저변확대 관련 세부추진과제 검토 및 의견 수렴

○ 주요 논의 내용

- 초고성능컴퓨팅 전문인력 집중육성을 위한 교육과정 개설·운영, 현장 실무역량 강화를 위한 프로그램 활성화, 인력 저변확대 활동 추진으로 인력양성 전략방향 확정
- 교육과정을 계산과학공학(CSE)으로 한정하지 않고, 초고성능컴퓨팅 관련 HW, SW, CSE를 모두 이해하도록 설계
- 통합적인 전문성 개발을 위해 단순현장지원보다는 직업 교육·훈련(Experience) 및 경력 개발(Career) 중심 프로그램 구성 필요
- 초고성능컴퓨팅에 대한 인식 확산을 위해 영재 및 일반학생, 교사, 일반인 대상 다양한 문화 활동 제시

□ 제2차 분과별 기획위원회 개최 후 전문가 위원회 의견을 종합하여 분과별 워킹그룹(작업반)에서 중장기 발전전략 과제 수정(안)을 도출하여 제시

○ 중장기 발전전략 수정(안)은 10개 전략과제와 30개 세부추진과제 도출
 <표 90> 제2차 분과별 기획위원회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 수정(안)

정책방향	전략과제	세부추진과제
초고성능 컴퓨팅 자체기술 확보 및 산업 육성	[전략과제1] 초고성능컴퓨팅 기술자립화 기반 마련	1-1. 기술독립을 위한 초고성능컴퓨팅 강점기술 확보
		1-2. 자체 초고성능컴퓨팅 구축·활용 기술개발
		1-3. 미래 컴퓨팅 기술실현을 통한 기술 강국 위상 제고
	[전략과제2] 초고성능컴퓨팅 산업(생태계)지속성 장 기반 구축	2-1. 공공중심 초고성능컴퓨팅 수요 발굴
		2-2. 초고성능컴퓨팅 기술의 안정적 공급체계 수립
		2-3. 국가 차원의 전담기술지원단 컨설팅 제공
초고성능 컴퓨팅 활용 강화 및 생태계 조성	[전략과제3] 초고성능컴퓨팅 지원체계 수립, 기술 개발 및 연구 지원	3-1. 초고성능컴퓨팅 지원체계 수립
		3-2. 초고성능컴퓨팅 기술개발 및 사용자 활용 역량 강화
		3-3. 거대 데이터 기반 AI 활용 기술개발 지원
초고성능 컴퓨팅 활용 강화 및 생태계 조성	[전략과제4] 기초·공공문제 해결을 위한 초고성능컴퓨팅 활용 활성화	4-1. 초고성능컴퓨팅 기반 혁신적 연구성과 창출 지원
		4-2. 국가 성장 신규 산업을 위한 초고성능컴퓨팅 활성화
		4-3. 전문센터 연계 초고성능컴퓨팅 수요 발굴 및 해결 지원
		4-4. 다부처협력 초고성능컴퓨팅 연구 지원 활성화
	[전략과제5] 산업 디지털혁신을 위한 초고성능 컴퓨팅 활용 활성화	5-1. 초고성능컴퓨팅 활용 제조업 디지털전환 선도
		5-2. 초고성능컴퓨팅 연구개발서비스업 육성
국가 초고성능 컴퓨팅 인프라 고도화	[전략과제6] 국가초고성능컴퓨팅 인프라 확충	6-1. 국가센터 인프라 확충(6호기 구축·운영, 7호기 도입 기획)
		6-2. 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 다양화(구축·운영의 분산·다변화)
		6-3. 초고성능 컴퓨팅 연계 인프라(스토리지, 네트워크, 데이터) 구축
	[전략과제7] 국가 초고성능컴퓨팅 공동활용 서비스 체계 구축	7-1. 국가·전문·단위센터 거버넌스 확립(전략적 배분, 포럼 포함)
		7-2. 원스톱 공동활용 서비스체계 구축
		7-3. 공동활용 표준 플랫폼 구축(데이터 공유·관리, 클라우드 등 포함)
		7-4. 제도 개선 등을 통한 공동활용 저변 확대

정책방향	전략과제	세부추진과제
초고성능 컴퓨팅 인력양성	[전략과제8] 초고성능컴퓨팅 전문인력 집중 육성	8-1. 초고성능컴퓨팅 관련 대학 교육과정 개설
		8-2. 초고성능컴퓨팅 연구역량 강화 프로그램 추진
		8-3. 초고성능컴퓨팅 인력양성 책임기관 운영
	[전략과제9] 초고성능컴퓨팅 현장인력 성장 지원	9-1. 초고성능컴퓨팅 현장 실무역량 강화 프로그램 활성화
		9-2. 초고성능컴퓨팅 인재 경력경로(Career Path) 개발
	[전략과제10] 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대	10-1. 미래인재 유입 위한 학습·체험 기회 확대
10-2. 초고성능컴퓨팅 이해 확산 위한 과학문화사업 추진		

- 이후 추가적인 워킹그룹 회의를 진행하여 국가 초고성능컴퓨팅 중장기 발전전략의 정책 방향 및 전략과제 세부추진과제 내용을 재구성하여 제시
- 각 분과별로 추진된 워킹그룹 작업반 운영 결과를 토대로 4대 전략방향에 9개 전략과제를 도출하여 비전 및 목표 초안을 제시하였음
 - 4대 전략방향은 기술개발 및 산업 경쟁력 강화, 활용 분야별 디지털 혁신 지원, 국가 인프라 고도화, 인력양성기반 확립 등으로 설정
 - 전략과제는 기술&산업, 인프라, 인력양성 분과 각 2개, 활용 분과 3개 등으로 재구성하여 총 9개 추진 전략과제를 제시하였음

라. 제3차 분과위원회

- 기술&산업 분과 3차 회의 주요 결과
- 제3차 기술&산업 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제3차 기술&산업 분과	2022. 12. 9.(수) 10:00 ~ 13:00	온라인(zoom) 회의

- 목적 및 내용
 - 제3차 국가 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 내 국가센터 자원 활용 지원체계 강화, 혁신적 연구성과 창출 지원, 산업 혁신 지원 관련 전략과제 작성 내용 검토의견 논의
- 주요 논의 내용
 - 자체 기술개발 추진을 위해 우리나라 기술력을 고려한 단계별 기술개발 로드맵의 필요성을 제시하고, 도전적인 로드맵 수립을 제안함
 - 제3차 기본계획에서 개발하고자 하는 기술의 범위를 명확하게 제시하고, 국내 산업계를 중심으로 자체 기술을 개발할 수 있는 컨소시엄 구축 방안 제시
 - 정부 주도로 민간을 대상으로 기 개발된 초고성능컴퓨팅 기술을 적용할 수 있도록 수요 발굴 및 개발 기술의 해외 이전 등 다양한 방안 고려 제안
 - 이외에 제3차 기본계획 내 용어 및 내용에 대한 수정의견과 타 분과 사업 간 중복성, 연계성을 고려한 수정방향 등을 제시

- 활용 분과 3차 회의 주요 결과

○ 제3차 활용 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
활용 분과 제3차 회의	2022. 12. 8.(목) 15:00~17:00	온라인(zoom) 회의

○ 목적 및 내용

- 제3차 국가 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 내 국가센터 자원 활용 지원체계 강화, 혁신적 연구성과 창출 지원, 산업 혁신 지원 관련 전략과제 작성 내용 검토의견 논의

○ 주요 논의 내용

- 그간 활용 분과에서 논의되었던 내용들과 타 분야 연관 사업 내용의 보완을 위해 기획위원들의 의견 수렴 및 수정의견 제시
- 공공현안 해결을 위해 분야별 특화 기술을 고려하여 전문센터와 연계한 지원 방안 제시가 필요하다는 의견 제시
- 산업 혁신 지원을 위해 M&S 및 디지털트윈뿐만 아니라 핀테크, 마이데이터 등 최근 급부상하고 있는 분야 연계를 위한 내용 작성 의견 제시
- 타 부처 관련 사업 의견을 수렴하고, 국가 초고성능컴퓨팅위원회 소속 위원 의견 수렴 필요성 제시
- 초고성능컴퓨팅 자원을 효과적으로 활용하기 위해 인력이 충원되어야 한다는 내용이 인력양성 파트에서 제시되어야 한다는 의견 수렴

□ 인프라 분과 3차 회의 주요 결과

○ 제3차 인프라 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제3차 인프라 분과	2022. 12. 8(목) 10:00~12:00	온라인(zoom) 회의

○ 목적 및 내용

- 제3차 국가 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 내 인프라의 확충, 공동활용 서비스 체계 구축 관련 전략과제 작성 내용 검토의견 논의

○ 주요 논의 내용

- 인프라 확충과 관련하여 국가센터 자원으로 제공할 수 있는 서비스의 한계점이 존재하므로 전문센터 운영이 필요하다는 논리 마련에 대한 필요성 제시
- 거버넌스 측면에서 원스톱 서비스 체계와 공동활용 플랫폼 구축의 세부 계획이 일부 수정되어야 한다는 의견을 제시하여 한국형 서비스 제공 정의 추가 제안
- 공동활용 저변확대와 관련하여 단위센터 내용 추가, 민간 자원 구축·운영에 필요한 제반사항들을 포괄하는 정책 수립 필요성 제시

□ 인력양성 분과 3차 회의 주요결과

○ 제3차 인력양성 분과위원회 일정 및 장소 개요

구분	일정	장소
제3차 인력양성 분과	2022. 12. 9(금) 16:00~17:30	온라인(zoom) 회의

○ 목적 및 내용

- 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 내 초고성능컴퓨팅 인력양성 기반 확립 관련 2개 전략과제* 작성 내용 검토의견 논의

* [전략과제8] 전문성 확보한 우수인재 양성, [전략과제9] 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대

○ 주요 논의 내용

- 인력양성 파트가 제3차 기본계획에서 별도 정책으로 도출된 상황에서 이전 기본계획보다 체계적이고 명확한 목표를 가지고 정책을 수행한다는 방향성 제시에 대한 의견 수렴
- 국가 고성능컴퓨팅 산업 실태조사 등을 활용하여 인력양성 목표를 선정해야 연간 측정 및 달성여부 파악이 용이할 것이라는 의견 제시
- 고성능컴퓨팅 개발·운영·활용 인력을 고려한 다양하고 차별화되던 교육과정 개발의 필요성을 제시하고, 제3차 기본계획에 포함되어야 함을 강조
- 인력양성 관련 정책 및 주요 사업이 중장기적 추진 로드맵과 지속적 성과 창출을 위해 각 사업별 지속가능성을 고려한 정책 수립 필요성 강조

□ 제3차 분과별 위원회를 개최하여 제시된 전략과제 및 세부추진과제를 검토하여 최종(안)을 제시함

○ 제2차 분과위원회 및 워킹그룹 작업반 운영 결과를 토대로 4대 정책방향에 9개 전략과제를 포함하는 비전 및 목표 초안을 확정하였음

- 정책방향은 초고성능컴퓨팅 기술강국 도약, 활용 분야별 혁신 지원, 초고성능컴퓨팅 자원의 양적·질적 향상, 초고성능컴퓨팅 인력양성 기반 확립 등 포함
- 전략과제는 기존에 도출된 9개 전략과제를 확정
- 세부추진과제 또한 실행 가능성을 고려하여 20개 세부추진과제로 핵심 내용을 포함하여 확정

<표 91> 제3차 분과별 기획위원회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 수정(안)

정책방향	전략과제	세부추진과제
초고성능 컴퓨팅 기술강국 도약	[전략과제1] 초고성능컴퓨팅 기술자립화 추진	1-1 자체기술 적용 초고성능컴퓨팅 시스템 구축을 위한 국가R&D 확대
		1-2 초고성능컴퓨팅 한계 극복을 위한 차세대 컴퓨팅 기술개발
	[전략과제2] 초고성능컴퓨팅 산업 경쟁력 강화	2-1 개발된 초고성능컴퓨팅 기술력 입증을 위한 정부 주도 수요 발굴
		2-2 초고성능컴퓨팅 분야 연구개발 성과의 실용화 촉진 지원
		2-3 변화 진단 및 과학적 정책 수립에 필수 공공재인 국가 통계 정립

