

뇌과학 발전전략

2016. 5. 26



미래창조과학부

■ ■ ■ 목 차 ■ ■ ■

I. 추진배경	1
II. 국내외 동향 및 정책방향	4
III. 비전 및 추진전략	14
IV. 중점 추진과제	16
[전략1] 미래를 대비한 전략적 R&D 추진	16
과제1. 특화 뇌기능 지도 구축	17
과제2. 미래선점 뇌융합 챌린지 기술개발 추진	24
과제3. 차세대 NI-AI 연계를 위한 뇌연구 강화	31
과제4. 생애주기별 맞춤형 뇌질환극복 연구 심화	37
[전략2] 뇌연구 생태계 내실화	41
과제1. 뇌연구 인력의 융합화 촉진	42
과제2. 뇌연구 자원의 안정적 확보	44
과제3. 글로벌 뇌연구 역량 활용 및 협력강화	45
과제4. 미래 뇌산업 준비	46
V. 기대효과	47

[붙임자료]

I. 추진배경 및 경과

1 뇌 연구의 개요

□ 뇌 연구에 대한 정의

- 뇌신경생물학과 인지과학적 이해를 바탕으로 뇌 작동의 근본 원리를 파악하여 뇌질환 극복 및 공학적 응용에 활용하는 연구 분야

※ ‘뇌연구’는 뇌과학, 뇌의약학, 뇌공학 및 이와 관련된 모든 분야에 대한 연구(뇌연구 촉진법 제2조)

□ 뇌연구 4대 분야 및 연구내용

분야	연구내용
뇌신경생물	뇌신경계의 형성과 기능에 대한 생물학적 운영 원리를 규명하고, 이를 바탕으로 응용기술을 개발하는 분야
뇌인지	신경시스템이 외부로부터 정보를 받아들이며 신경활동으로 전환하고 재구성하며 경험에 의해 변화하는 과정에서 형성되는 고등인지기능 연구와 그 응용기술을 개발하는 분야
뇌신경계 질환	뇌의 구조 및 기능상의 결함 등에 기인한 신체적 정신적 질환 및 장애에 대한 원인 규명과 이의 진단·치료·예방에 관한 분야
뇌공학	뇌의 구조와 기능을 측정 및 모델링하는 기술을 바탕으로 뇌신경계와 외부기기를 융합하여 뇌신경계 기능을 회복하고 증진시키는 기술을 개발하는 분야

□ 뇌지도(Brain map) 작성 프로젝트 대두

- 최근 미국 등 주요국가에서 뇌작동원리를 뇌회로 차원에서 정밀하고 통합적으로 이해하기 위한 뇌지도 작성 프로젝트가 본격 추진중
- ☞ 뇌지도 작성은 종래의 전통적인 4대 분야별 접근법과 달리 4대 분야의 요소기술을 통합하여 이미지·빅데이터를 활용함으로써 분야간 선순환적 발전에 기여

2 뇌과학의 중요성 및 발전전략 수립 필요성

□ 뇌연구는 인류가 해결해야할 미래에 가장 기대되는 분야의 하나

- 현대 과학이 뇌와 정신에 관한 이해를 상당히 진전 시켰음에도 뇌에 대한 많은 질문들이 아직 풀리지 않고 남아 있는 상태

☞ “뇌 작동원리에 대한 이해 및 활용은 인류 최고의 도전 분야”

※ 美 오바마 대통령의 의회에서 BRAIN Initiative 프로젝트('13) 발표 연설문 中

□ 초고령화 사회를 대비한 건강하고 행복한 삶의 기반 마련

- 뇌연구는 초고령화 사회 진입에 따라 증가하고 있는 각종 뇌질환의 예방, 진단 및 치료를 위한 핵심 분야의 하나

- 우리나라는 노령화가 세계에서 가장 빠르게 진행되고 있는 국가로서 뇌질환 문제*해결을 위해 국가차원의 뇌연구 투자 확대가 절실

- 치매관련 사회경제적 비용은 11.7조원*('12 기준)으로 암(14.8조원)에 이어 2위 차지, 뇌질환 관련 사회경제적 비용 23조원**('15 기준)

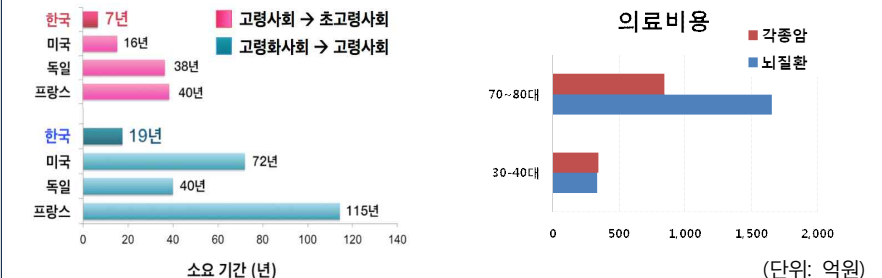
* 한국보건산업진흥원('15), ** The Neurotechnology Industry '15~'16 Report)

- 치매노인 유병율은 ('15) 9.8% → ('20) 10.4% → ('50) 15.1% 증가 예상*

* 전국치매역학조사('12)

인구 고령화 추이

- 우리나라는 '00년 고령화사회로 진입, '18년에는 고령사회, '26년에는 초고령사회로 진입 예상
- * 총 인구 중 65세 이상 인구 비중이 7%, 14%, 20% 이상이면 각각 고령화사회, 고령사회, 초고령사회로 분류(UN 기준)



(노화관련 질환연구의 현황과 시사점, KISTEP, '12)

(출처: 건강보험심사평가원 '15 자료 참고)

- 현대사회는 생명유지에서 웰빙(Well-being)으로 관심이 전환되고 있으며 육체적 건강뿐만 아니라 **정신적 건강의 중요성이 부각**

※ 정신질환 환자는 미국의 경우 성인(평생발병 기준)의 25%, 유럽의 경우는 27% (National Alliance on Mental Illness, '13, WHO Europe Homepage, '14)

□ 뇌 연구는 미래사회를 선도하고 삶의 질을 혁신할 유망 분야

- 뇌연구는 지능정보를 근간으로 한 4차 산업혁명의 시대에서 인공지능기술과 더불어 미래기술의 진보에 기여할 것으로 예측
 - 현재 인공지능은 단순 정보처리를 위한 알고리즘이나 미래 인공지능은 인간뇌의 고차원적 기능을 모사할 것으로 기대
- ※ (美) 뇌연구의 결과를 활용하여 보다 효과적인 인공지능 알고리즘 개발과 활용을 목표로 하는 MICrONS 프로젝트 발표('15~'20, 6년간 1억불 투입)
 - * Machine Intelligence from Cortical Networks program
- 뇌연구를 통한 인간 이해의 증대는 일상생활 전반에 큰 영향을 가져와 미래의 삶의 방식을 혁신적으로 변화시킬 가능성 확대
 - 감성 디자인 건축, 뇌자극 기반의 VR(Virtual Reality)을 이용한 새로운 형태의 영화 및 뉴로 마케팅 등 신산업 분야 창출
- ※ 스낵회사에서 뇌파(EEG) 측정 결과를 바탕으로 제품 포장재 출시('08)
 - 국내 자동차 회사에서 소비자를 대상으로 fMRI를 활용하여 신차명 결정('12)

□ 선진국은 뇌연구를 국가적 중점육성 분야로 인식하고 집중 투자

- 선진국은 '90년대부터 집중적으로 뇌연구를 육성해 왔으며, 최근 기술 주도권 선점을 위해 국가 대규모 장기 연구 프로젝트* 착수
- ※ 미국, EU, 일본, 중국 등은 '90년대를 Decade of the Brain, European Decade of Brain Research, Century of the Brain 등으로 선포하고 뇌연구에 대한 투자 강화
 - * (美) BRAIN Initiative (5.5조원/12년), (EU) Human Brain Project (1.4조원/ 10년), (日) Brain/MINDS (300억/14년), (中) China Brain Project (15년)

☞ 최근 뇌연구 분야의 급격한 **글로벌 환경변화 추세와 초고령화 사회 진입에 대응하고, 미래 뇌연구 분야의 경쟁력 확보를 위하여 체계적인 뇌연구 발전전략 수립 필요**

II. 국내외 동향 및 정책방향

1 해외 동향

① 국가별 뇌연구 관련 정책동향

□ (美) 인간커넥톰, 통증, 신경계 질환 치료제 등을 중점 분야로 선정하고 대규모 연구프로젝트 추진 ('04, Blueprint for Neuroscience Research)

- BRAIN Initiative 사업을 통해 신경세포구분, 뇌지도 제작, 뇌신경 활동 모니터링, 뇌활성 조절 연구 등 7개 분야 연구 수행중
- ※ '13년 BRAIN Initiative (5.5조원/12년) 선포, '14년부터 본격 착수
 - * Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies

□ (EU) 국가별 뇌연구 분야의 지속투자와 더불어 '가상 뇌'를 구현하기 위해 슈퍼컴을 이용한 신경망 모델링 연구 추진중

- Human Brain Project(HBP)를 공동으로 진행하는 유럽내 100여개 연구기관이 뇌 신경망 연구와 인공지능 플랫폼 개발 추진
- ※ Blue Brain Project('05)로 뇌회로 분석을 활용한 알고리즘 개발에 집중, '13년부터 HBP(1.4조원/10년) 착수

□ (日) 뇌의 이해, 뇌의 보호, 뇌의 창조 및 육성을 목표로 영장류 뇌이해를 통한 인간 뇌이해 증진 및 뇌질환 극복 연구

- Brain/MINDS* 사업을 통해 비단원숭이 뇌지도 작성 및 최첨단 기술개발과 뇌질환 치료 연구 등 3개 프로젝트 수행 중
- ※ '97년 뇌의 세기 선언, '14년부터 Brain/MINDS(300억/14년) 착수
 - * Brain Mapping by Integrated Neurotechnologies for Disease Studies

□ (中) 뇌과학 및 인지 연구를 꾸준히 수행해왔으며, 최근 뇌연구와 지능기술 발전을 위한 연구 프로젝트 착수

- China Brain Project('16~'30)를 통해 대뇌의 감지능력 탐구, 감정 형성과정 연구 및 지능기술 개발에 관한 연구 등을 수행
- ※ 국가 중장기 과기발전계획 요강('06) 수행 및 China Brain Project 개시('16)

② 분야별 글로벌 뇌연구 동향

- ◆(원리 → 실증중심) 첨단 장비를 활용한 혁신적 융합기술 구현으로 종래 원리중심의 연구에서 벗어나 본격적인 **실증 연구로의 도약**
- ◆(가설 → 정보중심) 정밀 뇌연구의 본격화로 가설중심의 연구에서 벗어나 본격적인 빅데이터 기반의 **정보 주도형 뇌연구 본격화**

□ 뇌연구 4대분야

연구분야	과 거	현 재	미 래
뇌신경 생물	세부 단일기술 활용 기초원천연구	신기술 활용 융합 혁신형 연구	다차원적 신경계 통합 미래 도전형 연구
뇌인지	심리학/철학 중심 추론적 연구	뇌인지·영역 상관성 연구	뇌인지·회로 상관성 연구
뇌신경계 질환	경험적 진단/치료 (증상 중심)	과학적 진단/치료 (근거 중심)	정밀의학 진단/치료 (빅데이터 중심)
뇌공학	특정 뇌부위 뇌신호 측정	단일 세포 수준 뇌자극 및 측정	나노/초정밀 뇌자극 및 측정

< 뇌신경생물 >

- '05년에 개발된 **광유전학 기술**은 선택적 신경회로의 활성 조절을 가능케 하였으며 **새로운 연구·장비 시장을 개척함**
※ 광유전학 연구장비 시장은 '15년 170억원 규모로 성장

< 뇌인지 >

- 언어처리, 감정, 지각, 사고 등의 과정을 **뇌영상, 신경회로의 활성화 패턴을 통해 이해하려는 연구가 활발하게 진행 중**(Cell誌, '15)

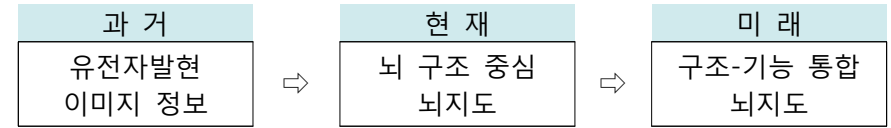
< 뇌신경계질환 >

- 새로운 **뇌질환 모델과 미니뇌 기술**(Nature誌, '13, Cell誌 '16) 등 다양한 대체 모델이 개발되어 **신개념 뇌질환 치료기법 연구의 활성화**

< 뇌공학 >

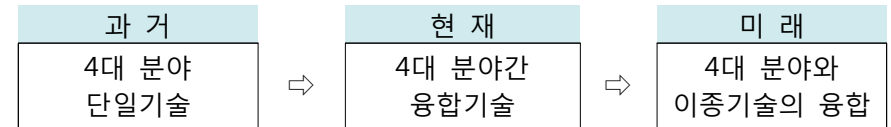
- **초소형 광자극 시스템**을 이용하여 **뇌세포의 부위별 자극에 성공**(Neuron誌, '15)

□ 뇌지도 작성 분야



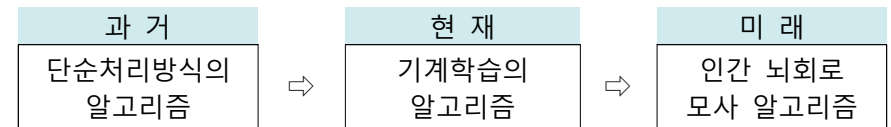
- 미국 Allen 연구소는 생쥐 뇌 유전자 발현 이미지 정보를 집적하여 공개('06)한 이래 다양한 뇌 관련 정보를 축적·공유
- 생쥐 망막회로 연결망에 대한 분석이 완료되어 최초의 초정밀 부분 뇌지도 공개(Nature誌, '14)

□ 미래 뇌융합 챌린지 기술분야



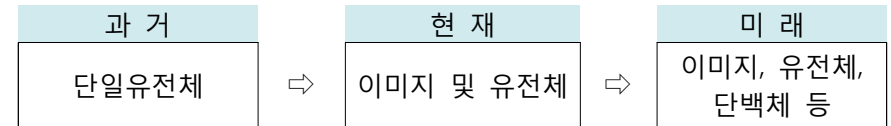
- **뇌-기계접속(BMI) 시스템**을 이용하여 뇌신호를 디코딩하고 휠체어 및 전신마비환자 팔의 제어 신호로 인코딩하는데 성공(Nature誌, '16)

□ 차세대 AI 연계를 위한 뇌연구



- 인지의 대표적인 과정인 학습, 추론, 지각 기전을 밝혀 인공지능(A.I.:Artificial Intelligence) 알고리즘 개발에 적용하려는 연구 움직임

□ 맞춤형 뇌질환 극복 연구 분야



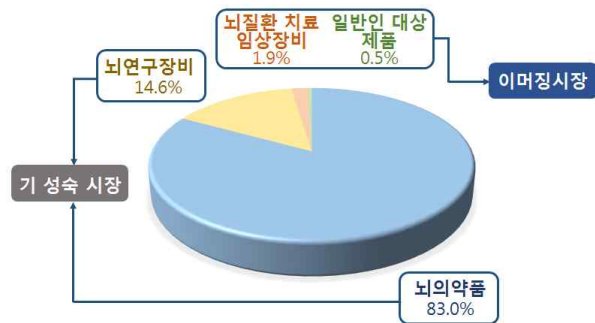
- 뇌전증의 유전적 원인탐색과 병인 규명을 위한 모델 구축, 약물 스크리닝 플랫폼, 기초-임상연계 시스템 등 **정밀의학적 접근 시도**
※ 美/獨/호주/아일랜드 중심으로 뇌전증 정밀의학 컨소시엄(EpiPM Consortium) 발족('15)

③ 뇌산업 동향

□ 뇌연구 분야에서도 산업의 중요성 부각

- (산업) 뇌 관련 산업시장은 뇌의약품, 연구용 장비, 뇌질환 치료용 장비 및 집중력 향상 뇌파 자극기 등 일반인 대상 제품시장이 형성
- ※ 뇌의약품이 시장 대부분(83%)을 점유, 연구장비 시장은 꾸준히 성장(연 5%). 뇌질환치료 임상 장비와 일반인 대상 제품은 높은 성장률을 보임(연 10%이상)

<뇌 관련 산업의 시장 점유율 현황 ('14년 현재, 204조원)>



구분	뇌의약품	연구장비	치료장비	일반인 대상 제품
주요 제품	▶ 질환 치료제 (통증, 우울증 /알츠하이머 치료제 등) 시장	▶ 이미징, 뇌투명화, 전기생리학을 위한 장비 등	▶ 척수자극기, 뇌심부 자극기, 미주 신경 자극기 시장 등	▶ 집중력 향상 뇌자극기, 웨어러블 EEG 등
세계시장 규모	▶ 약 170조원	▶ 약 29조원	▶ 약 4조원	▶ 약 1조원
성장률 ('20년 까지 예상)	▶ 연 5%	▶ 연 5%	▶ 연 11.2%	▶ 연 11.5%

(출처: The Neurotechnology Industry '15~'16 Report)

- (신시장 창출) 뇌기능 이해를 기반으로 한 뉴로모픽 칩 등 혁신적 제품 및 교육·문화·건축·감성 디자인 등 新시장 창출
- ※ IBM은 시냅스 연결을 모방, 기존 CPU의 40% 전력으로 4배 집적도의 칩 개발('14)

2 국내 현황

① 국내 정책 추진현황

- 뇌연구촉진법('98년 제정)을 기반으로 뇌연구촉진기본계획 수립·추진과 뇌과학원천기술개발 등 관련 R&D사업을 통해 뇌연구 육성정책 추진



- (제1차 기본계획, '98~'07) 기초연구기반을 조성하고 뇌연구 주체별 연구역량 강화
 - 한국 뇌학회 창립('98), 뇌프론티어 사업('03~'13) 등을 통해 기초 원천연구 기반 확보
 - 창의적연구진흥사업, 우수연구센터사업, 국가지정연구실사업 등을 통하여 뇌분야 인력 양성 지원
- (제2차 기본계획, '08~'17) 다학제 융합에 기반한 선도적 핵심역량 강화와 산학연 협력연구기반 구축
 - 뇌분야 핵심원천연구 역량 확보와 뇌질환 등 사회문제 해결을 위한 뇌과학원천기술개발사업 추진('08~)
 - 대형 연구집단(뇌연구원, KIST 뇌과학연구소, IBS 3개단) 출범('11~)
- 최근 정부는 뇌연구촉진을 통한 지능정보 산업 기반 조성고 고령화에 대응한 맞춤형 뇌질환 극복을 중점추진과제로 추진('16년 연두 업무보고)

② 투자현황 및 주요성과

□ (투자) '08년 493억원에서 '15년 1,243억원으로 2배 이상 증가

- (투자증가) 제2차 기본계획 기간 동안 정부 투자는 **연평균 14.4% 확대**
 - ※ ('08) 493억 → ('10) 630억 → ('12) 668억 → ('14) 1,053억 → ('16) 1,331억원(계획)
- 단, 생명공학 예산 중 뇌연구분야 예산 비중(5.2%)은 선진국 대비 미흡
 - ※ 미국 16%, 일본 7%, 영국 20.8%
- (4대 분야) 뇌질환 > 뇌인지 > 뇌신경생물 > 뇌공학 순 투자 비중
 - ※ (최근 3년) 뇌질환 40.6%, 뇌인지 26.9%, 뇌신경생물 17.6%, 뇌공학 14.9%
- (미래부) 제2차 기본계획 2단계 기간동안 **4대분야별 투자 및 사회 문제 해결과 실용화 기술개발 중심으로 중형 연구단*** 지원
 - * 치매연구단, 뇌발달장애, 인터넷·게임 디톡스, 외상후 스트레스 증후군 등
- (他부처) 복지부는 **뇌질환분야**, 산업부는 **뇌공학분야**에 집중 투자
- (뇌지도) '13년 이후 국가연구개발사업과 출연(연) 기관고유사업을 통하여 **부분적으로 뇌지도 작성기술 관련 연구 추진**
 - '16년 정부 뇌연구 예산(1,331억원) 중 **뇌지도 구축에 활용** 가능한 R&D 예산은 **216억원으로 총 예산대비 16.2%** 수준
 - ※ 주요 기술개발 및 인프라 구축은 출연(연) 중심으로 관련 예산 투입 중

<참고: 뇌지도 관련기술 국내 연구현황>

뇌지도 관련기술	스케일		
	마이크로	메조	마이크로/나노
연구 내용	치매환자 뇌영상을 통한 진단/예측 시스템 개발	뇌투명화 기술 기반의 발달장애 진단, 멀티스케일 기능 커넥토믹스 기술개발	전자현미경, AI 기반 분석기술 등 미시적 뇌지도 기술개발
사업명	▶뇌과학원천기술개발 ▶IBS사업	▶뇌과학원천기술개발 ▶출연연 기관고유사업	▶출연연 기관고유사업
수행기관	IBS(이미징연구단) 서울대 등(150억/년)	KIST, 한국뇌연구원 고려대 등(53억/년)	한국뇌연구원 등 (13억/년)

□ (연구역량) 지속적 투자로 영향력지수가 높은 우수 논문 발표 증대

- (SCI 논문) BT 분야 중 뇌연구 분야의 우수논문(IF>10) 비중은 9.6%로
예산 투입 대비 우수성과 도출('14년 BT분야 중 뇌연구 예산 비중은 4.5%)
 - 뇌신경생물 및 신경질환분야 논문은 평균 피인용지수가 8~10으로
세계적 수준에 접근
 - ※ 상위 10% 이내 SCI 논문 : 9편('08, 23위) → 129편('15, 13위)
- (특허) '07년부터 현재까지 국내외 총 949건 등록(세계 6위 수준)
 - 신경퇴행성질환 치료물질 및 신경줄기세포, 고분해능 뇌 영상
확보 및 뇌활성 신호, 인공신경망기술 분야등에 대한 특허 집중

□ (인력양성) 뇌연구 및 관련 산업 분야에 투입할 연구인력 확보

- '98년 기본계획 수립이후 산학연의 국가뇌연구사업 참여인력이
4.2배 증가하여 4대 분야의 연구책임자 (PI) 급 460명 확보
 - ※ (정부 뇌연구사업 참여인력현황) ('98) 650명 → ('08) 2,130명 → ('15) 2,749명
- 대학의 뇌연구 전문 학위과정을 통하여 뇌연구 전문 인력 배출
및 출연(연) 중심으로 융합전문인력 양성
 - ※ 서울대, 고려대, 대구경북과학기술원(DGIST) 등 14개 대학 26개 학과, 27개
대학 부설 연구소 및 3개 학-연 공동학위 프로그램 운영중

□ (국제협력) 뇌은행 등 해외 주요 연구거점기관과 국제협력 네트워크 구축

- 한·영 국제협력 인력정보 교류사업을 통한 우수 연구인력 양성
및 공동연구실 단위의 협력사업 지원
 - ※ 한·영 국제협력 공동연구실 개소, 해외연수지원 등 국제협력을 통한
기술·정보교류 확대(박사후 연수과정 해외 파견 등)
- 중·장기적 글로벌 R&D 협력관계 구축을 통한 뇌질환 중심의 문제
해결형 중개연구 역량 강화 및 협력 네트워크 확대 기반 마련
 - ※ 한국뇌연구원과 브라질 상파울루의과대학 뇌은행('13), 네덜란드 신경과학
연구소 뇌은행('14), 체코 세인트 앤 대학병원('15) MOU 체결

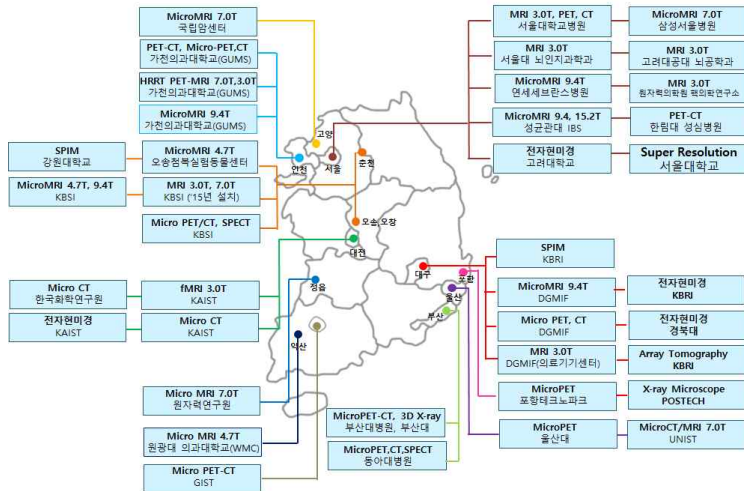
□ (연구 인프라) 고가 장비 등 뇌연구를 위한 핵심 인프라 마련

- 인간뇌에 대한 연구를 촉진하기 위해 한국뇌연구원 내 뇌은행 설립 및 네트워크 병원 사업을 통한 기반 구축

※ '15년 서울대병원, 고려대 안암병원 등 2개소 지정, '16년 4개소로 확대 계획

- 뇌영상 장비 등 뇌연구를 위한 핵심장비가 전국적으로 분포하고 있으며, 뇌연구 효율화를 위한 소규모 고가의 특수장비* 구축

* 초고속 마이크로 스케일 이미징 장비 등



□ (산업 태동) 뇌연구 관련 제품화 성공으로 관련 시장 태동

- 최근 5년간 기술이전 20건, 기술이전료 약 20억원 창출
- 기술이전 등 가시적 성과는 BT 他분야에 비해 미흡한 실정이나, 기초연구성과의 제품화 사례 창출로 산업화에 대한 기대감 상승

(연구장비) 뇌투명화기술 장비상용화

- 기초연구 성과가 장비개발 및 산업화로 이어진 성공사례(X-CLARITY 시스템)