정책방향	전략과제	세부추진과제
초고성능 컴퓨팅 활용 분야별 혁신 지원	[전략과제3] 초고성능컴퓨팅 지원체계 고도화	3-1 국가 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위한 활용체계 고도화
		3-2 수요 맞춤형 초고성능컴퓨터 활용 SW 개발·공유
	[전략과제4] 거대 국가자원 활용 혁신적 성과창출 지원	4-1 공공현안 해결 및 생활밀착형 초고성능컴퓨팅 활용 R&D 확대
		4-2 국가 성장 견인 新성장동력 육성 및 거대공공연구 혁신적 성과창출 지원
	[전략과제5] 산업 분야별 활용 확대	5-1 디지털 전환 선도 초고성능컴퓨팅 활용 기술개발·확산
		5-2 다양한 기업·연구자의 초고성능컴퓨팅 활용 지원을 위한 전문 산업 육성
국가 초고성능 컴퓨팅 인프라 자원의 양적·질적 향성	[전략과제6] 초고성능컴퓨팅 인프라 확충	6-1 연구 수요 대응에 필요한 최고 수준의 플래그십 구축
		6-2 분야별 전문센터 자원 구축·운영 및 특화 서비스 제공
		6-3 초고성능컴퓨팅 연계 인프라(스토리지, 네트워크, 데이터) 구축
	[전략과제7] 범국가적 공동활용 서비스 체계 구축	7-1 사용자 맞춤형 윈스톱 공동활용 서비스 체계 및 플랫폼 구축
		7-2 초고성능컴퓨팅 장비 도입 제도 개선을 통해 공동활용 저변 확대
초고성능 컴퓨팅 인력양성 기반 확립	[전략과제8] 전문성 확보한 우수인재 양성	8-1 이론·실무 겸비한 인재 배출 목적의 전문교육 실시
		8-2 현장인력 전문성 향상을 위한 역량강화 프로그램 활성화
	[전략과제9] 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대	9-1 미래세대 유입을 위한 학습·체험 기회 확대
		9-2 초고성능컴퓨팅 이해 확산 위한 과학문화활동 추진

마. 제2차 총괄위원회

- 제2차 총괄위원회 개최 개요
- 제2차 총괄위원회 일정 및 장소

구분	일정	장소
제2차 총괄위원회	2022. 12. 12.(월) 13:00 ~ 15:30	상연재 별관

- 목적 및 내용
 - 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 수립 초안 검토 의견 수렴
- 주요 논의 내용
 - (기술&산업) 초고성능컴퓨팅 분야 산업계와 협력하여 핵심기술 및 자체 시스템 개발

- 을 위해 국내 산업 규모 및 역량 고려 필요
 - 핵심기술과 자체 시스템 개발 관련 소규모 산업생태계를 고려하여 향후 어떤 기술을 개발할 것인지 선택과 집중 필요
 - 핵심기술 개발도 중요하지만 자체 Full system 구축 관련 내용을 부각시켜 국가 경쟁력 향상 측면의 임팩트 있는 정책 강조 필요
 - (활용) 자원 배분 정책 수립 시 실질적 요구사항을 반영하고 컴퓨팅 환경이 엑사컴퓨팅으로 전환되는 시점에 면밀한 준비 필요
 - AI 관련 활용이 중요해짐에 따라 AI 기술 기반 애플리케이션 개발이 중요한 화두이므로 범용 AI 활용 관련 내용 포함 필요
 - 제3차 기본계획 기간은 엑사플롭스 환경으로 전환되는 중요한 시기이므로 페타플롭스 환경에서 운영되던 환경을 원활하게 마이그레이션 할 수 있도록 활용 분과에서 관련 내용 반영 필요
 - (인프라) 국가-전문센터 체계로 확장됨에 따라 국가 인프라의 양적, 질적 향상 추구 방향이 적절하다고 판단되며, 민간 분야 연계 방향 고려 필요
 - 국가-전문-단위센터 체계에서 단위센터에 대한 명확한 정의 및 운영 가이드라인 등을 제시할 수 있도록 보완 필요
 - 추가적인 의견으로 현재 고려되지 못하고 있는 국가-전문센터 Back-up센터와 관련하여 Down scale을 고려해서라도 추진할 수 있는 방안 마련 필요
 - (인력양성) 인력양성 전략 수립 시 전체 (초)고성능컴퓨팅 아키텍처를 포함하는 전문인력 양성 정책이 필요함
 - 국내 고성능컴퓨팅 관련 교육과정이 본질적으로 인력양성을 위한 전문과정을 운영하고 있지 않아 한계점 존재
 - 기초적인 인력양성부터 분야별 필요 인력을 양성하기 위해 분야별 전문가의 참여를 유도하고, 지속적으로 운영할 수 있는 방안 제시 필요
 - (정책적 조언) 향후 발표될 제5차 과학기술기본계획과의 정합성을 고려하고, 실질적 이행을 위한 방안 등을 고려하면 완성도가 높아질 것으로 예상됨
- 제2차 총괄위원회를 개최한 후 확정된 초안을 토대로 관계 부처 의견수렴을 실시하여 부처별 의견을 반영하여 수정된 기본계획(안) 제시
- 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획에 참여하고 있는 관계부처를 대상으로 신규 수립된 제3차 기본계획(안) 내용에 대해 의견수렴 기간을 가짐
 - 대상 부처는 기상청, 환경부, 보건복지부, 중소벤처기업부, 국방부 등
 - 기간은 제2차 총괄위원회 종료 후 1월 중 실시
 - ※ 마지막 부처 의견수렴은 1월 31일 환경부 관련 사업 내용
 - 기존 9개 전략과제를 10개 전략과제로 확대하여 국가 초고성능컴퓨팅 관련 연구 기반 조성을 위한 내용 추가
 - 정책방향4의 내용을 인력양성 관련 내용에서 산학연 생태계 기반 구축으로 수정
 - 추진 전략과제를 기존 2개에서 3개로 확대하여 10. 연구기반 조성 내용을 추가
 - 그리고 일부 세부추진과제명을 수정하여 정책의 목표 및 내용을 명확화함

<표 92> 제2차 총괄위원회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 수정(안)

정책방향	전략과제	세부추진과제
기술강국 도약	[전략과제1] 초고성능컴퓨팅 기술자립화 추진	1-1 자체기술 적용 초고성능컴퓨팅 시스템 구축 추진
		1-2 차세대 컴퓨팅 기술의 격차 완화 및 미래기술역량 확보
	[전략과제2] 초고성능컴퓨팅 산업 경쟁력 강화	2-1 연구개발 성과 확산을 위한 정부 주도 수요 발굴
		2-2 국산기술의 판로 개척을 위한 실용화 촉진 지원
활용 분야별 혁신 지원	[전략과제3] 활용 지원 제도 고도화	3-1 국가 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위한 지원체계 개편
		3-2 초고성능컴퓨팅 활용 SW 개발·보급
	[전략과제4] 혁신적 성과창출	4-1 공공 및 생활밀착형 현안 해결에 활용 확대
		4-2 新성장동력 육성 및 거대공공연구 분야 지원 확대
	[전략과제5] 산업계 활용 활성화 지원	5-1 디지털 전환 선도 초고성능컴퓨팅 활용 기술개발·확산
5-2 다양한 기업·연구자의 초고성능컴퓨팅 활용 지원을 위한 전문 산업 육성		
국가 초고성능 컴퓨팅 자원 접근성 강화	[전략과제6] 초고성능컴퓨팅 인프라 확충	6-1 세계적 수준의 국가센터 초고성능컴퓨팅 자원 구축
		6-2 분야별 전문센터 자원 구축·운영 및 특화 서비스 제공
		6-3 초고성능컴퓨팅 연계 인프라(스토리지, 네트워크, 데이터) 강화
	[전략과제7] 범국가적 공동활용 서비스 체계 구축	7-1 사용자 맞춤형 윈스톱 공동활용 서비스 체계 및 플랫폼 구축
		7-2 초고성능컴퓨팅 장비 도입 제도 개선을 통해 공동활용 저변 확대
산학연 생태계 기반 구축	[전략과제8] 전문성 확보한 우수인재 양성	8-1 이론·실무 겸비한 인재 배출 목적의 전문교육 실시
		8-2 현장인력 전문성 향상을 위한 역량강화 프로그램 활성화
	[전략과제9] 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대	9-1 미래세대 유입을 위한 학습·체험 기회 확대
		9-2 초고성능컴퓨팅 이해 확산 위한 과학문화활동 추진
	[전략과제10] 연구기반 조성	10-1 산·학·연·관 커뮤니티 교류 활성화를 위한 협업 플랫폼 구축
		10-2 효과적인 정책 수립을 위한 생태계 현황 데이터 확보

3. 제3차 기본계획(안) 공청회 개최

- 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(안)에 대하여 부처 및 관계 기관, 국내 초고성능컴퓨팅 분야 전문가를 대상으로 공청회를 개최하여 의견 수렴
- (개요) 전문가 기획위원회와 워킹그룹(작업반) 논의를 거쳐 수립된 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 초안에 대해 분야별 이해관계자를 대상으로 공청회를 개최하여 정책 방향에 대한 의견 수렴
 - (일시) 2023년 1월 11일 수요일 오후 1시~3시
 - (장소) 한국프레스센터 국제회의장

- (대상) 과학기술정보통신부 및 초고성능컴퓨팅 분야 관계 기관, 산·학·연 연구자 및 사용자 등 이해관계자
- (주요 내용) 국내외 초고성능컴퓨팅 분야 기술개발, 활용, 인프라 구축 현황 등에 대한 동향 발표와 수립된 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(안)에 대한 내용 소개
 - (국내외 동향) 초고성능컴퓨팅의 중요성과 국내외 기술개발, 인프라 확보 동향, 초고성능컴퓨팅 활용 사례 등에 대한 환경분석 내용 발표(KISTI 이식 본부장)
 - (기본계획(안)) 글로벌 동향 및 국내 현황을 토대로 전문가 기획위원회와 워킹그룹(작업반)에서 논의되어 최종적으로 도출된 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(안) 내용 발표(과기정통부 안희남 주무관)
- 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획은 산업생태계 확대와 전문센터 육성이 정책의 핵심이므로 이에 대한 의견이 다수 제시됨
- (산업 생태계) 초고성능컴퓨팅 활용 분야 확대와 성과 창출에 있어 국가 - 전문센터 역할을 명확하게 제시 필요
 - 전문센터의 경우 '23년부터 인프라 도입을 위한 기획이 추진될 예정이므로 짧은 기간 안에 활성화 되기 어렵다고 판단되며, 국가 - 전문센터 간 역할을 명확하게 정립하여 효율적인 협력 체계 마련이 필요
 - 그리고 과기정통부와 기상청의 경우 유사한 초고성능컴퓨팅 정책을 추진하고 있으므로 시너지 효과를 낼 수 있는 협력적 정책 추진체계 마련 필요
- (전문센터 육성) 국내 초고성능컴퓨팅 운영 기관 거버넌스를 명확하게 제시하여 다분야 활용 지원의 효율성을 높일 수 있는 정책 마련 필요
 - 향후 국가 - 전문센터의 상세 역할을 정의하고, 다분야 활용 지원을 위한 계획 수립 필요
 - 국가초고성능컴퓨팅 거버넌스가 국가 - 전문센터로 확대될 경우 국가센터의 백업 역할을 전문센터에서 수행할 수 있을 것으로 예상됨
- (기술&산업) 자체 기술개발의 중요성을 인식하고 정책에 반영된 것은 고무적인 상황이나 국내 역량을 고려하여 현실적인 기술개발 방향 제시 필요
 - 핵심기술 및 시스템 자체 개발 관련 실현 가능성을 높이기 위해 산·학·연·관 협력 체계 구축을 위한 다양한 의견수렴 필요
 - 글로벌 기술개발 패러다임 변화 등을 고려하여 국가적 차원의 역량 강화 골든타임을 놓친다면, 향후 2~30년 기술경쟁력 상실 예상
- 공청회 개최 후 다양한 이해관계자 의견을 수렴하여 수립된 기본계획(안)의 구조를 변경하여 최종적으로 수정(안)을 확정하였음
- 기존 수립된 기본계획의 구조를 활용 - 인프라 - 기술개발 - 생태계 기반 구축의 순서로 재구성하여 기본계획 최종 확정
 - 활용 관련 추진 전략과제 3개, 인프라 관련 추진 전략과제 2개, 기술개발 관련 추진 전략과제 2개, 생태계 기반 구축 관련 추진 전략과제 3개 등
 - 공청회에서 제시된 의견에 따라 제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획이 활용 확대

- 와 국가적 차원의 거버넌스 확립이 부각될 수 있도록 전략과제 순서 변경
- 전체적으로 구조는 변경되었으나, 기존 작성된 세부추진과제 내용은 이전 내용과 큰 차이 없이 연결되어 있음

<표 93> 공청회 개최 후 중장기 발전전략 및 세부추진과제 수정(안)