(의료장비) 휴대용 뇌영상장비 상용화

- MRI를 대체할 새로운 휴대용 고해상도 영상장비



[참고] 국내·외 주요 뇌연구 성과

□ 미래 융합기술의 선진국 대비 국내 기술력 평가

분 야	선진국 최고기술	국내 기술수준	평가*
뇌신경 생물학	뇌투명화 기술 개발로 3차원의 조직분석 기술 혁신 ('13, 美) 1mm 크기의 미니뇌를 제작하여 6개월 이상 배양성공 ('16, 美) 3차원 뉴런 배양에서 액손 및 시냅스 유도 성공 ('10, 美)	뇌투명화기술 개선으로 기존기술 대비 30배 고속 투명화 ('16) 미니뇌 제작기술을 확보하여 임상연계 진행 중 ('16) 3차원 뉴런칩 액손 및 시냅스 유도 기술 개발 중 ('14)	81%
뇌인지	가상현실 기술을 이용하여 동물 행동분석 기술 개발 ('10, 美) 전기자극을 이용한 기억증강기술 생쥐모델에서 성공 ('11, 美) 생쥐모델에서 가상기억생성 성공 ('13, 美)	가상현실 기술을 이용하여 위치 인식 신경망 분석 ('14) 억제성 신경회로에 의한 공포기억이 조절되는 기전 발견 ('15) 공포기억을 기록하는 신경세포 양상불 발견 ('14)	67%
뇌질환	지금보다 감도가 1만배 높은 신 개념 MR이미징 기술개발('16, 美) 뇌심부자극기의 상용화 성공 및 임상 적용 확대 ('97, 美) 피부패치를 통한 알츠하이머병 면역치료 기술 개발 ('06, 스웨덴)	고성능(7T) 뇌이미징 MRI장비 및 분석기술 확보 ('11) 파킨슨병을 중심으로 국내임상 성공사례 누적 ('13~) 다수의 알츠하이머병 조기진단 및 치료 후보약물 도출 ('15)	82%
뇌공학	BMI기술로 전신마비 환자의 팔 제어 성공 ('16, 美) 뇌신호 무선통신을 통한 휠체어 이동 실험 성공 ('16, 美) 맹인에게 시각칩으로 시력을 일부 되찾아줌('10, 獨 / '12, 英)	뇌파 디코딩을 통한 BMI 제품 출시 ('14) 인체 부착형 신경신호 검출 및 실시간 분석기술 확보 ('13) 생체 친화적 물질을 이용한 인공 망막 개발 ('15)	67%

* 기술수준 평가는 국내 연구자들의 델파이 기법을 활용하여 측정

3 그간의 성과 평가 및 향후 정책방향

연구개발 투자

- ① 정부투자의 지속적 증가로 전반적인 연구경쟁력 향상과 일부 세계 수준 연구성과 도출*이 이루어졌으나, **추격형 연구 패러다임 극복에는 한계**

* 논문 피 인용지수 기준 뇌신경생물 및 뇌질환 분야 우수

☞ 뇌연구 선진국들이 박차를 가하고 있는 **뇌지도** 구축과 우리의 강점이 있는 **미래유망분야**에 대해 **선택과 집중**을 통한 국가적 노력경주 필요

- ② 최근 **융합 기반의 미래유망분야**(예: AI연계, 맞춤형 뇌질환 치료 등)가 급속히 대두하고 있으나, 이에 대해 **선제적 대응 미비**

☞ 미래신성장동력으로 부상한 **인공지능과의 연계** 연구와 초고령화 사회에 선제적 대응을 위한 **개인 맞춤형 뇌질환 연구** 강화 필요

연구개발 생태계

- ③ 연구개발 사업을 통해 인력양성이 확충되어 왔으나, 최근 융합 추세 대응을 위한 **뇌기반 미래융합기술분야 인재 양성**에는 한계

☞ 다양한 교육프로그램 운영 등을 통한 **융합형 뇌연구 전문가**의 체계적 양성방안 추진 필요

- ④ 국내 연구자원은 일정수준 확보되었으나, 선진국 대비 절대적인 연구자원 규모의 열세 극복을 위한 **통합적 연구자원 활용체계** 미흡

☞ **Hub-Spoke 모델**을 활용한 국내외 자원의 전략적인 결집 활용방안 마련과 산학연병 연계를 통한 산업발전기반 마련이 필요

* 취약기술 확보와 성과제고를 위한 전략적 국제협력 활동 강화

III. 비전 및 추진전략

비 전

'23년까지 뇌과학 신흥강국 도약 준비

목 표



**특화뇌지도 등
핵심 뇌기술 조기 확보**



**뇌연구
생태계 확충**

◆ 선진국 대비 기술수준: **72%(14) → 80%(19) → 90%(23)**

◆ 세계 최고 뇌연구 대표성과* 창출: **10건 이상**

* 특화뇌기능지도구축및공개, 기술이전, 뇌질환정밀의학의료분야임상성공, 세계시장 선점 가능한 제품 및 서비스 등

< 2대 전략 8개 과제 >

R&D 고도화 전략

과제1 특화 뇌기능 지도 작성

과제2 미래선점 뇌융합 챌린지 기술개발

과제3 차세대 NI-AI 연계를 위한 뇌연구 강화

과제4 생애주기별 맞춤형 뇌질환 극복연구 심화

생태계 내실화 전략

과제1 뇌연구 인력의 융합화 촉진

과제2 뇌연구 자원의 안정적 확보

과제3 글로벌 뇌연구 역량활용 및 협력 강화

과제4 미래 뇌산업 준비

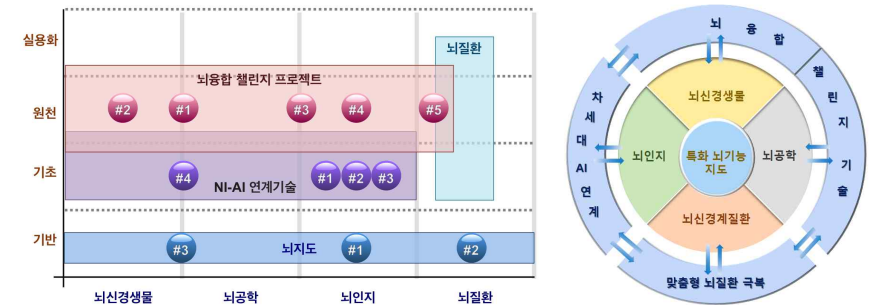
□ 향후 뇌연구 발전 방향

	현 황		향후 방향
뇌 지 도	<ul style="list-style-type: none"> • 세계적으로 뇌지도 구축 경쟁이 심화되고 있으나 뇌지도 구축사업은 부재 • 부분적으로 뇌지도 구축 기술 및 기반 확보 	특화전략 → 차별화	<ul style="list-style-type: none"> • 선택과 집중을 통한 특화 뇌기능 지도 구축 • 선진국 수준의 뇌연구 역량 확보 및 신산업 창출
미 래 기 술	<ul style="list-style-type: none"> • 뇌관련 기술 발전에 의한 신시장 태동 • 선진국 수준의 미래유망 국내 기술분야 일부 존재 	선도전략 → 기술우위 확보	<ul style="list-style-type: none"> • 선도기술을 활용한 세계 최고 수준 성과 및 실용화 모범 창출 • 세계 선도 뇌관련 기술 확보
AI 연 계 기 술	<ul style="list-style-type: none"> • 자연지능(NI) 연구와 인공지능(AI) 연구가 독립적으로 진행되어옴 • 뇌연구의 AI연계를 위한 연구자 응집 부재 	연계전략 → 응집/융합	<ul style="list-style-type: none"> • NI-AI 연계를 통한 상호 보완 발전 • 연구자 응집을 통한 차세대 AI 기반마련 및 핵심기술 도출
뇌 질 환	<ul style="list-style-type: none"> • 치매, 중독등 주요 사회적 이슈가 된 뇌질환을 중심으로 원인기전/치료법 연구중 • 연령대별 뇌질환에 따른 대책 미흡 	맞춤형전략 → 정밀의학	<ul style="list-style-type: none"> • 연령대별, 환자별 맞춤형 뇌질환 극복기술 구현 • 정밀의학을 도입한 차세대 진단, 예방, 치료서비스 확립
기 반	<ul style="list-style-type: none"> • 뇌연구 자원 및 인력이 전반적으로 분산·운영중 • 뇌연구의 미래 산업화 기반 미흡 	네트워크 전략 → 실용화연계	<ul style="list-style-type: none"> • 국내외 네트워크를 통한 뇌연구인력 및 취약 기술 강화 • 연구 개발 결과로 확보된 기술과 실용화 연계 효율화

IV. 중점 추진과제

1 미래를 대비하는 전략적 R&D 추진

□ 중점 추진과제별 기술적 포지셔닝



① 특화 뇌기능 지도 구축

- 한국의 여건을 고려하여 선택과 집중을 통한 특화뇌지도를 구축하고, 이를 활용한 선진국 수준 연구역량 확보와 신산업 창출

② 미래선점 뇌융합 챌린지 기술개발

- 뇌과학 연구의 세계적 비교우위 분야를 선점하기 위한 융합형 미래유망 전략분야를 발굴하여 집중적으로 육성

③ 차세대 NI-AI 연계를 위한 뇌연구

- 뇌연구 결과를 인공지능 관련 인공지능망 모델링 및 우수 알고리즘 개발에 활용하여 보다 우수한 뇌 유사 컴퓨터 시스템 구현 지원

④ 생애주기별 맞춤형 뇌질환 극복을 위한 R&D 추진

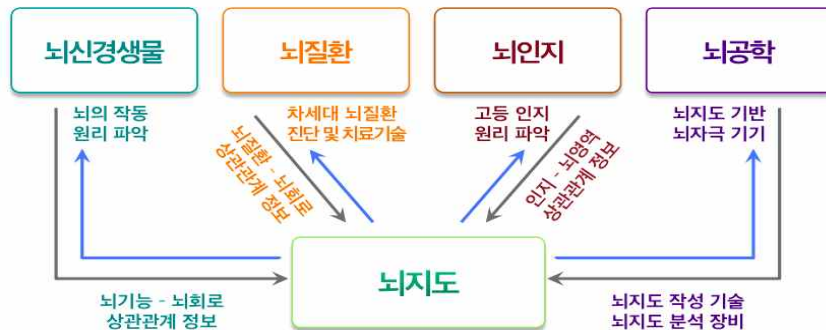
- 사회적으로 중요한 이슈로 대두된 뇌질환에 대응하여 첨단 기술을 도입한 연령대별 개인 맞춤형 뇌질환 극복기술 개발

1 특화 뇌기능 지도 구축

- ◆ 선택과 집중을 통한 특화 뇌지도 구축으로 뇌지도를 활용한 선진국 수준 연구역량 확보 및 맞춤형 뇌정밀의학 구현

□ 미래 뇌연구의 핵심 영역인 뇌지도(Brain Mapping)

- 인간의 심오한 마음·행동의 이해와 뇌질환 진단·극복을 위해서 뇌의 구조·기능적 연결성, 작동원리에 대한 정밀하고 종합적 이해 필요
- 뇌지도는 뇌에 대한 작동원리, 현상규명과 뇌질환에 대한 맞춤형 정밀의학 등 차세대 뇌연구를 위한 필수 정보를 제공
- ※ 뇌지도는 뇌의 구조적·기능적 연결성을 수치화, 시각화한 데이터베이스
- 뇌지도 구축은 뇌연구 4대 분야의 요소기술을 통합하여 진행되며, 확보된 뇌지도는 미래 뇌연구의 핵심 기반 정보를 제공함



- 뇌지도 작성 기술은 주로 뇌공학에서 유래하며, 뇌지도의 콘텐츠는 뇌인지, 뇌신경생물학 및 뇌질환 연구에 의하여 확보됨
- 통합 뇌지도는 뇌과학 소분야의 기반 정보로 활용될 수 있으며, 특히 뇌신경생물학과 뇌인지의 접점을 제공할 것으로 기대
- 선진국은 '23~'25년 완성을 목표로 전체 또는 특화 뇌지도 작성을 위한 다양한 프로젝트 추진

□ 「뇌기능 지도 프로젝트」 추진

< 개요 >

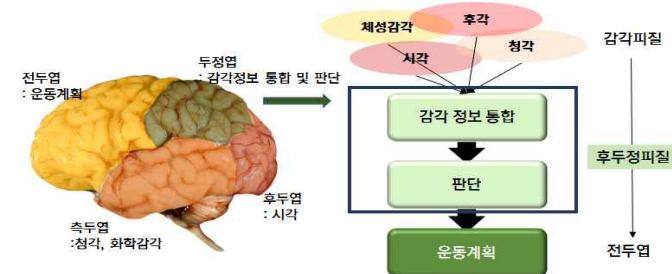
- 고위뇌기능, 뇌 노화과정 등 중요 이슈에 대응하여 우리나라가 선제적으로 정복 가능한 특화 뇌지도 구축
- 기 확보된 핵심기술*을 바탕으로 고효율뇌지도 작성기술 개발을 통해 '23년까지 특화뇌지도 DB 2종 확보

* 나노매핑, 뇌투명화기술, 신경세포의 시냅스 생성 활성 모니터링 기술 (GRASP), 시냅스 형성여부 전자현미경 관찰법(Array tomography)등

< 세부 추진과제 및 기술개발 로드맵 >

① 고위뇌기능 특화뇌지도 구축(특화 뇌기능지도 프로젝트 #1)

- 현재 경쟁력을 보유하고 있는 메조기술(뇌투명화 등)과 마이크로기술(전자현미경 등)을 연계한 고위뇌기능 특화 뇌지도
- 대뇌 연결망에 대한 분석을 통합하여 고위 인지기능을 담당하는 대뇌피질(후두정엽) 고해상 설계도 확보



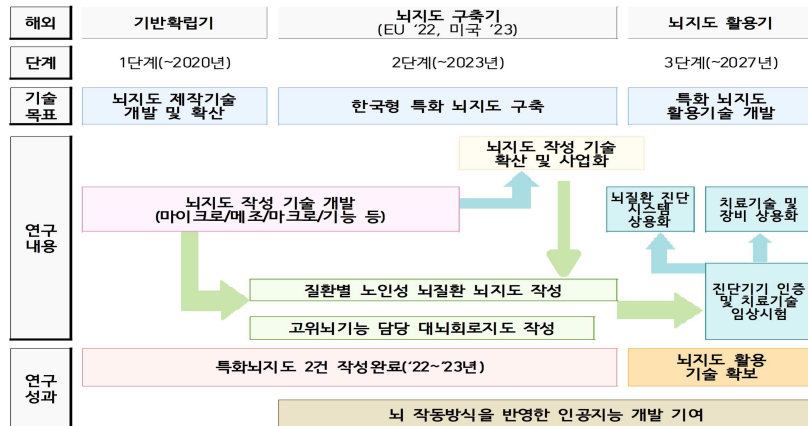
② 노화 뇌질환 특화뇌지도 구축(특화 뇌기능지도 프로젝트 #2)

- 한국인에게 특히 발병율이 높은 노인성 뇌질환에 대한 예방·진단·치료를 위한 빅데이터 기반의 특화 뇌기능 지도
- 뇌지도 작성에 필요한 핵심기술 개발을 바탕으로 노인성 뇌질환에 관련된 시·공간적 뇌지도 작성

③ 뇌지도 작성 고도화 기술개발(특화 뇌기능 지도 프로젝트 #3)

- (고속 자동 이미징·이미지 분석기술) 여러 기관에서 동시다발적으로 뇌지도 이미지를 확보, DB화하기 위한 병렬처리 기법 개발
- (뇌세포 특이적 단백질 연결망 분석기술) 특정 뇌세포에서 특정 단백질과 결합하는 단백질 네트워크를 규명하는 기술 개발
- (세포·회로수준 뇌기능 측정·조절기술) 행동하는 동물에서 다영역의 신경활성을 동시에 이미징하는 기술 개발
- (멀티스케일 데이터 융합기술) 초고해상도 형광 이미징 기술과 전자현미경 이미징, 나노뇌지도-메조뇌지도, 메조스케일 구조-기능 뇌지도 등 다양한 정보 융합기술 개발

< 기술개발 로드맵 >



< 추진전략 >

- 뇌지도 사업의 착수와 함께 뇌지도 관련 사업 DB를 통합 관리하여 중복투자 방지 및 연구효율성 제고
- 旣수행 중인 뇌지도 관련 사업과의 차별성 및 연계성을 확보하고, 유관기관별 연구자원과 성과를 유기적으로 통합한 관리체계 확립
- ※ '17년은 관련부처 사업(미래부 뇌과학원천 등) 및 기관공유사업(KBRI 등)을 통한 시범사업으로 추진하되, Hub-Spoke 모델을 통한 사업추진

[참고] 뇌지도의 정의 및 종류

□ 뇌지도의 정의

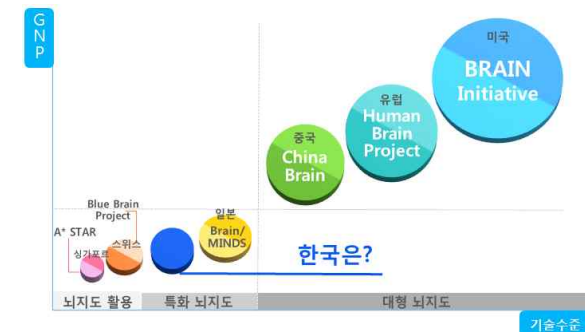
- 뇌지도는 뇌의 구조적·기능적 연결성을 수치화, 시각화한 DB로 다양한 뇌지도 작성기술을 이용하여 유전자/단백질, 뇌 구조, 뇌 기능 등의 정보를 macro, meso, micro 수준의 해상도로 작성

□ 수준별 뇌지도의 종류

	스케일		
	마크로 (cm~mm)	메조 (mm~μm)	마이크로 (μm~nm)
수준별 뇌지도			
연구 내용	뇌활성·영상을 통한 뇌질환 예측·진단	거시적 신경세포 네트워크 분석	미시적 신경세포 네트워크 분석
뇌지도 작성기술	뇌활성측정(fMRI, MEG, DTI, tactography)	뇌구조·활성분석(뇌투명화기술, 광유전학, 세포 특이적 단백질체매핑기술)	뇌구조 분석(Array Tomography, 전자현미경, 통합 DB 및 AI분석기술)

□ GNP 규모에 따른 뇌지도 사업의 규모

- 경제규모에 따라 뇌지도를 구축하거나 향후 창출될 신시장에 대비, 뇌지도 활용시대를 준비하는 등 다양하게 대응 중



- ※ 대규모 예산 투입국은 수준별 뇌지도 또는 뇌전체 지도 구축을 목표로, 소규모 예산 투입국은 특화 뇌지도(특정 동물, 부위 등) 구축을 목표로 함

특화 뇌기능 지도 프로젝트 #1

< 뇌 고위기능 특화 뇌지도 작성 >

뇌의 고등 인지기능 작동원리를 이해하고 정상뇌와 질환뇌의 비교를 통해 손상신경망 확인

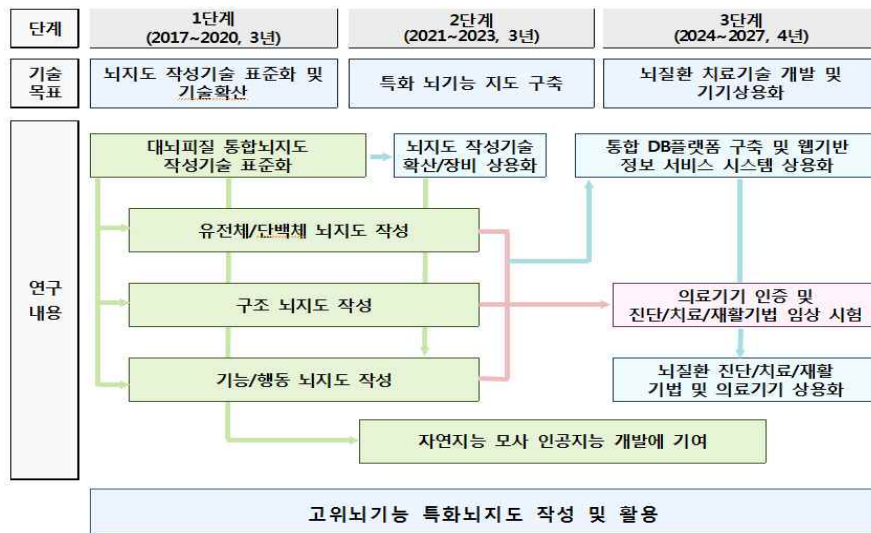
* 뇌의 고등 인지기능(감각 정보통합 및 의사결정)의 핵심인 대뇌피질 두정엽 뇌지도 작성

□ 추진 목표

- 기 확보된 수준별 뇌지도(마크로, 메조, 마이크로) 작성기술을 이용하여 대뇌피질의 초고해상도 뇌지도 작성

□ 추진 전략 및 로드맵

- 기술 표준화를 통해 생쥐에서 인간까지 대뇌피질의 정상 및 질환에 대한 유전체·구조·기능·행동의 통합 뇌지도 조기 확보
- 통합 DB 분석을 위한 인공지능 기반의 알고리즘 개발 및 플랫폼 구축으로 뇌지도 작성 기술 확산과 연구장비 상용화
- 통합 뇌지도 활용을 통한 뇌질환·인공지능 적용 기술 및 통합 뇌지도 정보 서비스 시스템 개발로 포스트 매핑 사업에 활용



특화 뇌기능 지도 프로젝트 #2

< 노화 뇌질환 특화 뇌지도 작성 >

뇌질환에 대한 예방·진단·치료를 위하여 빅데이터 기반의 특화 뇌기능 지도 작성

* 노인성 뇌질환(인지, 정서, 운동)에 관련된 특화 뇌지도 작성

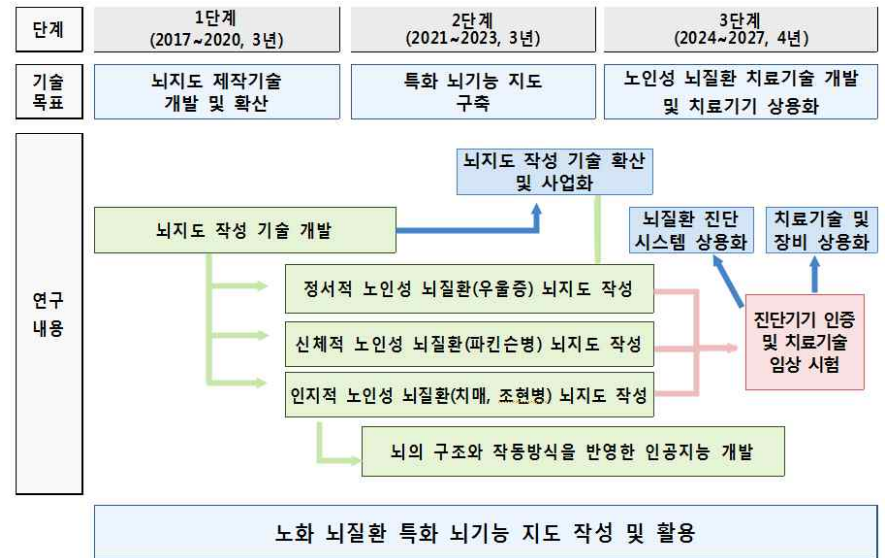
** 시간에 따른 뇌의 변화를 동시에 보여주는 시·공간적 뇌지도 작성

□ 추진 목표

- 수준별 뇌지도(마크로, 메조, 마이크로) 작성에 필요한 핵심기술 개발과 이를 이용한 노인성 뇌질환에 관련된 시·공간적 뇌지도 작성

□ 추진 전략 및 로드맵

- 주요 노인성 뇌질환에 대한 질환별 빅데이터를 중심으로 진단 및 치료에 활용하기 위한 플랫폼 개발
- 구축된 뇌지도 정보를 활용한 뇌질환·인공지능 적용기술 개발



특화 뇌기능 지도 프로젝트 #3

< 고효율 뇌지도 작성기술 개발 >

보다 빠르고 정확한 뇌지도를 작성하기 위해 현재의 뇌지도 작성 기술을 최적화, 고도화하여 뇌지도 작성사업에 활용

□ 추진 목표

- 수준별 뇌지도(마이크로, 메조, 매크로)의 효과적 작성을 위해 현재 확보한 기술을 개선하거나, 신개념 기술을 개발하는 등 실제 지도사업에 활용 가능한 Toolkit 확보

기 확보한 뇌지도 매핑기술	확보 목표 기술
구조 뇌지도 작성기술	고속 자동 이미징 및 이미지 분석 기술
분자 뇌지도 작성기술	뇌세포 특이적 단백질 연결망 분석 기술
뇌기능 뇌지도 작성기술	세포/회로수준 뇌기능 측정/조절 기술
이종 이미지 정보 통합기술	멀티스케일 뇌지도 융합기술

□ 추진 전략 및 로드맵

- 특화뇌지도 작성을 가속화 할 수 있도록 이미 확립된 뇌지도 작성 기술의 개선기술 중심으로 기술 고도화를 수행함
- 창의적 신개념 지도 작성 기술을 상향식으로 발굴하여 지원



② 「미래선점 뇌융합 챌린지 기술 개발」 추진

- ◆ 세계적 비교우위 분야를 발굴하고 집중적으로 육성하여 융합형 미래유망 전략분야 선점을 위한 뇌지도 활용기술 개발

□ 「미래선점 뇌융합 챌린지 기술」 분야 도출

- 국내외 기술수요 예측과 파급력, 성장 가능성, 사회적 시급성 및 국내 연구기반 등을 고려, 미래선점 뇌융합 챌린지 기술 선정
- 원천기술 확보를 위한 목적지향적이고 체계적인 융합 연구를 통해 5년 이내 가시적인 실용화 성과 도출이 가능한 도전적인 경쟁분야

□ 뇌융합 챌린지 기술개발 추진내용(예시)

미래뇌융합 챌린지 기술(예시)	파급성	성장성	시급성	역량
① 단위 뇌세포 분자수준 이미징기술	●	●	●	●
② 미니뇌(오가노이드) 활용기술	●	●	●	●
③ ICT 융합을 통한 뇌기능 증진기술	●	●	●	●
④ 로봇팔 제어를 위한 뇌감각 신호 활용기술	●	●	●	●
⑤ 한국인 특이적 뇌질환 치료기술	●	●	●	●

① 단위 뇌세포 분자수준 이미징 기술(뇌융합 챌린지 기술 #1)

- 뇌기능 정밀이해와 질환규명을 위해서는 분자수준의 혁신적인 이미징 원천기술 확보가 관건이며, 국내에서 관련 선두그룹 연구인력군 확보
- 3차원 고해상도 멀티스케일 융합 이미징 기술 및 분석 S/W 개발
- ☞ 해외에 의존해 온 이미징 장비시장의 국내기술 기반을 강화하고, 이미징 장비 및 분석기술을 바탕으로 세계 시장 진입

② 미니뇌(오가노이드) 제작·활용기술(뇌융합 챌린지 기술 #2)

- 개인 맞춤형 기반의 뇌발달장애 및 질환 극복 연구를 위해서는 차세대 뇌질환 모델 확보 필요, 선진국 근접 기술경쟁력 확보
- 첨단 배양기술, 유전자 검사 및 편집 기술을 이용한 시간적·기능적·구조적으로 모사하는 미니뇌 제작 및 활용기술 개발
- ☞ 고효율 저비용의 약물유효성 분석 플랫폼 개발 및 상용화 가능

③ ICT융합을 통한 뇌기능 증진기술(뇌융합 챌린지 기술 #3)