정책방향	전략과제	세부추진과제
활용 분야별 혁신 지원	[전략과제3] 활용 지원 제도 고도화	3-1 국가 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위한 지원체계 개편
		3-2 초고성능컴퓨팅 활용 SW 개발·보급
	[전략과제4] 혁신적 성과창출	4-1 공공 및 생활밀착형 현안 해결에 활용 확대
		4-2 新성장동력 육성 및 거대공공연구 분야 지원 확대
	[전략과제5] 산업계 활용 활성화 지원	5-1 디지털 전환 선도 초고성능컴퓨팅 활용 기술개발·확산
		5-2 다양한 기업·연구자의 초고성능컴퓨팅 활용 지원을 위한 전문 산업 육성
초고성능 컴퓨팅 자원의 접근성 강화	[전략과제6] 초고성능컴퓨팅 인프라 확충	6-1 세계적 수준의 국가센터 초고성능컴퓨팅 자원 구축
		6-2 분야별 전문센터 자원 구축·운영 및 특화 서비스 제공
		6-3 초고성능컴퓨팅 연계 인프라(스토리지, 네트워크, 데이터) 강화
	[전략과제7] 범국가적 공동활용 서비스 체계 구축	7-1 사용자 맞춤형 원스톱 공동활용 서비스 체계 및 플랫폼 구축
		7-2 초고성능컴퓨팅 장비 도입 제도 개선을 통해 공동활용 저변 확대
기술강국 도약	[전략과제1] 초고성능컴퓨팅 기술자립화 추진	1-1 자체기술 적용 초고성능컴퓨팅 시스템 구축 추진
		1-2 차세대 컴퓨팅 기술의 격차 완화 및 미래기술역량 확보
	[전략과제2] 초고성능컴퓨팅 산업 경쟁력 강화	2-1 연구개발 성과 확산을 위한 정부 주도 수요 발굴
		2-2 국산기술의 판로 개척을 위한 실용화 촉진 지원
산·학·연 생태계 기반 구축	[전략과제8] 전문성 확보한 우수인재 양성	8-1 이론·실무 겸비한 인재 배출 목적의 전문교육 실시
		8-2 현장인력 전문성 향상을 위한 역량강화 프로그램 활성화
	[전략과제9] 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대	9-1 미래세대 유입을 위한 학습·체험 기회 확대
		9-2 초고성능컴퓨팅 이해 확산 위한 과학문화활동 추진
	[전략과제10] 연구기반 조성	10-1 산·학·연·관 커뮤니티 교류 활성화를 위한 협업 플랫폼 구축
		10-2 효과적인 정책 수립을 위한 생태계 현황 데이터 확보

제4절 목표 및 추진 전략

1. 비전 및 목표

- (비전) 엑사스케일 시대에 대비한 초고성능컴퓨팅 역량 강화로 과학기술 선도국가 실현 지원
- (목표) 초격차 전략기술 및 과학기술 혁신 가속화를 위한 초고성능컴퓨팅 기술력 및 인프라 확보
 - (활용) 초고성능컴퓨팅 활용 기업체 수: 1500여개(`23년) ⇒ 1,800여개(`27년)
 - (인프라) 국가 자원총량(국가+전문센터): 140PF(`23년) ⇒ 1,4EF(`27년)
 - (기술) 선도수준 기술 분야 수: 9개(`23년) ⇒ 18개(`27년)
 - (인력양성) 전문인력 배출(전공자+교육생): 3,900개(`23년) ⇒ 5,900개(`27년)

2. 추진 전략 및 주요 내용

① 활용 분야별 혁신 지원

- 국가자원 활용 R&D 지원체계 고도화, 국가-전문센터 자원 기반 기초·공공연구 지원으로 혁신성과 창출, 산업계 활용 활성화 체계 마련

① 활용 지원 제도 고도화 (과기정통부)

- 국가 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위한 지원체계 마련
- ※ 도전적·혁신적 R&D 지원을 위해 국가센터 자원 제공 전략 수립, 과제선정 절차 개선 추진
- ※ 국가센터 중심 국가 전략분야 기초·공공 R&D를 지원하고, 분야별 전문센터 중심 특화 수요맞춤형 서비스 제공으로 연구커뮤니티 지원 강화
- ※ 거대규모 데이터를 활용한 AI 활용기술 개발과 산·학·연의 AI 적용, 과학기술 난제 해결을 위한 초고성능컴퓨팅 기술 지원(최적병렬화 등) 제공
- 연구 분야 및 新산업 수요 맞춤 초고성능컴퓨팅 활용SW 개발·보급
- ※ 엑사급 컴퓨터 효율성과 다양한 연구분야 활용성 강화를 위해 SW원천기술 개발 및 확보를 추진하고, 개발된 SW의 민간 이전 등 보급 확산 체계 구축

② 혁신적 활용 성과 창출 (관계부처)

- 공공현안 해결 및 생활밀착형 초고성능컴퓨팅 활용 R&D 확대
- ※ 기상·기후, 생명·보건, 해양, 국방 등 국민 생활에 밀접한 영향을 미치는 분야 R&D 수행 지원
- 국가 성장 견인 新성장동력 육성 및 거대공공연구 혁신적 성과창출 지원
- ※ 전문센터 중심 분야별 거대·공공연구를 지원하여 과학적 난제 해결, 신기술 개발 등 도전적 R&D에 초고성능컴퓨팅 활용을 확대하고 대표성과 창출 지원

③ 산업계 활용 활성화 지원 (관계부처)

- 초고성능컴퓨팅 활용 新산업 분야 디지털 전환 선도
- ※ HPC 기반 M&S 및 디지털 트윈 요소기술 개발·서비스를 통해 디지털 전환 확산

- 다양한 기업·연구자의 초고성능컴퓨팅 활용 지원을 위한 전문산업 육성
- ※ 초고성능컴퓨팅 연구개발서비스업을 육성하여 기술수준이 낮은 기업의 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 지원

② 초고성능컴퓨팅 자원 접근성 강화

- 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다양화, 분야별 특화 서비스 제공 체계 마련, 국가적 자원 공동활용체계 마련

① 초고성능컴퓨팅 인프라 확충 (관계부처)

- 국가 R&D 투자 규모 및 혁신역량 수준에 걸맞는 국가센터 시스템 구축
- ※ 국가센터 초고성능컴퓨터를 세계 10위권 수준으로 구축·운영(600PF급 6호기, '23~)
- ※ 환경변화 적시 대응을 위해 보조시스템(뉴론)을 연차별로 증설하여 탄력적 수요 대응
- 다양한 분야 특화 서비스 제공 및 초고성능컴퓨팅 활용을 위해 전문센터 자원, 특수목적 자원, 실증 전용 자원 등 구축·운영 추진
- ※ ('22) 소재·나노, 생명·보건, 기상·기후·환경, 자율주행, 우주, 핵융합·가속기, 재난·재해(예비) 등 7개 센터 지정 → ('23~) 미지정 3개분야 전문센터 지정 → (~'27) 10개 전문센터 체제 완비
- ※ 분야별 전문센터 자원 약 490PF(분야별 혁신연구 지원 390PF, 공동활용 자원 약 100PF)
- ※ AI집적단지데이터센터('24년까지 88.5PF), 기상용 슈퍼컴퓨터(기상청 6호기 및 공군기상단)
- ※ 새로 개발된 HW·SW의 성능, 안전성 검증 인프라를 구축하여 베타서비스 형태 검증 제공
- 초고성능컴퓨팅 연계 인프라(스토리지, 네트워크, 데이터) 강화
- ※ 테라급 국내 백본망과 수백기가 급 글로벌 링 방식 백본망으로 과학기술연구망 고도화
- ※ 통합 데이터 아카이빙 스토리지와 분석 스토리지를 구축하여 지원

② 범국가적 공동활용 서비스 체계 구축 (관계부처)

- 클라우드 기반 사용자 맞춤형 원스톱 공동활용 서비스 체계 및 플랫폼 구축
- ※ 국가-전문-단위센터 간 기능과 역할을 고려하여 거버넌스 및 전략적 배분 정책 고도화
- ※ 국가-전문센터 자원을 초고속 연구망으로 연동하고 분야별·사용자별로 최적화된 자원 활용 환경을 위한 맞춤형 XaaS(Everything as a Service) 서비스 제공
- 단위센터 육성을 통해 공동활용 저변 확대
- ※ 신청기관 대상 초고성능컴퓨팅 자원 도입 및 운영·서비스 컨설팅, 컴퓨팅 장비 공동활용 개선을 위해 NFEC 장비도입 심의 시 공동활용 의무화 등 인큐베이션 지원
- ※ 초고성능컴퓨팅 위탁운영(PPP) 모델을 개발하여 민간 기업의 인프라 도입 지원

③ 기술강국 도약

- 초고성능컴퓨팅 핵심기술 자체 개발로 기술자립화, 초고성능컴퓨터 자체 개발 체계 구축, 산업생태계 조성 추진

① 초고성능컴퓨팅 독자 시스템 개발 추진 (과기정통부)

- 혁신을 위한 핵심연구인프라인 초고성능컴퓨팅 핵심기술 자립화 및 한계 극복
- ※ 자체 핵심기술 확보 및 초고성능컴퓨팅 시스템 자체 설계·구축을 위한 기술로드맵 수립
- ※ 프로세서, 가속기, 인터커넥트 등 고성능컴퓨팅 핵심기술 확보 → 외국 기술 의존도 완화
- ※ 자체 기술 적용 산업계 주도 초고성능컴퓨터 Full system 독자 개발 추진
- 차세대 컴퓨팅 기술격차 해소를 위한 연구환경 구축 및 융합 R&D 추진
- ※ 차세대 반도체기술 개발 등 한계 극복 연구개발, 한국형 양자컴퓨터 연구인프라 구축 추진

② 산업 성장기반 조성 (관계부처)

- 자체 개발 성과 확산을 위한 초기시장 및 수요 창출을 위한 지원 확대
- ※ 국가연구개발 성과 및 산업계 제품에 대한 공공수요 발굴로 초기시장 마련
- ※ 해외 개도국 등 초고성능컴퓨터 수요 국가로 이전, 우수한 기술력 전수 및 리더십 확보
- ※ AI 반도체 등 기술보유 기업-연구자-수요자 간 네트워크 형성으로 수요-공급 매칭 지원
- 초고성능컴퓨팅 분야 연구개발성과의 실용화 지원
- ※ 민간 기업과 공동 개발한 혁신적 新기술 활용 확대를 위해 제품화를 지원하고 자체 개발한 기술 성능검증을 위한 시스템 설계·구축·운영·검증 지원 방안 마련

④ 산·학·연 생태계 기반 구축

- 인력 유입-배출-성장 및 인식 확산까지의 지속가능한 인력양성 전주기 지원체계 및 연구기반 마련

① 전문성 확보한 우수인재 양성 (관계부처)

- 이론·실무 겸비한 인재 배출 목적의 전문교육 실시
- ※ 고성능컴퓨팅 대학원 지원사업 신규 추진, 실습기회 확대 및 실습환경 조성, 연구기관·산업현장과 연계한 실무위주 연구경험 확보 추진
- 현장인력 전문성 향상을 위한 역량강화 프로그램 활성화
- ※ 국가센터·전문센터 중심 초고성능컴퓨팅 맞춤형 교육·훈련 과정 제공하고, 현장인력 당면 과제 해결을 위한 전문가 노하우 전수 교육 실시하고 역량 표준 개발

② 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대 (과기정통부)

- 미래세대 유입을 위한 학습·체험 기회 확대
- ※ 초중등·과학영재학생 대상 교육과정 마련, 자기주도적 프로젝트 참여 등 체험활동 확대
- 초고성능컴퓨팅 인식 확산을 위한 과학문화 활동 추진
- ※ 국민이 공감할 수 있는 우수 연구성과 및 콘텐츠 발굴, 온·오프라인 홍보, 전시 추진

③ 지속 발전 기반 조성 (과기정통부)

- 산·학·연·관 커뮤니티 교류 활성화를 위한 협업 플랫폼 구축
- ※ 초고성능컴퓨팅 생태계 발전을 위해 개발·운영·활용 인력 교류 플랫폼 및 협의체 운영
- 효과적 정책 수립을 위한 생태계 현황 데이터 확보
- ※ 국가 초고성능컴퓨팅 종합지표체계를 구축하여 실태조사를 실시하고, 국가승인통계 지정 추진

제5절 기본계획 상세 내용

1. 활용 분야별 혁신 지원

- (목표) 초고성능컴퓨팅 기반 혁신적 연구성과 창출 지원 및 활용 확대
- 자원의 전략적 지원체계 개선
- 거대연구 및 공공서비스 지원 확대
- 산업 분야 맞춤형 서비스를 통한 활용확대

가. 활용 지원 제도 고도화 (과기정통부)

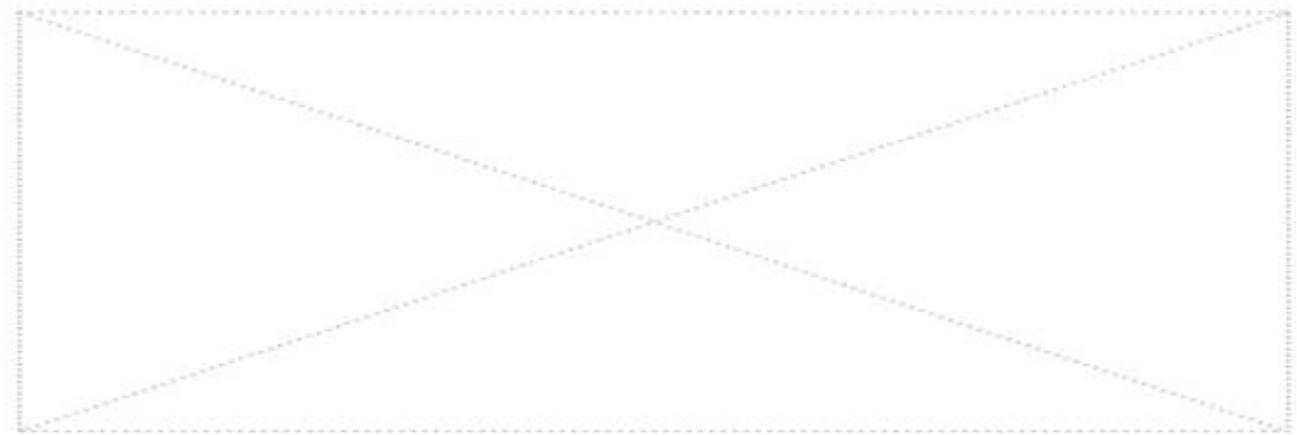
① 국가 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위한 지원체계 개편