- 개인맞춤형 예방·예측 미래의료 시스템 구현을 위해서는 뇌기능의 일상적 모니터링과 활용기술의 확보 필요, 국내 첨단 ICT 기술 적용 가능
- 가상현실(증강현실), AI등 ICT 기술을 활용하여 뇌기능을 감지하고 개인 맞춤형으로 평가 및 증재하는 시스템 개발

☞ 개인별 뇌질환 진단 및 처방 시스템을 통한 뇌질환 홈케어 서비스 구현

④ 로봇팔 제어를 위한 뇌-감각신호 활용기술(뇌융합 챌린지 기술 #4)

- 인체에 착용 가능한 재활 기기 개발을 위해서는 정밀 뇌신호 측정 및 분석을 통한 BMI 기술개발이 관건, 국내 관련 기반기술 확보
- 뇌신호를 이용한 정밀 기계 제어를 위해 기계로부터의 감각신호를 뇌로 전달하는 양방향 BMI 기술 개발

☞ 기계를 뇌신경신호와 직접 연결하여 자유롭게 움직이고 감각을 느끼는 첨단 웨어러블 로봇팔 구현

⑤ 한국인 특이적 뇌질환 치료기술(뇌융합 챌린지 기술 #5)

- 민족마다 특이한 유전체 다양성이 있기 때문에 **한국인의 특이성에 근거한 뇌질환 치료기술 확보** 필요, 한국선도 모델의 해외진출 가능
- 뇌영상 및 유전체 정보 등을 통합하여 뇌질환에 대한 **한국인의 약물 특이성 조사 플랫폼을 구축**, 부작용 감소 및 **치료효율 증대** 기술 개발

☞ 유전체다양성 및 줄기세포분야 연구와의 융합이 필요한 분야 지원을 통해 미래 정밀의학시장 선점

□ 추진전략

- 우리나라의 **혁신적 기술보유 현황(#1~4)** 또는 **한국적 특성(#5)**을 근거로 한 **실용화 가능한 아이템** 발굴로 사업화 촉진
- 산업체 수요조사 및 기술 수준, 민간투자 가능성 등을 반영하고 사업화 후속연구와 연계방안 추진
- ※ 기획연구 및 아이템 발굴 기획 시스템을 통하여 후속 추진과제 지속 발굴

뇌융합 챌린지 기술 #1

< 단위 뇌세포 분자수준 이미징 기술 >

대뇌 신경망의 분자수준 해석이 가능한 3차원 고해상도 멀티스케일 융합 이미징기술 개발 (신경세포생물학+광학기술 융합)

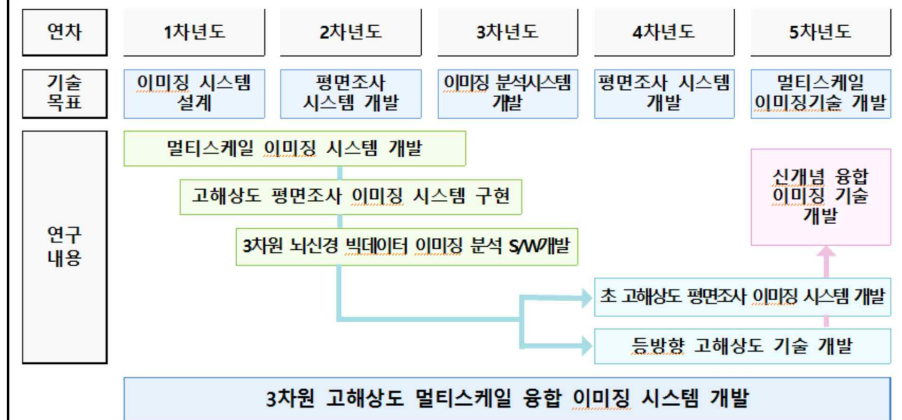
※ 해외 의존 이미징 시장을 국내기술 기반으로 전환하고, 미국, 유럽 및 일본 위주의 세계 바이오 이미징 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해서는 신개념의 3차원 고해상도 이미징 '원천기술 확보'가 중요

□ 추진 목표

- 대뇌 신경네트워크 맵핑 및 생체조직검사를 위한 신개념의 3차원 고해상도 멀티스케일 융합 이미징 기술 개발 및 기술 사업화

□ 추진 전략 및 로드맵

- 광역·협역 가변 배율 이미징이 가능한 3차원 고해상 멀티스케일 융합 이미징 시스템 및 영상왜곡 보정기술, 분석S/W 개발
- 가시적 연구성과(지식 재산권 출원, 논문 등)와 원천기술을 바탕으로 뇌과학 이외 생명과학 분야로의 확장 및 세계시장 진입 모색



뇌융합 챌린지 기술 #2

< 미니뇌(오가노이드) 활용기술 >

인간 뇌의 발달을 시간적, 기능적, 구조적으로 모사 가능한 **뇌 오가노이드 제작 및 분석 기술 개발 (신경발생학+줄기세포공학 융합)**

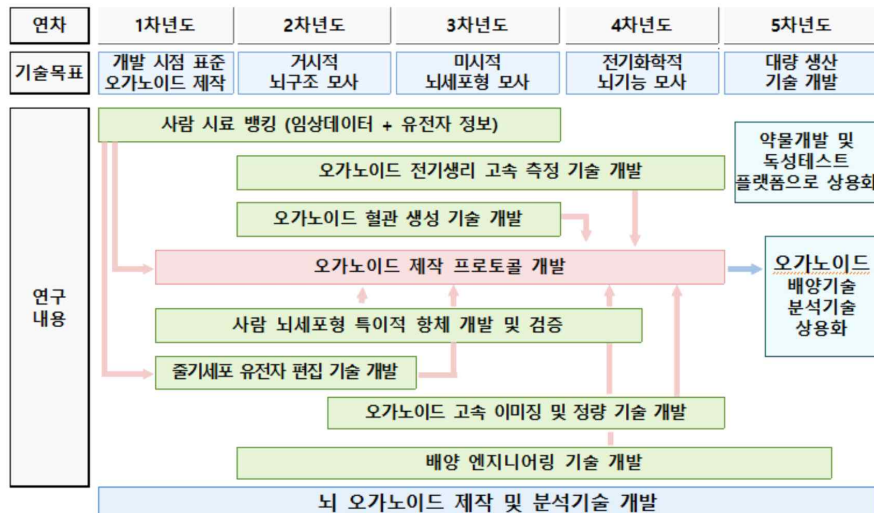
※ 첨단 미니뇌 제작 공정 개발을 위한 관련 임상 인프라, 사람 유전자 검사 기술, 유전자 편집 기술, 첨단 배양 엔지니어링 기술 개발

□ 추진 목표

- 인간 뇌 발달 단계별 뇌세포 종류, 구조, 전기적 특성, 연결성 등을 세계 최고 수준*으로 재현한 체외 인간 미니뇌 제작기술 개발
- * 배양 미니뇌의 안정성, 신경해부학적 및 전기생리학적 신호 검출 정도, 뇌질환모델 활용가능성 검증 등 선진국 대비 90% 이상 수준 도달

□ 추진 전략 및 로드맵

- 미니뇌 개발과 적용을 위하여 뇌과학, 신경발생, 유전학, 줄기세포 분야 전문가, 배양기술 공학자 및 임상의학자 간 협력체계 구축 필요
- 단계별 기술 경쟁력 분석을 통해 세계 최고 수준의 미니뇌 개발 목표달성에 기여할 수 있는 핵심 선도 기술을 지원



뇌융합 챌린지 기술 #3

< ICT 융합을 통한 뇌기능 증진기술 >

증강현실 및 인공지능 기술을 활용하여 **뇌노화·뇌퇴행을 감지하고, 개인 맞춤형으로 평가 및 증재하는 시스템 (뇌인지+ICT 기술 융합)**

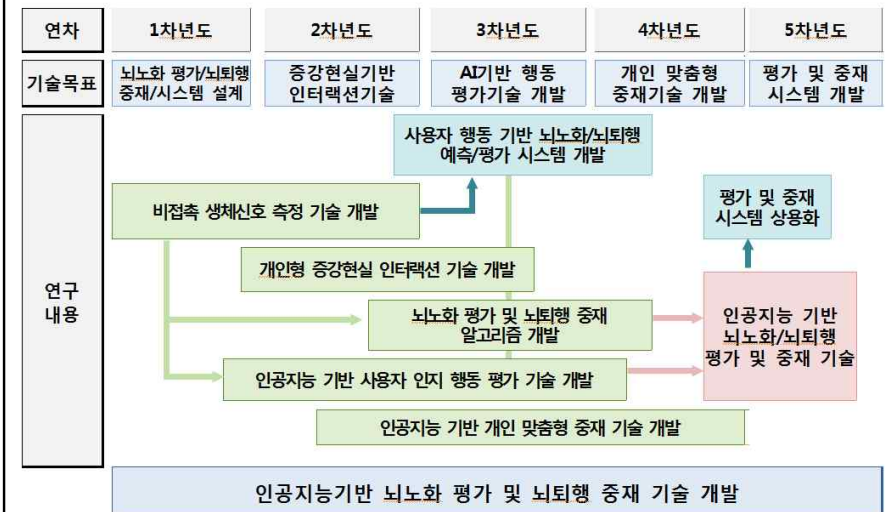
※ 증강현실·인공지능 기술은 개인 맞춤형 뇌노화·뇌퇴행 감지의 기반기술로서 저비용 고효율 개인 진단 및 처방 서비스를 위한 필수 요소

□ 추진 목표

- 뇌노화·뇌퇴행 관련 생체신호와 행동양상을 증강현실 인터페이스와 인공지능 기술로 평가하고, 개인 맞춤형으로 증재하는 시스템 개발

□ 추진 전략 및 로드맵

- 행동에 기반한 뇌노화·퇴행 증상 판별, 개인 맞춤형 진단 및 증재 서비스 제공을 위해 **증강현실 인터페이스 개발과 알고리즘 개발 병행**
- **융합 성과물 지향 프로젝트 수행**, 기술간 융합을 위한 미션 도출
 - 뇌노화·퇴행성 뇌질환 및 인간 인지의 다양성·복잡성을 고려하여 매 단계 융합연구 수요를 분석하여 분야간 융합적 연구를 촉진



뇌융합 챌린지 기술 #4

< 로봇팔 제어를 위한 뇌-감각신호 활용기술 >

인간 및 동물의 생체원리에 대한 과학적 이해를 기반으로 기술간 융합을 통한 통합시스템 개발 (뇌공학+로봇기술 융합)

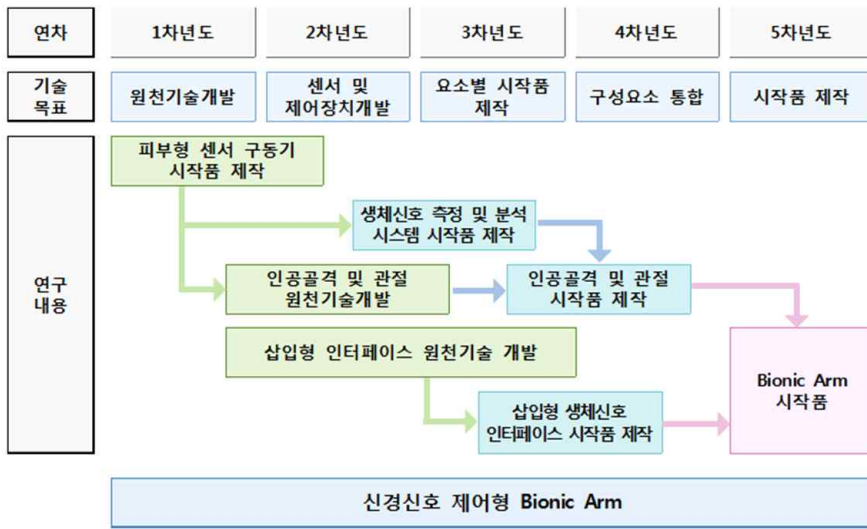
※ 인간의 손과 팔(arm)은 물체 조작성과 이동에서 최고난도의 모사 대상으로 기술이 개발되면 사이보그 렉(cyborg leg) 등 다용도로 활용가능

□ 추진 목표

- 인간의 피부, 근육, 골격·관절, 생체신호 및 소뇌 작동 메커니즘 등의 모사를 통해 **첨단 웨어러블 로봇팔 구현**

□ 추진 전략

- 인체에 적용 가능한 로봇팔 개발의 목표에 부합되도록 로봇공학과 뇌과학자의 유기적 연계 및 통합 추진
- 인공피부·근육, 인공골격·관절, 신경신호 제어기술, 삽입형 인터페이스 기술로 나누어서 시제품 제작 후 구성요소 통합
- 첨단 기술 기반 생체모사로 원천기술을 확보하여 지식재산권을 선점하고 기술 표준화 및 사업화 선도



뇌융합 챌린지 기술 #5

< 한국인 특이적 뇌질환 치료기술 >

한국인의 유전적 다형성에 기초하여 **한국인 맞춤형 뇌질환 진단 및 치료 기술 개발 (뇌질환+영상유전체학기술 융합)**

※ 정신질환, 운동신경계, 혈관성뇌질환, 기분장애 등 다양한 뇌신경질환의 정밀의학 구현에 필요한 원천기술

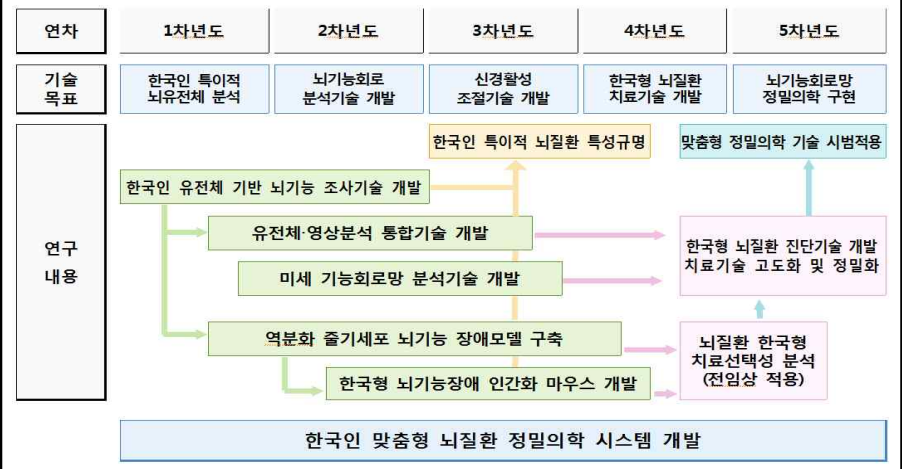
□ 추진 목표

- 융합 바이오타이핑 기반 뇌기능 투시기술과 기능회로 미세성형에 기반 한 정밀의학 기술 개발

□ 추진 전략 및 로드맵

- 맞춤의료의 정확도를 높이고 안정성을 검증하기 위해 유전자 분석과 함께 **모델동물 및 세포주 개발 등 관련 기술 개발을 병행하여** 추진
- 맞춤의료의 안전성을 높이기 위해 충분한 전임상 시험을 거친 후 임상서비스에 적용
- 목표 달성을 위하여 다양한 분야의 전문가*로 **연구유닛을 구성하고 탑다운으로 프로젝트를 관리**

* 정신과학, 신경생리학, 의공학, 정보의학, 분자신경생물 등 포함

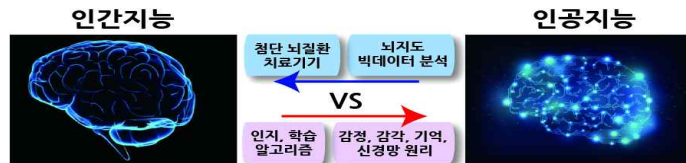


③ 차세대 N.I.-A.I. 연계를 위한 뇌연구 강화

◆ 뇌 연구의 결과를 인공지능망 모델링 및 우수 알고리즘 개발에 활용하여 보다 효과적인 뇌 유사 컴퓨터 시스템 구현 기여

□ 인간 뇌연구를 통하여 인공지능 발전을 위한 착안점(inspiration) 제고

- 세계적인 메가트렌드인 인공지능 기술의 도약을 위해서는 인간의 다양한 뇌기능을 매개하는 **신경회로와 네트워크의 이해 필요**
 - ※ 기존 인공지능 연구는 대부분 딥러닝 기반의 학습과 의사결정 연구에 집중하는 수준
- 인간 뇌의 작동원리 연구를 통한 **자연지능(N.I. : Natural Intelligence)**과 **인공지능(A.I. : Artificial Intelligence)** **연결이 돌파구**가 될 것으로 전망
 - 뇌모사 시스템 개발을 위하여 뇌 신경구조의 연결구조와 시냅스 활동원리를 인공지능에 접목시키는 심층적 융합연구 필요
 - 학습에 치중되어 개발된 인공지능 시스템의 약점을 감성, 감각, 지각판단을 담당하는 인간 뇌회로 연구의 접목을 통해 극복



□ 차세대 인공지능 분야 선점을 위한 'NI-AI 연계 R&D' 추진

- 차세대 인공지능 기술개발 경로를 고려하여 뇌연구가 기여할 수 있는 「4대 N.I.—A.I. 연계기술」 선정 및 연구 강화
 - ※ 현재 A.I.분야에서 부족한 부분을 보완 혹은 강화시킬 수 있는 뇌연구 기술
- 오감정보 융합기반 인간 뇌인식 수준의 인식기 구현 및 인간 뇌 고차원 인지기능을 모방한 인공지능망 모델 구현
 - 다중 감각정보에 대한 고성능 인식기와 인간 뇌의 기억·감성·의도·의사결정 등을 모방할 수 있는 차세대 인공지능망 모델 개발
 - ※ 실세계 응용을 위한 뇌기능 모방 고차인지 시스템 구현 기술

① 지각판단 회로 연구

- 감각정보가 수집된 이후 이를 종합하여 지각한 뒤 판단에 활용하는 인지기전의 신경회로를 밝히고 작동 원리를 규명
 - ☞ 현재 패턴인식 기술의 새로운 도약을 가져올 인간모사 패턴인식 알고리즘 개발에 기여

② 감각지능 통합 인지회로 연구

- 시각과 청각, 시각과 체성감각(촉각, 통각) 등 동시에 주어지는 감각정보를 통합하는 감각종합 신경회로망의 작동원리를 규명
 - ☞ 인공지능의 사물 및 상황인식 능력 강화, 보다 실감나는 가상현실 구현 기술개발에 활용

③ 감성지능 회로 심화 연구

- 감정, 동기, 선호 및 가치판단에 관련된 감성지능 신경회로 규명
 - ☞ 인간 두뇌와 유사한 원리로 감정을 느끼고 가치를 판단하는 사실적 인공지능 개발에 활용

④ 뉴런칩 활용 신경회로망 원리 연구

- 시냅스 수준의 초고분해능 신경신호 측정 기능이 집적된 뉴런 배열 인공뇌회로칩 개발
 - ☞ 다양한 타입의 세포배양과 인공적 연결을 통해 인공뇌회로를 구현하고, 이를 확장하여 신경세포로 이루어진 고집적 뉴로모픽칩의 개발에 활용

< NI-AI 연계 가능 분야 >

뇌연구 분야	연구내용	AI 연계 가능분야
지각판단 회로 연구	인간의 지각판단의 최적화를 위한 신경회로망 연구	공간·사물 인지 등 차세대 패턴인식 알고리즘
감각 지능 회로 다계층화 연구	두 개 이상의 감각정보를 동시 처리, 종합하는 뇌신경망의 신호 측정 및 제어 기술 연구	다중감각 정보처리 알고리즘
감성 지능 회로 심화 연구	두뇌 감성영역 신경회로 및 작동 원리 규명 연구	생각하고 느끼는 인공지능 개발
뉴런칩 활용 신경 회로망 원리 연구	신경세포간 다중 연결로 형성된 신경회로망 연구용 뉴런칩 개발 연구	고집적 뉴로모픽칩

NI-AI 연계기술 #1

< 지각판단 회로연구 >

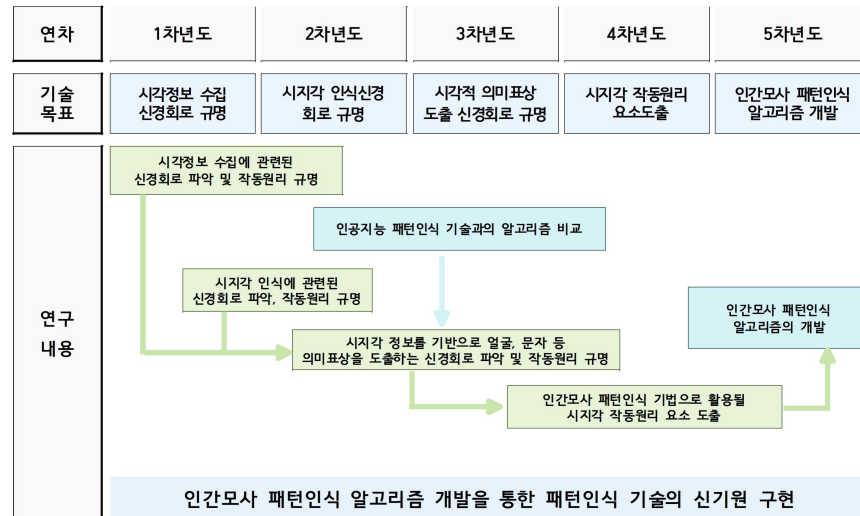
인간의 지각판단 신경회로의 연구 → 인공지능의 모델링 및 패턴인식 알고리즘 진보에 기여

□ 추진 목표

- 감각정보 수집 후 종합적 판단 등 인지기전의 신경회로를 밝힘으로써 현재 패턴인식 기술 중 인간모사 패턴인식 알고리즘 개발에 기여

□ 추진 전략 및 로드맵

- 인간의 정보수집 및 지각과 판단에 관련된 신경회로를 밝히고 그 작동 원리를 규명
 - 시각정보의 수집 단계, 시지각(visual perception) 인식단계(도형, 패턴 등), 시각적 의미표상의 도출(문자, 얼굴 등)로 단계별 접근
 - 인공지능 패턴인식에 활용될 시지각 작동원리 요소를 도출하여 적용
- 인간의 지각, 판단 신경회로의 작동 형태를 현재의 인공지능 패턴인식 알고리즘과 비교하여 새로운 인공지능 패턴인식 알고리즘 개발



NI-AI 연계기술 #2

< 감각 지능 통합인지 회로연구 >

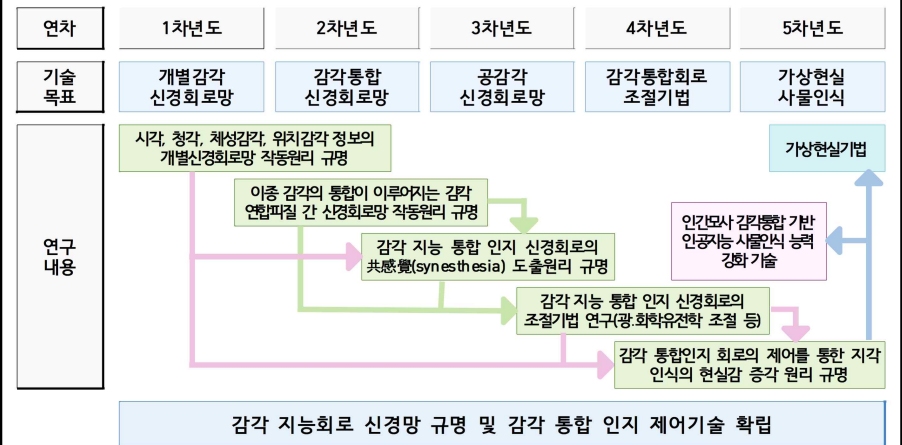
동시에 주어지는 감각 정보를 통합하는 뇌회로 규명 및 작동 원리 연구 → 감각 제어 및 모사를 위한 다중감각 정보처리 기반기술에 기여

□ 추진 목표

- 시각과 청각, 시각과 체성감각 등 감각정보를 통합하는 인지 신경회로망의 작동원리를 규명하여 뇌자극 기법에 활용
 - 동시에 주어지는 감각정보는 각각 다른 경로로 처리되지만 곧 통합되어 인식됨에 착안하여 감각종합 신경회로망의 작동원리 규명

□ 추진 전략 및 로드맵

- 이중 감각의 통합이 이루어지는 감각연합 신경회로망과 공감각 신경회로의 작동원리를 단계별로 규명
- 감각 신경회로를 조절할 뇌자극 기법을 연구함으로써 현실감 증강 기술의 개념과 접근전략 제공
 - 인공지능의 사물 및 상황인식 능력 강화, 보다 실감나는 가상현실 구현 기술개발에 활용



< 인간 감성지능 회로 연구 >

두뇌 감성영역 신경회로 및 작동 원리 규명 연구 → 인간처럼 생각하고 느끼는 인공지능 개발에 기여

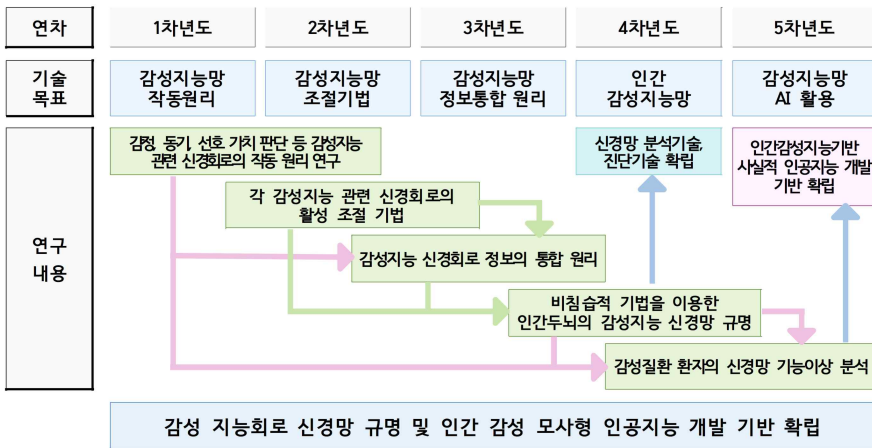
※ 딥러닝 같은 인간 두뇌와 유사한 원리로 기능하는 인공지능을 위해서는 인간 감성영역 신경네트워크의 작동원리 기반의 알고리즘 개발이 필수

□ 추진 목표

- 인간 감성지능 회로의 실체와 기능을 규명하여 인간 두뇌와 유사한 원리로 감정을 느끼고 가치를 판단하는 인공지능의 개발에 기여

□ 추진 전략 및 로드맵

- 동물모델 및 인간 대상의 침습적·비침습적 연구를 통해 감정, 동기, 선호 및 가치판단에 관련된 감성지능 신경회로와 작동원리 규명
 - 뇌과학, 의학, 컴퓨터공학 등 다양한 기초 및 응용 분야의 접목이 필수적으로 각 분야별 연구팀간 다학제적 공동연구 진행
- 인간과 동물의 감성지능 회로의 작동원리를 모사한 감성적 인공지능 알고리즘 개발로 인간처럼 느끼고 판단하는 인공지능 개발에 기여