- (전략적 자원 배분) 도전적·혁신적 R&D 추진에 필요한 초고성능컴퓨팅 자원 배분 및 R&D 과제 선정제도 개선
 - (배분 정책) 국가 전략분야 기초·원천연구*, 공공·사회현안, 산업분야 별 자원 배분 비중을 설정하고, 패스트 트랙 제도** 운영으로 자원배분의 전략성 강조
 - * 초고성능컴퓨팅 활용 파급효과가 큰 ①소재·나노, ②생명·보건, ③ICT, ④기상·기후·환경, ⑤자율주행, ⑥우주, ⑦핵융합가속기, ⑧제조기반기술, ⑨재난·재해, ⑩국방·안보
 - ** 국가적으로 중요하거나 시급한 현안(ex. Covid-19) 해결 과제는 평가 없이 신속 지원



[그림 57] 국가센터 자원 배분 기본방향(안)

- (평가체계) 외부전문가 참여 위원회를 구성하여 평가 등을 수행하고 자원배분 결과 환류*를 통해 자원배분의 공정성 확보
 - * 자원 활용 과제의 성과 정보(자원 활용률, 산출물 등)를 향후 자원 배분 평가에 활용
- (맞춤형 활용 지원) 국가센터는 국가전략분야 기초·공공 R&D를 중점 지원하고, 분야별 전문센터는 특화된 수요맞춤형 자원 배분 및 사용자 커뮤니티 선도
 - 국가센터에서 기초·공공 분야 현안 해결을 위한 거대문제에 자원을 지원하고, 최적병렬화 공모를 정기적으로 실시하여 전문인력의 기술 지원* 등 제공
 - * (사례) KISTI-서울대 HPC 시뮬레이션 기반 저소음 에어컨 실현('18.3.), KISTI-서울대 세계 최초로 타코마 다리 붕괴사고 과정 HPC로 재현('22.10.) 등
 - ※ 국가센터 6호기 활용 GPU 및 AI 최적병렬화 공모프로그램을 운영('24~)하여 HPC+AI 연구 수행 지원, 기후, 의료 분야 등 AI 활용 고도화 연구 수행
 - 분야별 전문센터 구축 자원을 활용한 연구 커뮤니티 계산자원 지원을 강화하고 전문센터 중심 분야별 어플리케이션 활용·개발 지원* 체계 구축·운영
 - * 연구자 수요 기반 응용 어플리케이션 활용 기술개발 지원, 커뮤니티 내 맞춤형 교육 제공 등
 - ※ '26년 말까지 약 490PF의 전문센터 자원을 제공할 계획으로, 이 중 공동활용 자원 100PF(20%)를 제외한 약 390PF의 자원을 분야별 연구 커뮤니티 자원으로 활용 예정



[그림 58] 국가 초고성능컴퓨팅 활용 지원 협업체계(국가-전문센터 역할)

② 초고성능컴퓨팅 활용 SW 개발·보급

- (응용SW 개발) 엑사급 컴퓨터의 효용성 강화 및 저변 확대를 위해 활용전문가 및 SW개발자가 참여하여 전문화된 SW 연구개발
 - 초고성능컴퓨팅 활용 전략분야 전반에 공통·중복적으로 사용가능한 기반·응용 SW* 기술 개발 및 공유·확산 지원체계** 마련
 - * (기반SW) 병렬 계산 수치라이브러리, 프로그래밍 SW프레임워크 등, (응용SW) 분야별 애플리케이션
 - ** 개발된 SW를 국가전문센터를 통해 공유·활용하고, 각 센터의 초고성능컴퓨팅 SW를 체계화하여 사용자에게 정보·기술지원을 제공하는 초고성능컴퓨팅SW 지원센터 운영
 - 엑사컴퓨팅 패러다임 전환에 따라 이기종·저전력 시스템에서 응용SW의 성능 향상을 위한 최적화 기술 연구 지원
 - ※ 수백 페타플롭스급 컴퓨팅에서의 응용SW 최적화, 이기종(GPU) 아키텍처 코드 전환 지원 등
- (가상공학 플랫폼 구축) 新수요* 분야의 연구자 요구에 대응하는 SW를 개발하고, 개발된 SW의 민간 이전 등 보급·확산 체계 구축
 - * 의료·바이오, 신약개발, 재난·안전, 에너지/환경, 자율주행 등

나. 혁신적 활용성과 창출 (관계부처)

① 공공 및 생활밀착형 현안 해결에 활용 확대

- (기상) 기후위기 극복 및 재해 예방을 위한 신뢰도 높은 정보 제공과 효율적인 기후예측을 위한 초고성능컴퓨팅 활용 AI 융합 모델 개발
 - 기후·기후변화 정보 고도화*로 기후위기 극복을 위한 정책수립을 지원하고 기상이변 재난 대응을 위한 초고성능컴퓨팅 기반 상세예보 체계** 전환
 - * 기후변화 적응대책 수립을 위한 한반도 특화 초고해상도 기후변화 시나리오 및 영향정보 제공, 기후변화에 의한 날씨 변동성 대응 및 녹색성장을 위한 장기전망 기간 확대(3개월→6개월)
 - ** 공간적·시간적으로 상세한 격자예보 제공으로 활용도 극대화
 - 기후예측 모델의 복잡화 및 고해상도 전환에 따른 과도한 자원 소모에 대응하여 딥러닝 기반의 전지구 고해상도 기후예측시스템 개발
 - ※ 수십년간 축적된 방대한 전지구 기후시스템 자료의 학습을 위한 초병렬 학습 기법과 예측 수행 효율을 극대화하는 기후예측시스템 개발

- (생명·보건) 식량안보, 질병 위협으로부터 안전한 국민 보건 체계 강화를 위한 국가 생명연구 빅데이터* 분석에 활용
 - * KOBIC(과기부), CODA(질병청) MAGIC(해수부), NABIC(농진청) 등 부처별 정보센터 및 생명·보건 분야 전문센터 협력체계를 구축하여 관련 R&D 지원
- (해양) 연안재해 선제 대응력 확보를 위한 초고성능컴퓨팅 기반 통합해양예측 체계의 개발과 연안재해 유형별 예측 체계 개발
 - ※ 연안재해 사전 예·경보 체계(K-OCEAN WATCH) 구축 사업('24~'30) 예비타당성조사('23) 추진
- (국방) 24시간 공백없는 작전기상정보 생산·제공 및 우주기상 예·경보 체계를 구축하여 군 무기체계 운용 및 공군작전 수행 역량 강화 기여
 - ※ 공군 수치예보모델 활용 작전기상정보 생산, 위성 및 레이더 등 첨단 관측데이터 기반 우주기상 예·경보 정보 생산 추진

② 新성장동력 육성 및 거대공공연구 분야 지원 확대

- (전략과제 발굴·지원) 과급력 높은 대표성과 창출이 가능한 대형·집단연구에 특화지원 및 전문인력 매칭 등을 지원하는 초고성능컴퓨팅 활용 전용사업 확대
 - 10대 전략분야*별 대표 과제를 발굴하고 응용SW 서비스 전문인력 및 수요기관 등을 연구에 참여시켜 지원과제 전략화 및 과제별 맞춤형 지원체계 구축
 - * 초고성능컴퓨팅 활용 과급효과가 큰 ①소재·나노, ②생명·보건, ③ICT, ④기상·기후·환경, ⑤자율주행, ⑥우주, ⑦핵융합·가속기, ⑧제조기반기술, ⑨재난재해, ⑩국방·안보
- (전문서비스 제공) 전문센터 중심으로 분야별 과학 난제 해결, 한계돌파 기술 개발 등 도전적 R&D 지원을 확대하고 대표성과 창출
 - (소재·나노) 소재 연구 수과정에서 초고성능컴퓨팅 기반 데이터·AI 기술을 접목하여 신소재 발굴 및 고도화 시간을 단축시킬 수 있는 기반 제공
 - ※ (탐색·설계) 조성-구조-특성 상관관계의 신속한 예측 및 원하는 특성 소재 조성 설계 AI개발·제공
 - ※ (공정개발) 구현된 소재를 양산공정에서 구현하기 위한 데이터 기반 최적화 모델링 지원
 - ※ (측정·분석) 고난도 측정·분석 지원으로 소재 연구데이터 신뢰성 제공
 - (우주) 우주 계산코드에 대한 검증 및 활용 기술을 개발하고, 최근 수요가 증가하고 있는 우주 시각화 애로기술 해결을 위한 SW기반 확충
 - ※ 범용 코드에 대한 벤치마크 테스트 실시, 다양한 자원에서 최적의 연산 성능을 발휘할 수 있도록 기반SW 기술 연구, 데이터 시각화 도구에 대한 연구 및 사용자 지원 추진
 - (자율주행) AI 특화 초고성능컴퓨터를 활용하여 가상-실제 순환검증을 통한 자율주행 R&D 지원을 제공하여 신기술 확보 비용 및 시간 절감
 - ※ AI 특화 컴퓨팅 자원 활용 완전 자율주행서비스 실현을 위한 고신뢰·실시간 시스템 기술개발
 - (핵융합) 대규모 병렬 시뮬레이션 수행이 가능한 컴퓨팅 자원을 활용하여 가상 KSTAR(V-DEMO*) 구현 지원과 같은 활용 기술개발·공유 추진
 - * 슈퍼컴퓨터를 활용하여 가상공간에 핵융합로를 구축
 - ※ 토카막 시뮬레이션, 블랑켓 및 핵 해석 등 통합 시뮬레이션, 핵융합 장치 가상화 기술 개발

다 산업계 활용 활성화 지원 (관계부처)

① 디지털 전환 선도 초고성능컴퓨팅 활용 기술 개발·확산

○ (M&S) 인공지능 및 딥러닝 기술을 활용하여 제조업 디지털 전환을 가속화하기 위해 제조산업 분야 초고성능컴퓨팅 활용 M&S* 기술 보급

* M&S: 제품 및 공정 과정을 가상화하여 실제 제조 및 실험을 가상의 제품제작(모델링) 및 공학해석(시뮬레이션) 과정으로 대체하는 것

- 고가의 상용 M&S SW를 대체하기 위해 오픈소스 기반 시뮬레이션 SW 개발
- 공개 라이선스 기반 병렬 연산이 가능한 오픈소스 코드*를 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 전용 사용자 인터페이스(UI) 개발·보급 추진

* OpenFOAM, OpenLB (유체유동해석), CodeAster, CalculiX(구조해석) 등

※ 최근 미국·유럽을 중심으로 확산되고 있는 오픈소스 코드를 쉽게 사용할 수 있도록 사용자 친화적 그래픽 인터페이스(GUI) 개발, 교육 및 보급

○ (디지털 트윈) 초고성능컴퓨팅 활용 시뮬레이션 기반 디지털 트윈 기술의 잠재수요 발굴 및 핵심기술을 개발하여 산업 전 분야* 디지털 전환 확산

* 의료 및 헬스케어, 에너지, 건설, 국방, 국민생활안전, 농축수산환경 등의 분야

- 디지털 트윈 핵심기술인 시뮬레이션 복잡도 축소 기법 연구 및 사용자 인터페이스 개발, 인공지능 기반 시뮬레이션 플랫폼* 기술개발·활용 추진

* 시뮬레이션 기반 차수축소모델, 빅데이터/딥러닝 등 다양한 예측모델을 통합하여 단일 시스템에서 다수의 시스템 예측이 가능한 연합 플랫폼 구축제공 예정

② 다양한 기업·연구자의 활용 지원을 위한 연구개발서비스업 육성

○ (창업 지원·보육) 초고성능컴퓨팅 활용 역량을 보유한 조직 및 연구자들의 기술지원 기업* 창업 및 既창업 기업 대상 역량 강화** 지원

* 계산과학 기반 기술정보, 컨설팅, 모델링, 시뮬레이션 등을 전문으로 하는 민간 기업

** 3년 이내 창업 조직 대상 정부R&D(중기부 등) 참여 기회 제공 등

- 공동활용 플랫폼 기술 등을 통해 HPC-SaaS形 서비스 구축 지원

○ (시장 형성 지원) 초기 시장의 리스크 감소 및 서비스 시장의 거래 활성화를 위한 지원 프로그램* 운영

* 중소기업 등 M&S 수요자와 연구개발서비스업간 수요-공급 매칭, 국가-전문센터 계산자원 활용, 표준단가계약서 제공 등을 지원하는 중개플랫폼 구축 등