< 뉴런칩 활용 신경회로망 원리 연구 >

신경세포간의 네트워크 구성 원리 연구 → 인공뇌회로 구현 및 차세대 인공지능 알고리즘 개발에 기여

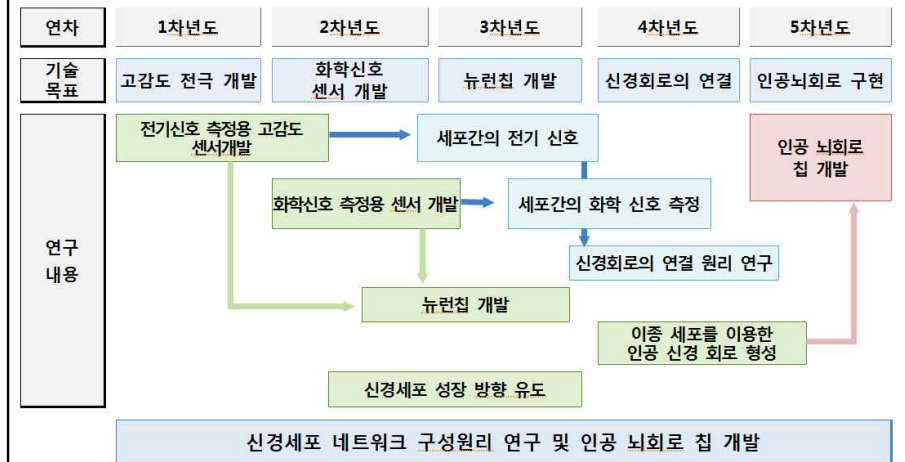
※ 신경세포간의 연결을 밝히기 위하여 전기적, 화학적 연결성을 정밀하게 측정하고, 인공 뇌회로를 구현하기 위한 새로운 형태의 플랫폼 필요

□ 추진 목표

- 시냅스 수준의 초고분해능 신경신호 측정 기능이 집적된 뉴론배양 인공뇌회로칩 개발
 - * 기존 광학현미경 기반 이미징 장비대비 100배의 감도와 1,000배의 속도

□ 추진 전략 및 로드맵

- 고밀도 전극 및 화학센서 어레이가 집적된 뉴론배양 플랫폼을 통해 인공적으로 구현된 시냅스 연결을 전기·화학적으로 연구
- 다양한 타입의 세포를 배양하고 인공적인 연결을 통해 인공 뇌회로를 구현하고 이를 확장하여 신경세포로 이루어진 인공 뉴런칩 개발



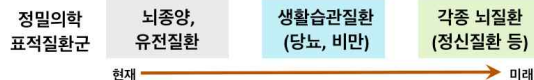
◆ 사회적으로 중요한 이슈로 대두된 뇌질환에 대응하여 첨단 기술을 도입한 연령대별 개인 맞춤형 뇌질환 극복기술 개발

○ 연령대에 따라 고통을 겪는 주요 뇌질환에 대한 맞춤형 해결을 목표로 기전규명, 진단장비 및 종합적인 진단·치료기술 등 개발

- 그동안 청·장년 및 노년기 질환 중심 R&D 투자로 인해 전체적으로 미흡한 **소아청소년기 질환(자폐, 정신지체 등)에 대한 연구지원 확대**

세대별 맞춤형 뇌문제 해결을 위한 R&D 추진

- * (예시) 약물중심에서 벗어나
초정밀 뇌회로 제어 기기를
활용한 질환 관련 뇌회로
자극기술 보급



- (연계성) 뇌과학원천사업을 통해 구축된 조기진단·예측을 위한 핵심 기술을 응용하여 정밀의학적 진단예측 시스템으로의 신속한 전환
- (차별성) 기존 단편적 이미징·오믹스 연구를 벗어나 통합적 오믹스 정보, 행동 데이터 및 약물반응성까지 포함된 개인맞춤형 진단·예측·예방·치료기술 개발(단기적)과 뇌지도로부터 얻은 구조 및 기능에 대한 데이터 활용기술 확보(장기적) 필요

기존 대형과제 연구목표

[치매조기진단과 예측을 위한 뇌지도 및 융합기술 개발]

(연구목표) 치매 영상, 혈액, 유전체 분석에 기반을 둔 치매 조기진단 및 예측 융합기술 개발 및 실용화

[인터넷·게임 중독의 뇌과학적 원인 규명을 통한 스마트 헬스케어 시스템 개발]

(연구목표) 인터넷·게임 중독의 뇌과학적 기전규명 및 스마트기기 기반의 진단/예방/치료를 위한 스마트 헬스케어 시스템 개발

[외상후 스트레스에 따른 뇌인지 장애 극복]

(연구목표) 뇌인지과학 기반의 외상후 스트레스 대응을 위한 조기 예측 및 조기 개입 기술 개발

[구조·기능기반 뇌발달장애 진단을 위한 장비개발 및 유용성 검증]

(연구목표) 뇌발달 장애의 조기 진단 기술 및 장비 개발

그림 설명

뇌질환 극복 심화연구 #1

< 자폐·ADHD 등 정서관련 뇌질환 극복 기술개발 사업 >

유전적 이질성을 갖고 있는 정서관련 뇌질환 극복을 위한 위험인자 스크리닝과 행동 모니터 스크리닝 등 조기진단 기술개발

※ 행동학적 관찰 진단법 이외의 활용가능한 진단법이 없으므로, 위험인자를 발굴하고, 장기간 행동모니터링 기술을 통해 과학적 조기진단 가능

□ 추진 목표

- 유전자 군, 위험인자 등에 관한 유전체 정보 등을 통합하고 행동 추적 모니터링 기술개발로 조기진단 시스템 구축 및 치료기술 개발

□ 과제 내용

- 위험인자 군 기반 정서질환 예측 시스템 구축
 - 환자에서 유래한 임상 정보와 실험동물 등 모델시스템을 기반으로 도출한 공통기전을 바탕으로 신규 조기진단 바이오마커 도출, 검증
 - 임상시료에 적용 가능한 진단키트 개발(바이오마커 기반 진단 및 진행 정도 정량화/분석)
 - 환경적 요인 등 포괄적인 위험인자(comprehensive risk factor)와 전구 증상을 집적한 정서관련 뇌질환 예측 DB 구축
- 정서관련 뇌질환 행동학적 진단 및 치료 기술 개발
 - 다양한 위험인자에 따른 정서관련 질환의 발병시기 및 행동 추적을 위한 동물모델 구축
 - 웨어러블 디바이스를 이용한 실시간 행동 모니터링을 통한 질환 예측 및 진행 모니터링 시스템 구축
 - 뇌심부자극술, MRI연계 초음파, 바이오 마이크로 로보틱스를 이용한 치료기술 개발

뇌질환 극복 심화연구 #2

< 개인맞춤형 뇌질환 극복 기술 개발 >

개인 특성을 고려한 효과적인 뇌질환 극복을 위하여 정밀의학 개념을 뇌질환에 적용한 차세대 의료 및 연구 연계 시스템 구축

※ 환자 개인의 특성과 질환의 복잡성을 고려한 개인별 맞춤형 제어기술 개발로 뇌질환 극복의 혁신계기 마련

□ 추진 목표

- 차세대 정밀의학의 뇌질환 분야 적용을 위한 제반 기술을 확보하고 학연병산 연계를 강화하여 의료-연구 연계시스템 구축

□ 과제 내용

- 오믹스학을 이용하여 多유전자변이 및 多단백질이상 변이 조합을 테스트할 수 있는 복합진단기술 개발
 - 뇌전증, 뇌종양 등의 진단이나 증상정도를 판단할 수 있는 척도로 사용할 수 있는 바이오마커 기반 진단기술 개발
 - 약물유전체학 및 영상유전학 기술 개발을 통한 개인별 질환 진단 및 특정약물에 대한 효능 검사
 - 개인 질병 관련 유전자를 분석하여 특정 질병의 발병 위험도를 미리 예측할 수 있는 특정약물 효능검사
 - 뇌심부 자극기술 및 뇌기능 활성측정을 이용한 뇌회로 기반의 초정밀 치료기술 및 약물 투여 기술 개발
 - 뇌파전이 기록(EEG), 행동추적 장치 등을 이용한 행동 데이터 표준화 기술 개발
 - 증상이 일어나는 환경, 상황, 시간 등의 예측을 가능케하여 증상전 조치가 가능하도록 함
- ※ 정밀의학적 개념 도입을 필수로 하는 학·연·병 네트워크를 유도하되, 구체적인 질환군은 공개경쟁을 통하여 선정

2 뇌연구 생태계 내실화

□ 향후 뇌연구 생태계 발전 방향

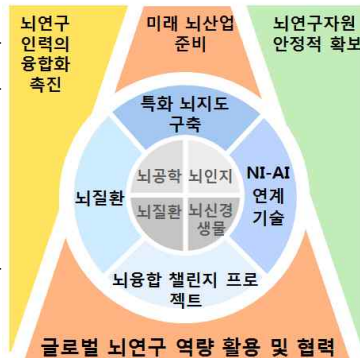
- ☞ R&D 고도화 전략·과제 추진을 위해 인력, 연구 인프라·제도, 협력 시스템, 산업기반구축 등 생태계 내실화 방안의 유기적 연계 추진

① 뇌연구 인력의 융합화 촉진

- 미래 뇌연구 R&D 추진에 필요한 융합형 연구인력을 양성하기 위한 다양한 양성 프로그램 추진

② 뇌연구 자원의 안정적 확보

- 뇌연구 경쟁력 확보를 위해 인간 뇌조직 확보와 DB 플랫폼 구축 및 고가 연구장비의 공동 활용 촉진



③ 글로벌 뇌연구 역량 활용 및 협력

- 뇌융합연구의 수월성 확보를 위해 국내 연구자간 협력체계를 강화하며, 주도적으로 국제협력 대상 발굴 및 네트워크 구축
 - 글로벌 뇌지도 컨소시엄 구성 추진 및 참여, 아시아 Brain Initiative 구성·운영 등 국제협력 리더십 강화

④ 뇌분야 미래산업 준비

- 조기 사업화 가능한 분야 중심의 제품 개발 지향형 연구개발 추진 및 뇌연구·산업 클러스팅 촉진을 통한 산업화 기반 구축
 - 우수 뇌과학 R&D 성과의 조기 실용화 기반 확보 및 뇌연구·산업 클러스팅 촉진으로 산업화 기반 구축

1 뇌연구 인력의 융합화 촉진

◆ 미래 뇌연구 R&D 추진을 위한 최적의 융합형 전문연구 인력양성을 위하여 다양한 중·단기 및 장기 양성 프로그램의 확대·운영

□ 뇌융합연구 특화 학연 교육연구 프로그램 강화·확산

- 뇌연구특화 학연 프로그램을 통해, 대학의 교육과 출연(연)의 연구경험이 시너지를 일으키는 현장형 뇌연구 전문가 양성 프로그램 확대
 - 대학의 전공 교육과 출연(연)의 국가사업 참여 기회를 동시 제공
 - * 고려대-KIST 공동학위 프로그램, 한국뇌연구원-DGIST 학연 협력 프로그램
 - 권역별 허브기관 중심으로 학연 프로그램 확대 운영
 - * 수도권(KIST, IBS 연구단), 대전권(IBM), 경상권(한국뇌연구원)

◆ (사례) DGIST·한국뇌연구원의 협동 프로그램

- 학위기간중 DGIST(뇌인지과학과)에서 필수교과목을 이수하고, 뇌연구원에서는 국가사업에 참여함으로써 현장형 전문가 육성
 - 한국뇌연구원에서 연구 참여, DGIST학위 취득
 - 뇌연구 분야의 특화된 인력 양성에 주력
 - 국가 대형 뇌연구 사업 참여, W역 인재 육성



□ Hub-Spoke 모델 운영을 통한 국가 연구역량 응집

- 뇌연구에 있어 뇌지도구축 등은 Hub(중심 연구단)와 다수 Spoke(개별 연구실) 구조의 협력체계 구축과 역할 분담 및 융합화 촉진

Hub (중심연구단)*	Spoke (개별연구실)
<ul style="list-style-type: none"> · 뇌지도 핵심 인프라 확보 · 뇌지도 작성 기술 표준화 · 데이터 집적·공유 플랫폼 운영 	<ul style="list-style-type: none"> · 고속 자동이미징 기술개발, 오픈 뇌지도 정보획득 · AI기반 이미지 자동 분석기술 개발 · 구조 뇌지도 정보 획득, 신경 입출력 기술 개발 · 기능/행동 뇌지도 정보 획득 등

* (예시) 뇌지도 작성 시 한국뇌연구원은 고위뇌기능 데이터, KIST는 질환 데이터 생산

- (Hub) 장기적 연구성과 및 데이터 집적을 위해 출연연이 허브역할 수행
 - 사업평가는 객관성 확보를 위해 전문 연구관리 평가기관이 실시
- (추진방법) 뇌연구기관 협의체를 통한 기관간 역할분담, 참여기관 (Hub-Spoke)간 MOU체결 등을 통하여 효율적 협업체계 구축

□ 뇌융합 전문학과 학위과정 및 프로그램 확대 (장기)