2. 초고성능컴퓨팅 자원 접근성 강화

- (목표) 국가-전문센터 지정·운영에 따른 인프라 다양성 및 공동활용 강화
- 세계적 수준의 자원 성능·다양성 확충
- 원스톱 공동활용 서비스 체계 구축

가. 초고성능컴퓨팅 인프라 확충 (관계부처)

① 세계적 수준의 국가센터 자원 구축

- (메인 시스템) 국가 R&D 투자 규모 및 혁신역량 수준에 부합하도록 국가센터 초고성능컴퓨터*(6호기 및 7호기)를 세계 10위권 수준으로 구축·운영
 - * 600PF급 국가센터 6호기 구축·운영(~'23), 7호기 도입 기획 추진('25~)
 - 초고성능컴퓨팅의 전통적 활용분야와 융복합 연구분야를 지원할 수 있는 대규모 이기종*의 컴퓨팅 환경으로 구축
 - * (예시) 계산 시스템을 GPU 파티션과 CPU 파티션으로 분할 구성하여 GPU를 통해 성능 가속이 탁월한 분야(소재, 바이오, AI 등)와 CPU 기반의 기존 계산과학 응용분야(유체, 구조, 항공, 기후 등)를 대상으로 성능과 활용성 동시 달성
 - 시스템의 수요 맞춤형 최적 운영을 위한 SW 및 개발도구 지원, 중단 없는 운영 등 시스템 유지·관리 수행
- (보조 시스템) 새로운 기술 및 수요에 탄력적으로 대응하기 위해 파일럿 시스템*을 연차별로 증설 구축
 - 거대 단일 시스템을 5년 간 서비스할 경우 환경변화에 적시 대응하기 어려우므로 현 국가센터 5호기 보조시스템인 뉴론을 '25년까지 20PF 시스템으로 증설 추진
 - ※ 프로세서(GPU, APU 등), 인터커넥트, 스토리지 등 신개발된 부품 적용·검증을 지원하고, 신규 분야의 연구수요 대응을 위한 유연한 자원 운용 가능

② 분야·기능별 자원 구축·운영 및 특화 서비스 제공

- (연구분야별 자원) 분야별 특성을 고려한 초고성능컴퓨팅 전문센터 특화 자원을 구축·운영하여 유형 다양화** 및 맞춤형 서비스 제공 체계 구축
 - * 분야별 전문센터 자원 약 490PF(공동활용자원 약 100PF, 분야별 혁신연구 지원 390PF 등)
 - ** 자원유형(안) : CPU 중심, CPU 높음, CPU only, 이기종, GPU 중심, GPU 높음 등 6가지
 - 10대 전략분야별 전문센터를 지정·운영*하여 분야별로 특화된 컴퓨팅 환경 수요에 전문화된 자원·활용지원·교육서비스를 제공
 - * ('22) 소재·나노, 생명·보건, 기상·기후·환경, 자율주행, 우주, 핵융합·가속기, 재난·재해(예비) 등 7개 센터 지정 → ('23~) 미지정 3개분야 전문센터 지정 → (~'27) 10개 전문센터 체제 완비
- (활용지정 자원) AI, 기상예보, 국방 등 특수목적·수요에 따른 자원*을 구축하고 사업 목적에 따라 국가 인프라체계와 연계
 - * (AI) AI 모델개발 및 연구에 필요한 HPC/가속기, 스토리지 클라우드 서비스 구축('20~'24)
(기상예보) 한국형 수치모델 개선 및 지능형 예보체계 개발을 위한 기상청 6호기 도입('26)
(국방) 수치예보, AI 기상예측 기술 모델링을 위한 국방기상업무용 슈퍼컴퓨터 3호기 도입('23)
- (신기술 검증 자원) 국내·외 개발 중인 초고성능컴퓨팅 기술을 선제적으로 적용하여 성능 검증, 신기술 도입 검토를 위한 테스트베드* 운영

* AI반도체, 차세대 네트워크 등 HW 성능검증 및 다양한 SW 개발·검증 환경

- 새로 개발된 HW·SW의 사전 검증 및 사용성 평가를 위해 성능, 안정성 검증 등이 가능한 인프라*와 사용자 관점의 베타서비스** 형태로 검증

* 기존 자원을 활용하여 개발된 HW·SW의 성능, 기능, 안정성 등 검증 인프라 운영

** 사용자 관점에서 다양한 분야에 활용 및 사용 편의성 등을 검증하기 위해 별도 인프라를 구축하여 베타 서비스 제공

③ 초고성능컴퓨팅 연계 인프라(스토리지, 네트워크, 데이터) 강화

- (연구망 고도화) 국가 과학기술연구망과 초고성능컴퓨팅 자원 간 연동을 위해 세계적인 수준으로 연구망 성능 향상* 및 안정적 서비스 체계 구축

※ 국가 과학기술연구망 데이터 전송량은 연간 ('21)146PB → ('23)712PB → ('25)1,335PB로 예측되어, 연평균 74% 증가 예상

* 국내 백본망 (기존) 300기가급(서울 - 대전 간 기준) → (향후) 1.2테라급으로 향상, 글로벌 링 백본망 (기존) 100기가급(일부 보조회선 10기가급) → (향후) 전체 글로벌 회선 100기가급으로 향상

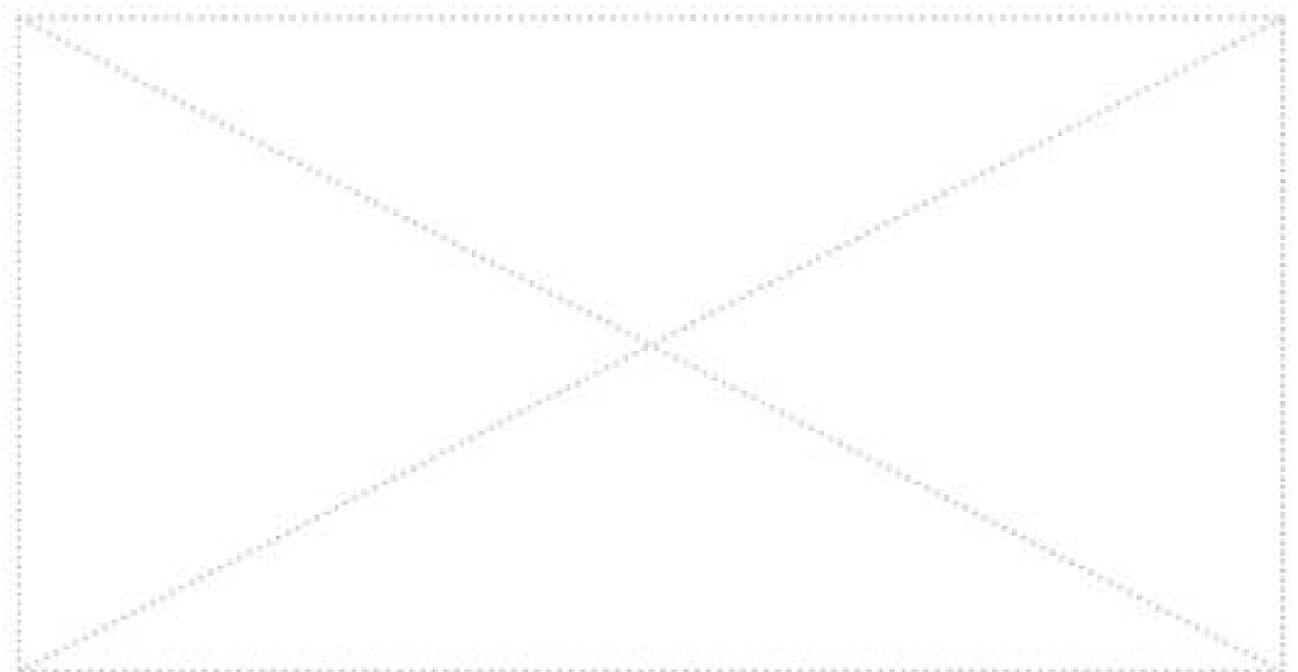
- (통합 스토리지) 거대 데이터 기반 연구자 지원을 위해 국가·전문센터와 기초과학분야 대형 연구장비 데이터를 연계할 수 있는 허브 구축

- 대형연구장비 및 시뮬레이션 데이터의 저장·관리를 통해 분야별 커뮤니티 내 공유·활용할 수 있는 아카이빙 스토리지* 구축

* '25년까지 20PB 先구축 → '29년 60PB로 확대('26년부터 10PB씩 확대 구축)

- 국가·전문센터 공동활용체계를 통한 데이터의 분석을 효율적으로 지원하기 위해 분산형 분석 스토리지* 및 데이터 통합 플랫폼 구축

* '25~'29년까지 연간 4PB 증설 구축하여 전략분야 당 2PB 지원



[그림 59] 연계 인프라 기반의 초고성능컴퓨팅 통합 데이터서비스

나. 범국가적 공동활용 서비스 체계 구축 (관계부처)

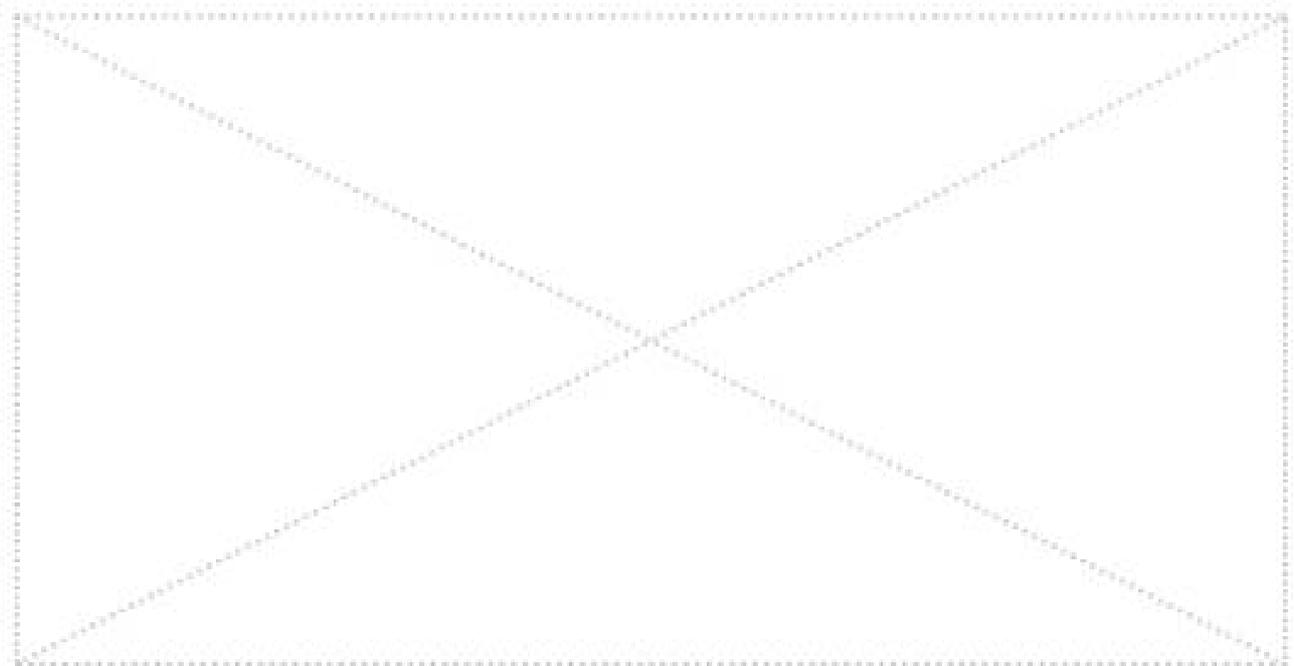
① 사용자 맞춤형 원스톱 공동활용 서비스 체계 및 플랫폼 구축

○ (거버넌스 정립) 국가센터-전문센터-단위센터 간 기능과 역할을 고려하여 체계적인 인프라 서비스가 제공될 수 있도록 조정·협업 체계 마련

- 국가초고성능컴퓨팅 서비스 협의체*를 구성하고 운영위원회를 중심으로 국가-전문-단위센터 기능 지원 및 자원 배분·서비스 정책 수립

* 한국초고성능컴퓨팅포럼과 연계하여 인프라 서비스 및 활용 활성화를 위한 기술정책 협력

- 사용자위원회를 통해 실제 연구 분야에서 요구사항을 도출하고 실무위원회에서 논의 및 반영하여 선순환하는 서비스 체계 구축



[그림 60] 플랫폼 기반 자원 공동활용·원스톱서비스 체계

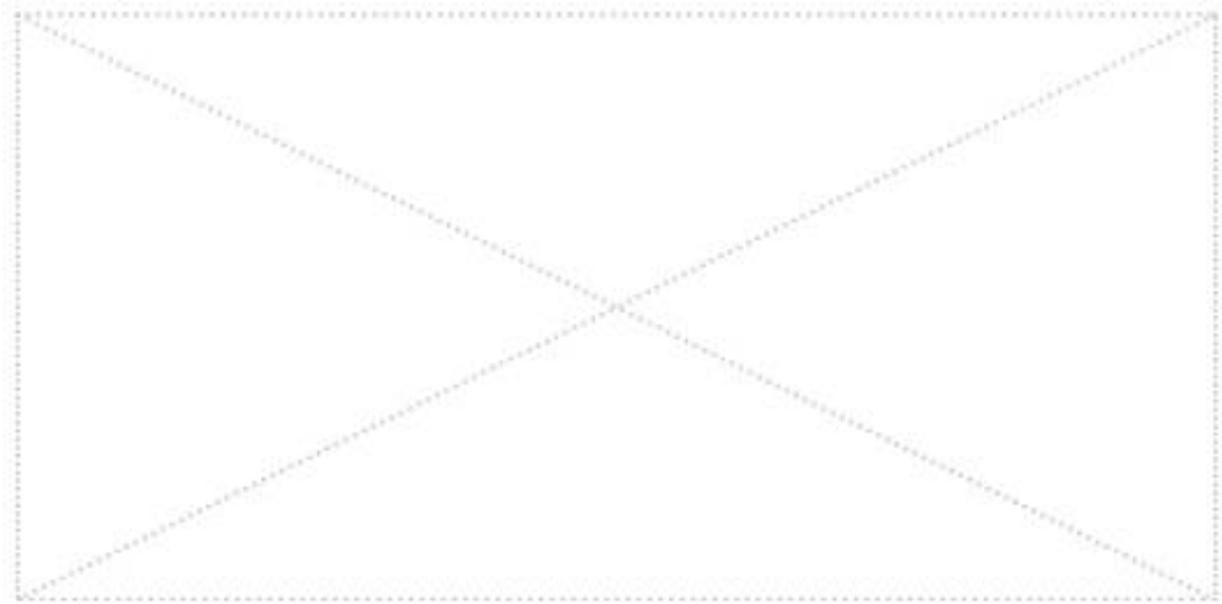
○ (서비스 환경 구축) 사용자 중심 기술지원 체계 구축 및 클라우드 기술 기반 초고성능컴퓨팅 자원 공동활용 플랫폼을 통한 원스톱 서비스 제공

- 국가-전문센터간 긴밀한 협업체계 기반으로 사용자 중심의 끊임 없는 단일창구 기술지원 서비스 제공

- 국가-전문센터 자원을 연동하고 분야별·사용자별로 최적화된 자원 활용 환경을 위한 맞춤형 XaaS(Everything as a Service)* 서비스 제공

* 인프라, 플랫폼, 소프트웨어 등의 컴퓨팅 도구를 웹기반으로 탄력적으로 제공하는 클라우드 서비스를 통칭

※ 자원 특성, 운영 환경 등이 상이한 인프라를 논리적(페더레이션 레벨)으로 연동하여 사용자 접근성을 높인 클라우드 기술 기반 서비스 플랫폼 구현



[그림 61] 원스톱 서비스 체계도

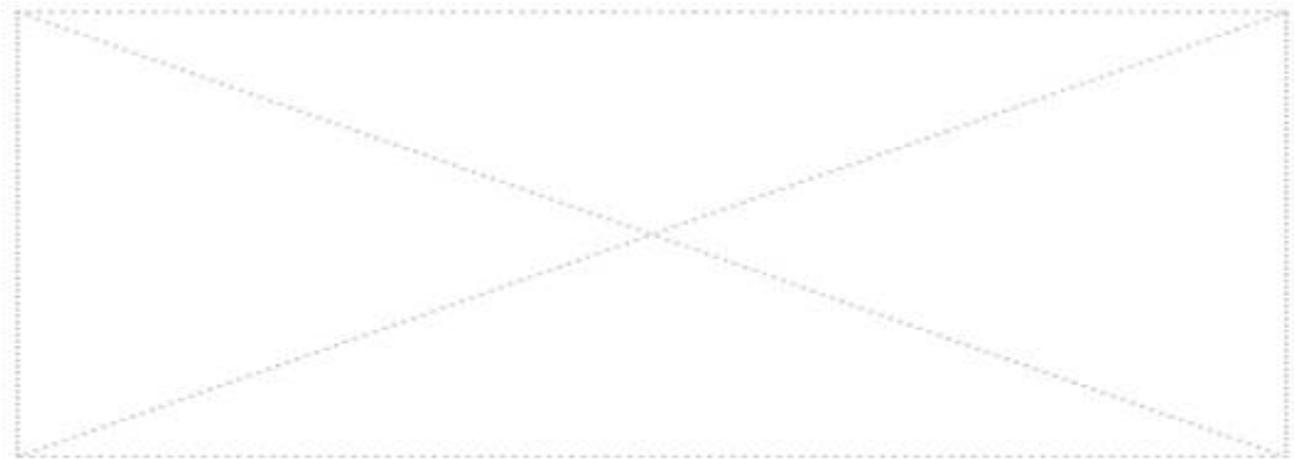
- ② 초고성능컴퓨팅 장비 운영 제도 개선을 통해 공동활용 저변 확대
 - (단위센터 양성) 국가 초고성능컴퓨팅 생태계 확장을 위해 퇴역자원의 전략적 활용 체계 구축, 국가 연구장비 공동활용 강화, 운영 기관 역량강화 지원
 - 국가·전문센터의 운영 노하우를 바탕으로, 초고성능컴퓨팅 자원을 보유하지 않은 기관·기업 대상으로 자원 구축·운영 컨설팅을 지원하여 단위센터로 육성
 - ※ 국가·전문센터의 퇴역자원 이전기관 선정시 인큐베이션 대상 기관을 우선으로 고려
 - ※ NFEC 심의 시 고성능컴퓨팅 자원 공동활용을 의무화하고 공동활용 방식(요금, 기술지원, 보안체계 등)에 대한 가이드라인 마련
 - (공공-민간 협력) 민간(공공기관)이 초고성능컴퓨팅 자원을 구축하고, 공공기관(민간)에서 위탁 운영하는 공공-민간 협력모델을 활성화하기 위한 기반 마련
 - 공공수요의 민간위탁운영 또는 민간수요의 공공위탁운영 방식의 모델을 체계화하여 공공-민간이 협력하는 인프라 서비스 활성화
 - 초고성능컴퓨팅 인프라의 공간 및 설비가 미비한 기관의 경우 퇴역자원 이전 시 기존 운영기관에서 위탁 운영하여 초기 진입장벽 해소
 - ※ 퇴역 자원의 물리적 이전이 아닌, 이전 운영기관이 직접 운영·관리를 제공하고 민간기업이 전적으로 사용 권한을 갖고 운영비를 지불하는 형태

3. 기술강국 도약

- (목표) 강점 기반 핵심기술 자립화로 자생적 산업생태계 조성
- 핵심기술 자립화 및 시스템 자체 개발
- 수요 발굴을 통한 산업성장 기반 마련

가. 초고성능컴퓨팅 독자 시스템 개발 추진 (과기정통부)

- ① 자체기술 적용 초고성능컴퓨팅 시스템 구축 추진
 - (기술로드맵 수립) 자체 핵심기술 확보 및 초고성능컴퓨팅 시스템 자체 설계·구축을 위한 중장기 기술자립화 로드맵 수립
 - 글로벌 기술변화, 타 분야 파급효과 및 국내 기술수준 등을 고려하여 시스템 구축에 필요한 중점기술을 도출
 - 컴퓨팅 산업 현황 및 국내 자원 수요 분석을 바탕으로 산업 생태계 육성의 단계적 목표를 설정
 - 개발 시스템의 실증 및 성능 분석을 실시하고 결과를 기반으로 경쟁력 분석* 및 차기 기술 로드맵 등을 도출하여 기술개발 선순환 모델 확립
- * 자체 기술 활용 시 글로벌 선도 기술과 기술격차 계량화를 통한 기술 경쟁력 분석



[그림 62] 국가초고성능컴퓨팅 기술자립화 로드맵(안)

- (핵심기술 확보) 선도국과의 기술격차를 줄이기 위해 자체 개발 시스템에 적용 가능한 초고성능컴퓨팅 핵심기술을 확보하여 기술자립 기반 마련
 - (HW) 프로세서, 초고속 연결망(인터커넥트), 메모리 관리기술, 냉각시스템 등 엑사스케일 컴퓨팅 환경에 필요한 이기종, 저전력 기반의 HW기술 확보 추진
 - ※ (단기) 16TFLOPS 고효율 프로세서/가속기 개발, 64G급 인터커넥트
 - (장기) 40TFLOPS 저전력 고효율 프로세서/가속기, 차세대 고속 메모리(HBM3, DDR6 등), 200G~400G 이상의 고대역 개방형 인터커넥트 등
 - (SW) 이종 컴퓨팅 환경에서 데이터 집약형 응용을 위한 고확장성, 고효율성, 고신뢰성 초고성능컴퓨팅 SW 기술 확보 추진

- ※ 시스템SW 및 애플리케이션 최적화 기술, 이종 프로세서 기반 컴퓨팅 프레임워크 등
 - (Co-design) HW, SW, 애플리케이션 개발자 간 유기적인 협업 체계*를 구축하여 개발-활용 선순환을 고려한 핵심기술 확보 추진
 - * 애플리케이션 최적화 개발(활용 연구자) ⇔ 맞춤형 HW 및 SW 개발(개발자)
- ※ 초고성능컴퓨팅 기술 공유·협력을 위한 산·학·연 협의체 구성·운영(KISTI, ETRI, 전문센터, 기업, 대학 등)
- (시스템 개발) 산업 생태계 조성 및 지속발전 가능성을 고려한 산업계 주도의 초고성능컴퓨터 독자 개발 추진
 - (방향) 수요에 기반한* 시스템 개발체계 확립 및 연구개발 전주기에 걸친 산업계 참여**를 통한 연구개발 투자의 실효성 확보
 - * 수요처(국가센터 또는 전문센터)가 개발 시스템에 대한 서비스 계획 수립 → 요구사항 도출 → 시스템 설계 → 구축검증 → 운영·서비스를 주관하는 개발체계 확립
 - ** 시스템 개발 기업 중심으로 주요 부품별 전문기업, 출연(연) 등이 참여하는 컨소시엄 구성
 - (추진체계) 산·학·연 협업 체계를 구축하여 요소기술* 및 시스템 통합(플랫폼) 기술을 개발·검증(1단계)하고 자체 핵심기술을 적용한 독자 시스템 구축(2단계)
 - * 프로세서, 메인보드, 냉각기술, 패키징, 시스템 연결망 등
 - ※ (예시) 국가센터 보조시스템 대상 자체 설계·제작 통합시스템 설치·운영(~27), EF급 규모의 자체 핵심기술 기반 통합시스템 설치·운영(~31)
- ☐ 차세대 컴퓨팅 기술의 격차 완화 및 미래기술 역량 확보
 - (차세대 컴퓨터 구조) 기존 시스템의 대규모 전력 소모 및 계산 성능 한계를 극복하기 위한 차세대 컴퓨팅 기초·원천R&D 확대
 - 차세대 AI반도체·가속기, 계산·저장 융복합형 인-메모리(In-memory) 컴퓨팅 기술, 뉴로모픽(Neuromorphic) 반도체 기술, 초저온 컴퓨팅 등 한계 극복 원천기술 확보
 - ※ 인공신경망 학습/추론 가속 AI반도체, 뉴로모픽 프로세서 반도체, PIM 반도체를 위한 이종집적 패키징 기술 등
 - 차세대 컴퓨터구조에 최적화된 시스템 SW, 프로그래밍 모델 및 개발도구, 데이터 관리 도구, 수치 라이브러리 등 개발
 - ※ 차세대 이기종 초고성능컴퓨터 向 수치 라이브러리, 성능 최적화 프레임워크, 벤치마크 SW 등
 - (양자컴퓨팅) 미래 컴퓨팅 패러다임 변화에 선제적 대응을 위한 원천기술 확보 및 초기 단계 시스템 개발, 활용사례 실증 연구 추진
 - 플랫폼*별 양자컴퓨터 소재, HW, 시스템SW, 알고리즘 기술 확보를 위한 원천기술 확보 및 한국형 양자컴퓨터 연구 인프라 구축 추진(~'35)
 - * 초전도, 이온트랩, 광자, 고체접결합, 중성원자, 반도체양자점 등 6대 양자컴퓨팅 플랫폼
 - 게이트 기반 초전도 양자컴퓨터* 자체 개발, 초고성능컴퓨터-양자컴퓨터 하이브리드 활용 기술 연구, 양자이득 실증 연구 등 초기 브릿지형 기술 개발 추진
 - * 50큐비트 규모의 초전도 양자컴퓨터 및 활용서비스 플랫폼 개발, 고전 컴퓨터 기반 에뮬레이터 개발 등

나. 산업 성장기반 조성 (관계부처)

① 연구개발 성과 적용·확산을 위한 공공 수요 발굴

- (초기시장 창출) 국가-전문센터에 자체 개발한 핵심기술 성과의 우선적용 및 공공 주도 맞춤형 초고성능컴퓨팅 수요 발굴
 - 국내 개발 제품에 대한 실증 레퍼런스 마련을 위해 고성능컴퓨팅 인프라를 구축하는 정부사업*에 우선 도입
 - * 자체 개발 및 제품화에 성공한 PF급 초고성능컴퓨팅시스템을 HPC 이노베이션 허브(중소기업의 경쟁력 향상을 위한 초고성능컴퓨팅 자원 활용 기회 제공)에 신규 구축·운영
 - 기술개발 과정에서 구축한 초고성능컴퓨팅 자원을 해외 개도국에 이전*하고 운영을 지원하여 성과 활용 사례를 창출
 - * 인도네시아 대상 거대 컴퓨팅 자원 활용 지원을 위해 기존에 개발한 초고성능컴퓨팅 인프라 보급 및 운영 노하우 전수
- (수요-공급 매칭) 국내 AI반도체 기업, 클라우드 기업, AI서비스 수요·공급 기관 등 중심의 민·관 협의체*를 통한 산·학·연 협력 강화
 - 주요 AI서비스 수요 분야별 위원회를 구성하고, 각 분야 산학연 전문가·실무자가 참석하여 과제 발굴 및 수요·공급기업 간 매칭
 - * AI반도체 기업, 클라우드 기업, AI서비스 수요·공급 기업 및 관련 협회, 정부·연구기관 등 40여개 기관이 참여하는 K-클라우드 얼라이언스 구성('22.12)

② 국산기술의 판로 개척을 위한 실용화 촉진 지원

- (제품화 지원) 신기술 적용 국산 고성능컴퓨팅 제품의 시험·인증 제도 마련
 - 국산 AI 반도체 등 ICT 신기술을 탑재한 고성능컴퓨팅 제품의 표준 제정 및 성능시험 가이드라인 마련
- (시스템 실증) 초고성능컴퓨팅 자체 개발 기술에 대한 성능검증 방안 연구
 - 국가센터-전문센터, HPC 이노베이션 허브, 분야별 전문가 등이 연계하여 공공·민간 기관 초고성능컴퓨팅 시스템 설계·구축·운영·검증 지원
 - ※ 표준 테스트 및 벤치마크 패키지 개발, 초고성능컴퓨팅 검증용 테스트베드 제공 등을 통한 자체 개발 기술 검증 지원

4. 산학연 생태계 기반 구축

- (목표) 전주기 인력양성 지원체계 및 지속 발전 기반 마련
- 신진 인력·경력 인력 전문성 향상
- 미래세대 유입·인식 확산 활동 추진
- 협력 네트워크 운영·정책 근거자료 확보

가. 전문성 확보한 우수인재 양성 (관계부처)

- ① 이론·실무 겸비한 인재 배출 목적의 전문교육 실시
 - (교육과정 신설) 국가 혁신을 견인하는 초고성능컴퓨팅 고속련 인력을 집중양성하기 위해 고성능컴퓨팅(HPC)대학원 지원사업 신규 추진
 - ※ 대학원 지원사업 기획('23) → 예산 확보 및 사업 홍보('24) → 총 4개 내외 대학원 지정('25~)
 - 고성능컴퓨팅 HW/SW 기술개발 및 인프라 구축·운영 전문지식까지 교육 가능한 고성능컴퓨팅 전문 대학원 개설 및 석·박사 과정 운영
 - ※ (기존) 활용 중심 학과 운영 → (신규) 개발, 운영, 활용 인력 고려한 대학원 개설
 - (실습교육 강화) 실무능력을 갖춘 인재 양성을 목표로 고성능컴퓨팅 실습환경 조성 및 대학 교육과정 내 실습기회 확대
 - 고성능컴퓨팅 관련 전공 운영대학 학부·대학원생들의 복잡한 계산처리 경험 확보 및 학업성취 동기 부여를 위해 교육용 고성능컴퓨팅 자원* 제공
 - * 국가센터에서 운영하는 초고성능컴퓨팅 일부 자원을 교육용 전용으로 지원
 - 고성능컴퓨팅 전공과정을 실습수업 중심 교육과정으로 개편하고, 실습용 튜토리얼을 제작하여 여러 대학에서 수업 교구로 활용하도록 배포
 - ※ UST 실습시간 확대, K-MOOC 우수실습강좌 공개, 병렬프로그래밍 관련 튜토리얼 제작 등
 - (실무경험 확보) 전문인력의 현장 적응력을 제고하기 위해 초고성능컴퓨팅 운영·활용하는 현장에서 자기 주도적 연구경험 확보
 - 석·박사급 인력이 주도적으로 연구 프로젝트를 진행하면서 산업체와 공동연구개발 경험까지 확보 가능한 산학공동연구프로젝트 추진
 - ※ 대학ICT연구센터육성지원사업(ITRC) 'HPC/병렬컴퓨팅기술' 분야로 신규 연구 프로젝트 추진
 - 현장 실무체험 교육 및 실질적인 진로 탐색 기회를 제공하기 위해 전문센터와 연계하여 학부·대학원생 인턴십(internship) 프로그램 운영
 - ※ 전문센터와 고성능컴퓨팅 관련 학과·전공 운영대학 간 인턴십 상호협력 업무 추진
- ② 현장인력 전문성 향상을 위한 역량강화 프로그램 활성화
 - (맞춤형 교육) 국가·전문센터를 중심으로 초고성능컴퓨팅 활용 수준별 교육, 산업체·기관별 수요 기반 교육 등 맞춤형 교육·훈련과정 제공
 - ※ 과학데이터교육센터(KACADEMY) 교육 허브 역할 수행, 전문센터 등과 교육 네트워크 구축

- 초고성능컴퓨팅 기초 활용법부터 초고성능컴퓨팅 활용 극대화를 위한 고급수준 교육까지 단계별 교육과정 제공
- ※ 기초 활용법 → 병렬 프로그래밍 등 중급교육 → 응용분야별 활용 방안 등 고급교육
- 산업체·기관 대상 보유 데이터 분석·활용 및 가치 창출 관련 상담을 통해 수요 기반 단기 교육·훈련프로그램 추진
- ※ 한국컴퓨팅산업협회, 과학기술연구망(KREONET) 회원 대상 수요조사 및 맞춤형 교육 등
- ※ KIRD 온라인교육, 한기대 STEP 등과 연계하여 산학연관 교육·훈련 프로그램 다양화
- (문제해결형 교육) 국가-전문센터 중심으로 현장인력의 당면 과제 해결을 위한 전문가의 노하우 전수 교육 실시
- 초고성능컴퓨팅 운영자 대상 자원분배 최적화, 장애 대응 등 실제 사례 중심 전문가 운영 노하우를 전수하는 실무연수 프로그램 운영
- ※ 특정기관의 초고성능컴퓨팅 시스템 특성 및 운영 프로그램 등을 고려하여 연수과정 운영
- 국내·외 전문가그룹과 초고성능컴퓨팅 관련 산학연 인력을 매칭하여 당면문제 해결 및 전문성 향상 기회를 제공하는 멘토링 프로그램 추진
- ※ GPU 병렬 컴퓨팅 기술을 활용하여 코드 가속화, 성능 최적화 등 연구 문제 해결 지원
- (역량 표준 개발) 업무현장에서 필요한 역량수준 파악 및 연구자의 경력경로(Career Path) 관리를 위한 제도적 기반 마련
- ※ 고성능컴퓨팅 특화인력별 역량모델 정립, 직무 분석을 통한 국가직무능력표준(NCS) 개발

나. 초고성능컴퓨팅 인력 저변 확대 (과기정통부)

- ① 미래세대 유입을 위한 학습·체험 기회 확대
 - (학습기회 마련) 미래세대의 초고성능컴퓨팅 기초역량 확보 및 친숙도 향상을 위해 초·중·고학생 및 과학영재학생 대상 교육과정 마련
 - 초·중·고학생 대상 초고성능컴퓨팅 개념·원리에 대한 흥미 및 이해를 증진하는 입문교육과정 및 시뮬레이션 교육콘텐츠 개발
 - ※ KACADEMY, VlabON에 교육콘텐츠 공개, 한국창의재단 연계 교사연수 및 시범수업 진행
 - 미래 과학인재를 육성하기 위해 과학영재학생 대상 고성능컴퓨팅 활용 기초 프로그래밍 단기교육과정 추진 및 과학적 시각화 실습 기회 제공
 - ※ 국가센터·전문센터와 학교 간 연계하여 특강, 현장견학 등을 진행하는 협력사업 추진
 - (체험활동 제공) 교실 밖에서도 초고성능컴퓨팅을 활용하여 자기주도적 프로젝트 진행경험 확보 및 지속적인 관심을 유도하는 교외활동 확대
 - 지역격차 없이 모든 학생이 초고성능컴퓨팅 활용 기반 문제해결 경험을 확보할 수 있도록 청소년 대상 체험 프로그램 확대
 - ※ 슈퍼컴퓨팅 청소년캠프 권역별 개최, 국가센터·전문센터 견학 프로그램 활성화, 전문센터 소재 지역 경진대회 개최 등
- ② 초고성능컴퓨팅 인식 확산을 위한 과학문화 활동 추진
 - (홍보콘텐츠 발굴) 초고성능컴퓨팅을 활용한 연구성과 중 국민이 공감할만한 우수 연구성과 발굴 및 시뮬레이션 가시화 콘텐츠 구현

- 초고성능컴퓨팅 활용 연구개발 성과 중 우수성과 데이터 추적·관리
- ※ 초고성능컴퓨팅 활용 성과 공유 컨퍼런스 등을 개최하여 정기적으로 우수성과 발표
- 초고성능컴퓨팅 활용성과에 VR, AR, IoT 등을 접목한 융합콘텐츠 개발
- ※ 국내 최대 규모 가상 증강현실 실증실험 시스템(CAVE)을 이용하여 실감형 콘텐츠 개발
- (과학대중화 추진) 초고성능컴퓨팅 활용 기반 콘텐츠를 국민 눈높이에 맞게 가공하여 온·오프라인 홍보 및 과학문화공간을 통한 전시 추진
 - 초고성능컴퓨팅 활용 우수성과를 국민이 체감하기 쉽도록 다양한 형태로 가공하여 온·오프라인 매체를 통해 홍보
 - ※ 초고성능컴퓨팅 활용 우수성과 브로슈어 배포, SNS 게시, 다큐멘터리 프로그램 제작 등
 - 일반인이 과학적 성과를 문화로 체험할 수 있도록 전국 과학·문화공간에 현장감 및 몰입감을 제고한 실감형 콘텐츠 전시 운영
 - ※ 몰입형 미디어아트 전시관, IBS과학문화센터, 과학관, 교육청 직속기관 가상현실체험공간 등

다. 지속 발전 기반 조성 (과기정통부)

- ① 산·학·연·관 커뮤니티 교류 활성화를 위한 협업 플랫폼 구축
 - (협업플랫폼 운영) 초고성능컴퓨팅 생태계 발전을 위해 개발, 운영, 활용 인력 간 협업 활성화 및 자유로운 정보교환이 가능한 협력인프라 구축
 - 초고성능컴퓨팅 커뮤니티 내 기술교류 협력 및 연구성과 공유 등이 원활히 이루어질 수 있는 초고성능컴퓨팅 온라인 플랫폼 개발
 - ※ 산·학·연 기술 정보교류 활성화를 위한 ‘초고성능컴퓨팅 오픈포럼’ 플랫폼 마련('23~)
 - 대학과 산업계·연구계 간 기술정보 교환 및 인력 교류를 위한 다양한 이벤트* 마련을 통해 전문인력의 현장 유입 기회 확대
 - * KSC(Korea Supercomputing Conference) 등을 통한 기업설명회, 기술교류회 등 개최
 - (협의체 운영) 산·학·연·관 이해관계자 간 기술 교류, 사업 발굴, 정책 협의 등 커뮤니티 내 실질적 협력을 위한 ‘한국초고성능컴퓨팅포럼’** 운영
 - * 운영위원회 및 부문별 분과위원회(예: 인프라, 기술, 활용 등)로 구성된 커뮤니티 대표 포럼
- ② 효과적 정책 수립을 위한 생태계 현황 데이터 확보
 - (종합지표체계) 실태조사 등 다양한 데이터 수집을 통해 국가 초고성능컴퓨팅 생태계 전반을 파악할 수 있는 종합지표체계 구축
 - 기술개발 → 인프라 운영 → 활용으로 이어지는 초고성능컴퓨팅 생태계 구조를 반영한 논리모형 기반 종합지표체계* 구축
 - * 3개 부문(투입, 활동, 성과)별 조사항목 및 세부지표 선정하고 포럼을 통해 주기적 개선
 - 종합지표체계에 따라 연도별 추이를 파악하여 정책 추진과정 및 효과를 점검할 수 있도록 국가 고성능컴퓨팅 실태조사* 정례화
 - * 국내 고성능컴퓨팅 산업 현황, 기술개발, 인프라 운영, 활용 부문 활동·성과 정기 조사 실시
 - (국가승인통계) 초고성능컴퓨팅 관련 자료의 신뢰성을 제고하기 위해 실태조사의 국가승인통계 추진
 - 국가 고성능컴퓨팅 실태조사 결과를 바탕으로 객관적 근거자료로 활용할 수 있는 통계

데이터 생성

- ※ 한국표준산업분류(KSIC) 연계 고성능컴퓨팅 HW, SW 생산·서비스하는 특수산업분류 체계 개발
- 통계청의 엄격한 국가통계 승인 절차 하에서 국가 초고성능컴퓨팅 관련 통계데이터 품질을 지속적으로 관리하도록 국가승인통계 지정 추진
- ※ 국가승인통계로 국가통계포털(KOSIS)에 ‘국가 고성능컴퓨팅 실태조사’ 등록

제6절 기대 성과 및 향후 계획

□ 『제3차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획』 수립을 통해 다음의 효과를 기대함

○ 초고성능컴퓨터법에 따른 정부 역할 수행

- 초고성능컴퓨터법 제3조(국가의 책무)에 따라 국가는 국가초고성능컴퓨팅의 육성을 위하여 필요한 종합적인 시책을 수립하고 시행하여야 함
- 특히, 동법 제5조(국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획의 수립)에 따라 5년마다 기본계획을 수립해야 하며, 이를 통해 국가초고성능컴퓨팅 육성에 기여할 것으로 기대

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. 국가초고성능컴퓨팅 육성 정책의 기본 방향 및 목표2. 국가초고성능컴퓨팅자원의 확보·배분·공동활용에 관한 사항3. 소요재원의 투자 및 조달에 관한 사항4. 국가초고성능컴퓨팅 관련 연구개발에 관한 사항5. 국가초고성능컴퓨팅 관련 인력자원의 개발 및 활용에 관한 사항6. 국가초고성능컴퓨팅의 국제협력 촉진에 관한 사항7. 국가 연구개발 프로그램의 국가초고성능컴퓨팅자원의 활용 연계에 관한 사항8. 그 밖에 국가초고성능컴퓨팅 육성을 위하여 필요한 사항 |
|--|

○ 혁신전략과 연계한 기본계획 수립으로 정책 효과 강화 기대

- `21년 관계부처 합동으로 발표한 혁신전략은 장기인 10년 로드맵을 제시하였으나, 정책의 실제 추진을 위한 구체적인 과제 도출이 필요한 실정
- 혁신전략과 연계한 기본계획 수립을 통해 정책의 일관성 및 신뢰성을 강화하고, 과제의 구체적 설계를 통해 실행력을 높여 궁극적인 목표 달성 가능성을 높일 것으로 기대

○ 분야별 구체적 추진과제 도출로 인한 분야별 집중 육성 기대

- 초고성능컴퓨팅 활용을 통한 응용·산업 전문화 및 대중화
- 초고성능컴퓨팅 자원 확보를 통한 4차 산업혁명시대의 동력 확보
- 핵심원천기술 확보로 초고성능컴퓨팅 기술 자생력 확보 및 산업의 활성화

○ 생태계의 적극적 참여를 통한 정책 공감대 강화 기대

- 유관 산, 학, 연, 관 생태계 구성원들이 적극적으로 의견을 개진할 수 있도록 하고, 관련 학회, 협회, 기관 등과의 유기적인 협력을 통해 정부의 정책이 아닌, 생태계가 수용하고 실천할 수 있는 정책 수립을 목표로 함

□ 추진 경과 및 향후 계획

- 총괄 및 분과 위원회 활동을 거쳐 초안을 마련('22. 8~12월)하고, 공청회 및 관계부처 협의를 거쳐('23. 1월) 국가초고성능컴퓨팅위원회에서 심의·확정('23 상반기 중 예정)

제3차 기본계획 수립 착수('22. 6.)

총괄위원회 및 분과별 위원회 구성 ('22. 6~7월)

제1차 총괄위원회 개최 ('22. 8월)

분과별 위원회 및 워킹그룹(작업반) 수시 운영 ('22. 9~11월)

제2차 총괄위원회 개최 및 기본계획(안) 검토 ('22. 12월)

공청회 의견 수렴 및 관계부처 협의 ('23. 1월)

국가초고성능컴퓨팅위원회 심의 ('23 상반기 중) 및 공표 (예정)

참고문헌

1. AIST, AI Bridging Cloud Infrastructure (ABCI)
2. ECP, Advancing Scientific Productivity through Better Scientific Software(IDEAS-ECP), 2020.
3. ECP, Application Development Milestone, 2020.5.
4. ECP, Application Development update, 2019.11.
5. ECP, ECP BACKGROUND DOCUMENT, 2020.6.
6. ECP, Software Technology Capability Assessment Report, 2020.2.
7. ECP, Software Technology update, 2019.11.
8. EPI, The European approach for exascale ages, 2020.
9. ETP4HPC, ETP4HPC Handbook, 2019.
10. ETP4HPC, ETP4HPC's SRA 4, 2020.
11. ETP4HPC, The Technology Stacks Of High Performance Computing And Big Data Computing
12. ETP4HPC, The Technology stacks of high performance computing and big data computing, 2018.
13. EuroHPC, Decision of the governing board of the EuroHPC JU, 2020.
14. EuroHPC, Decision of the infrastructure advisory group of the Eurohpc JU, 2018.
15. EuroHPC, Decision of the Research and Innovation advisory group of the EuroHPC JU, 2018.
16. European Commission, Commission staff working document-Equipping Europe for world-class High Performance Computing in the next decade, 2020.9.
17. European Commission, Council Regulation on Establishing the European HighPerformance Computing Joint Undertaking, 2020.
18. European Commission, Detailed planning of HPC-related activities for the period 2018-2020 in Horizon 2020
19. European Commission, Horizon Europe the next EU R&I investment programme (2021-2027), 2019.
20. Fujitsu, Post-K Computer Development, Updates for SC'18, 2018.
21. Fujitsu, Post-K supercomputer with Fujitsu's Original CPU, A64FX Powered by Arm ISA, 2018.
22. Fujitsu, Supercomputer "Fugaku", 2019.
23. Fujitsu, Supercomputer 'FUGAKU' Development, 2019.6.
24. Fujitsu, Supercomputer Fugaku, 2019.

25. HPCwire, The Power of the HPC Cluster Software Stack
26. HPCwire, The Power of the HPC Cluster Software Stack
27. Hyperion Research, Research Highlights In HPC, HPDA-AI, Cloud Computing, Quantum Computing, and Innovation Award Winners, 2019.
28. Hyperion Research, Research Highlights In HPC, HPDA-AI, Cloud Computing, Quantum Computing, The Global Exascale Race, and Innovation Award Winners, 2018.11.
29. IBK경제연구소, 아베의 성장 로드맵 <Society 5.0>과 시사점, 2018.4.
30. IDC HPC User forum, A Cohesive and Comprehensive System Software Stack The Time is Right, 2017.
31. insideHPC, Converging Workflows Pushing Converged Software onto HPC Platforms, 2019.
32. National University of Defense Technology, Tianhe-3 and the exascale road in China
33. NSCI, Future Computing Community of Interest Meeting of August 5-6, 2019.8.
34. NSCI, National Strategic Computing Initiative Strategic Plan, 2016.7.
35. NSCI, National Strategic Computing Initiative Update, 2019.11.
36. PRACE, PRACE in the EuroHPC Era, 2018.
37. RIKEN, Flagship 2020 Project, 2018.
38. RIKEN, The first exascale supercomputer Fugaku & beyond, 2019.
39. U.S. Department of Energy, 2018 SciDAC-4 Principal Investigator Meeting, 2018.
40. U.S. Department of Energy, Summit and Frontier at the Oak Ridge Leadership Computing Facility, 2019.7.
41. U.S. Department of Energy, The Extreme-scale Scientific Software Stack(E4S) and Its Promise for the Exascale Computing Era, 2019.
42. U.S. Department of Energy, The U.S. Department of Energy Exascale Computing Project, 2019.4.
43. Yuichiro Ajima 외, The Tofu Interconnect D, 2018.
44. 슈퍼컴퓨터 「富岳」 成果創出加速プログラム (新規)
45. 관계부처 합동, 제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획('18~'22), 2018.2.
46. 국가기상슈퍼컴퓨터센터
홈페이지(<http://www.kma.go.kr/aboutkma/intro/supercom/index.jsp>)
47. 국가슈퍼컴퓨팅센터 사용량 통계 (<https://www.ksc.re.kr>)
48. 문부과학성, フラッグシップ2020プロジェクト (ポスト 「京」 の開発) について, 2018.
49. 소프트웨어정책연구소, 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안, 2017.8

50. 정보통신기술진흥센터, 2017 ICT 기술수준조사보고서, 2018.2
51. 초고성능컴퓨팅실무위원회, 2020년 초고성능컴퓨팅 육성 시행계획, 2020.
52. 한국과학기술기획평가원, 2018년 기술수준평가(ICTSW), 2018.
53. 한국과학기술기획평가원, 과학기술&ICT 정책기술동향, 2020.7.
54. 한국과학기술정보연구원, 국가 고성능컴퓨팅(HPC) 실태조사, 2020.
55. 한국과학기술정보연구원, 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술지원 성과사례집 2016-2018, 2019.10.
56. 한국과학기술정보연구원, 슈퍼컴퓨팅 Modeling & Simulation 기술개발 및 활용지원, 2017.
57. 한국산업기술진흥원, Horizon Europe (2021-2027), 2019.9.
58. 한국전자통신연구원, 컴퓨팅 산업의 주요 이슈와 전략 핵심 방향, 2019.
59. <http://eurohpc.eu/projects>
60. <https://arxiv.org/>
61. <https://prace-ri.eu/prace-for-industry/industry-access/>
62. <https://top500.org/>
63. <https://www.etnews.com/20190820000087?m=1>
64. <https://www.exascaleproject.org/research-group/pathforward/>
65. <https://www.hpe.com/kr/ko/what-is/supercomputing.html>
66. <https://www.ibm.com/it-infrastructure/power/supercomputing>
67. <https://www.ibm.com/it-infrastructure/power/supercomputing>
68. <https://www.ksc.re.kr/rnd/rndan>
69. <https://www.nature.com/>

summary

Research Title : Research for the establishment of the 3rd Master Plan for Fostering National Supercomputing

This research aims to support the establishment of the 'the 3rd Master Plan for Fostering National Supercomputing ('23~'27)' based on the 「Act on Utilization and Fostering National Super-Computers」 ('11). The 3rd Master Plan includes goals, policy directions, and tasks for the development of national supercomputing capabilities over the next five years.

Based on the analysis of the current status of technology, industry, and policy in Korea and abroad in the field of supercomputing and the performance analysis of the 2nd Master Plan, this research has derived implications for future directions for fostering national supercomputing.

And this research organized and operated a planning committee* and gathered opinions from experts, ecosystem members, and the public to prepare the 'the 3rd Master Plan for Fostering National Supercomputing'

'the 3rd Master Plan for Fostering National Supercomputing' has a vision of Supporting the realization of a leading nation in science and technology by strengthening supercomputing capabilities to prepare for the exascale era and aims to secure supercomputing technology and infrastructure to accelerate scientific, technological, economic and social innovation.

the 3rd Master Plan includes the following 4 strategies and 10 tasks.

(Strategy 1) Improve strategic support systems for national supercomputing resources: Enhance supercomputing support for big science and public services, Expand the use of supercomputing through customized services for industries.

(Strategy 2) Advancement and diversification of supercomputing infrastructure and services by establishing KNCS* : Securing world-class supercomputing resource performance and expanding the diversity of supercomputing resources, Establish a one-stop joint utilization service system

* The Korean National Supercomputing Center System: This is the

supercomputing system of Korea, consists of one national supercomputing center and a number of (currently seven) specialized supercomputing centers.

(Strategy 3) Promoting a leap forward as a supercomputing powerhouse through supercomputing technology independence: In-house development of core supercomputing technologies and systems, Laying the foundation for industrial growth by discovering demand related to supercomputing

(Strategy 4) Laying the groundwork for expanding and advancing the supercomputing ecosystem: Improving supercomputing expertise for new and experienced personnel, Strengthen promotion of supercomputing to make it easier for future generations to embrace supercomputing, Operate supercomputing-related cooperation networks/Securing status data to support policy establishment

This research has the following expected outcomes.

- Systematic and efficient fostering of a national supercomputing ecosystem
- Strengthen policy effectiveness by establishing the 3rd Master Plan in conjunction with ‘the National Supercomputing Innovation Strategy for Quantum Jump in the 4th Industrial Revolution (`21)’
- Achievement tangible results in fostering national supercomputing through the overall improvement of the number of companies using supercomputing, the total amount of national resources (national and specialized centers), the number of leading-level technology fields, and the reinforcement of specialized personnel

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 한국연구재단의 공식견해가 아
님을 알려드립니다.

한국연구재단 이사장 이 광 복