- AI·컴퓨터·계산과학 등 **이중 분야와의 융합 인재양성**을 위한 **학부 및 대학원 프로그램 확대** 유도
 - * 최근 국내 뇌융합관련 학부과정(이화여대, '15년) 신설, 최근 20여개 대학원 과정중 KAIST, DGIST 등 소수만이 학제융합형으로 운영 중
- 맞춤형 정밀진단 융합형 뇌연구 의학자 양성을 위한 **뇌의과학자 양성 프로그램 설치 및 운영 내실화**
 - 의과대학내 의학자, 기초연구자, 공학자 등 연구그룹을 조직하여 의학자가 기초연구 및 공학기술을 배울 수 있는 프로그램 마련
 - * 예) KAIST 의과대학대학원, 의사과학자 공동연구 프로그램, MRC 확대 개편 등
 - 학위과정 이후 뇌의학분야 중개임상연구 전문가양성 지원 확대(복지부)
- 뇌질환의 병리학적 진단에 최적화된 의사 확보를 위해 뇌은행사업 및 뇌은행 네트워크병원을 통한 신경병리의사의 양성 및 교류증진
 - 신경병리보드 설립, 신경병리플랫폼 구축, 신경병리 집담회 개최 등
 - * 현재 국내 신경병리학자는 약 10여명에 불과
- 뇌연구 관련 대학중점연구소 지원을 통한 신진인력 양성(교육부)

□ 전문가 특화 교육 프로그램 운영 (단중기)

- 특화기술 워크숍 등 **단기 융합형 인력양성 프로그램 운영**
 - * 뇌투명화기술, 3차원 전자현미경 이미징 및 분석기술, 뇌기능-행동 분석 기술 등 정기적 워크숍 개최(년 2회)
- 뇌연구 관련 선도연구센터(MRC 등)는 융합형 전문인력 양성이 가능하도록 연구분야·연구방법 등 운영

□ 해외 우수 전문가 유치 및 국내연구자 교류 확대 (단중기)

- N.I.-A.I. 연구, 영상류 연구 등의 국내 부족 기술의 충족을 위한 **전략적 우수 해외 인재 유치 프로그램 운영**
 - * AI를 이용한 초정밀뇌지도 이미징 분석기술 전문가 유치('15, 한국뇌연구원)
- 브레인폴 프로그램 운영, 젊은 뇌과학자의 단기 국제교류 확대, 한인과학자협회 학술대회 지원 및 산·학·연 설명회 개최 등 추진
 - * 미국 한인과학자협회 연차대회 및 UKC, SFN-AKN(미신경과학회 한인신경과학자모임) 지원
- 우수 해외 韓人과학자 및 외국인 과학자들과 공동연구 활성화를 위한 **국제협력 네트워크 구축, 해외 현지형 위탁·공동연구 확대**

② 뇌연구 자원의 안정적 확보

-
- ◆ 뇌연구 경쟁력 확보를 위하여 인간 뇌조직을 확보하고 DB 활용의 증대를 위한 플랫폼과 첨단장비 구축 및 장비의 공동활용 촉진
-

□ 연구용 인간 뇌조직의 안정적 확보

- 한국뇌은행 활성화 및 병원 이외의 연구기관에서 뇌조직을 이용한 뇌연구가 가능하도록 제도개선, 뇌은행 운영규정 및 윤리지침 등 마련
 - 뇌조직을 이용한 뇌연구가 활성화 되도록 지원·관리체계 마련
 - * 뇌조직을 포함한 시신 유래물에 대한 잠재적 감염가능성 차단 등 안전성 확보·관리체계 마련

□ 뇌연구 데이터 공동활용 플랫폼 구축

- 산발적으로 집적되고 있는 국내 뇌연구 데이터를 모아서 뇌정보 DB 활용 증대를 위한 **표준화된 데이터 포털 플랫폼 구축**
 - 기능성 뇌지도 데이터 및 유전자 발현, 뇌세포 단백질 연결 이미지 등을 집적한 지능형 DB 서비스를 통해 **융합 연구정보의 공유**
 - * 美 알렌연구소는 메조 뇌이미지, 유전자 발현, 전기활성 데이터 등을 집적하여 DB와 소스코드를 오픈 데이터 플랫폼으로 제공

□ 국가 뇌연구장비 개방 및 공동활용 촉진

- 뇌관련 고가 연구장비를 보유한 대학·출연(연)을 중심으로 연구 장비의 공동활용을 통한 사업추진의 효율성 제고
 - * 7T MRI(가천대, KBSI, IBS 이미징사업단 등), 전자현미경(표준연, KBRI 등)

□ 세계 선도형 초정밀 뇌지도 작성을 위한 인프라 구축

- 초고속 마이크로 스케일 이미징 장비 도입 등 **첨단장비의 구축**을 통하여 뇌지도 분야의 세계적 경쟁력 확보 필요 (장비구축 90억원)
 - 뇌연구 경쟁력은 보유장비에 의존적이며, 특히 초정밀 뇌지도 작성 분야의 장비 의존도는 매우 높음
 - ※ 기존 장비에 비해 300배 이상 효율이 높은 최신 61빔 3D SEM 장비(50억)와 다수의 8빔 3D SEM 장비(10억, 4대) 도입 시급

3 글로벌 뇌연구 역량 활용 및 협력강화

◆ 글로벌 이슈를 해결하기 위해 국내 연구자/기관들의 협력체계를 강화하고, 적극적인 국제협력 대상 발굴 및 네트워크 구축

□ 글로벌 뇌지도 컨소시엄 구성 추진 및 참여

- 메조-마이크로 스케일의 통합된 멀티스케일 지도 작성을 위하여 표준화 기술 보유 기관(알렌과 자넬리아 연구소 등)과 협력 강화
 - ※ 알렌, 자넬리아 연구소 등과의 협력을 통해 뇌지도작성 표준화기술과 DB 구축을 위한 노하우 확보를 위해 '16년 하반기 중 협의 예정
- 뇌연구 컨퍼런스 참여로 뇌과학 R&D에 대한 전략 및 정책분야 협력
 - ※ '16.9월, 국가 뇌과학 R&D 컨퍼런스 뉴욕 개최 예정

□ Asia Brain Initiative 추진

- 뇌지도 작성 기술 표준화와 뇌지도 공유 등 목적지향적인 전략적 네트워킹을 위해 Asia Brain Initiative 주도적 추진
 - 일본은 마모셋 뇌지도 및 중국은 영장류 질환모델을 이용한 메조 스케일의 분자뇌지도 작성 추진
 - (한국) 다양한 영장류 질환모델을 일본·중국과 공유하고 메조-마이크로 멀티스케일 기술을 제공함으로써 아시아 뇌지도 작성 주도
 - ※ 申신경과학연구소(ION) 및 RIKEN BSI와 하반기에 구체적 추진계획 협의예정(KBRI)

□ 뇌연구에 부합하는 다양한 국제협력 추진

- 강점기술 전략분야에 있어 국제 뇌연구 컨소시엄 및 학술대회 구성·운영을 주도함으로써 국제협력 리더로서의 활동 강화
 - ※ 뇌융합 챌린지 분야를 중심으로 한국이 주도하는 중·소규모 국제 컨소시엄 발족
- 세계 뇌은행과 협력을 통해 인간뇌 조직을 확보하여 인간 뇌지도 작성을 가속화하고, 우리의 강점기술을 확산하는 기회로 활용
 - 한국뇌은행의 MOU체결 기관과 은행운영 및 조직처리 표준화 기술(네덜란드), 인간단백체 공동연구(브라질), 뇌조직공유(일본) 협력 강화
 - KOICA 의료지원사업(캄보디아) 및 방문프로그램 참여 연구자(몽골, 신경병리학자) 등을 통한 해외 병원과의 뇌은행 네트워크 사업 확산
 - ※ 신규협력 가능한 국가의 뇌은행(몽골, '16.9월 예정 등)을 발굴하여 협력 추진

4 미래 뇌산업 준비

◆ 뇌 관련 제품의 조기 사업화를 위한 제품개발 지향형 연구개발 기획, 컨설팅 지원 및 뇌연구·산업 클러스팅 촉진

□ 다양한 뇌산업화 모델·사례 창출

- 뇌연구 분야중 **조기사업화가 가능한 분야**는 R&D 초기부터 기업 참여를 적극 유도하고 제품개발 지향형 연구개발 기획 및 수행
 - 특히, 산업화 가능성이 높은 뇌연구 장비 및 재료인 뉴로틀* 신규 개발을 사업화로 연계하는 **Lab-to-Bench R&D 사업** 중점 추진
 - * 챌린지기술 연구성과인 연구장비(고해상도 현미경, 분석 소프트웨어 등), 연구 재료(뇌질환 마커 항체, 특수동물모델 등)를 포함하는 뇌연구 핵심 기술
- **뇌관련 콘텐츠를 ICT 산업에 결합시켜** 뉴로마케팅 등에 활용
 - ※ 뇌지도 DB, 인간의 고위뇌기능 신경망 운영원리 등 활용
- 뇌연구로 도출된 우수 성과, 논문, 특허 등 분석을 통해 실용화 및 사업화가 가능한 기술 발굴 및 연구자 컨설팅 지원 시스템 도입

□ 뇌연구·산업 클러스팅 촉진

- **(온라인 클러스팅)** 허브에서 집적한 뇌 관련 빅데이터를 활용하여 공공 및 기업 등 수요자를 위한 웹기반 **데이터 공유 시스템** 구축
- **(오프라인 클러스팅)** 인프라-인력-뇌기술 활용기업이 결합된 **소규모 뇌연구·산업 클러스터** 조성 및 뇌연구 관련 **창업 촉진**
 - * 창업기업에 입주공간 제공, 첨단장비·전문인력·맞춤형교육 등 근접지원
- **뇌중심의 의료산업 클러스터** 육성을 통하여 국가차원의 뇌연구 성과가 산업으로 연계될 수 있는 **사업화 기반 확립**
 - 인프라자원(재료 및 장비 인프라, 기술 및 행정지원), 병원, 연구소, 관련 기업이 밀집된 특화지역 중심으로 실용화 연구 수행

(美國 사례) Mayo Clinic: 비영리 병원, 인구 10만명의 미네소타주 로체스터 시 소재(주민 8만여명 메이오 클리닉 관련 직종 종사), 도시 전체가 의료산업으로 브랜드화 된 '메이오 인더스트리 타운'. 환자중심의 논스톱 진료서비스 및 기초-중개-임상-역학 연구 진행

V. 기대효과

◆ 미래 뇌연구 분야의 경쟁력을 확보함으로써 뇌의료산업 시장의 블루오션을 선점하고, 뇌연구 신흥강국으로 성장

□ 뇌과학의 우수성과와 이종기술 융합으로 국가산업 신성장 동력 제공

- 선택과 집중의 R&D를 통해 우수 연구성과를 도출하여 글로벌 경쟁력을 확보하고 뇌연구 신흥강국으로의 발판 마련
 - ※ 선진국들의 대형 뇌지도 사업 종료 시점에 맞추어 특화 뇌지도 2종 구축 ('23년), 뇌챗린지 기술(이미징, 미니뇌 활용, 로봇팔제어 등) 확보로 세계적 경쟁 우위선점
- 이종기술과의 융합 연구를 촉진하고 뇌산업 클러스터를 구축하여 미래 기술 기반의 신산업 창출 도모
 - ※ 다양한 감각회로 연구를 통한 AI 연계 핵심기술 개발로 신시장 개척

□ 정밀의학 발전으로 개인 맞춤형 뇌질환 극복

- 근거중심의 진단과 예측을 통해 치매, 우울증 등 주요 뇌질환에 대한 새로운 진단 기준과 치료전략 마련
 - 정밀의학 융합연구를 통해 뇌질환을 극복함으로써 국민의 불안과 경제·사회적 부담 해소
 - ※ 노인이 가장 두려워하는 질병: 치매(35.4%), 정신질환의 사회적비용 연 22조원
- 뇌지도 정보와 IT-NT-BT 기술을 통해 축적된 인공지능, 유전체 의학 기술 활용으로 신개념 뇌질환 진단 및 치료 플랫폼 구축
 - ※ IBM은 AI 로봇 '왓슨'을 개발, 150만원에 뇌종양 진단을 위한 서비스 개시

□ 뇌에 대한 근본적인 이해로 일상생활 및 미래 삶의 방식 혁신

- 뇌 연구를 통한 인간에 대한 이해의 증대는 소비행태, 영화산업, 건축 및 디자인 등 우리의 생활 전반에 긍정적 영향 확산
 - ※ 뇌반응 측정을 통한 브랜드 마케팅 전략(디자인, 화장품 색조, 광고시간 등)
- 인공지능, ICT, 로봇공학 등과의 융합으로 삶의 방식을 혁신할 수 있는 신경컴퓨터, 감성 및 재활로봇 개발 등 본격화
 - ※ 소프트뱅크의 감성인식 로봇 '페퍼'는接客 및 제품홍보 수행

□ 뇌연구 미래상(2023)

구분	중점 R&D		미 래 상
뇌 기 능 지 도 특 화	1 고위 뇌기능 특화 뇌지도	차별화된 특화 뇌기능 지도 구축	대한민국 뇌연구 신흥강국도약준비
	2 노화 뇌질환 특화 뇌지도		뇌작동 근본 원리 이해 기반 마련
	3 뇌지도 작성 고도화 기술개발		
미 챗 린 지 프 로 젝 트 뇌 응 용 합 트	1 단위 뇌세포 분자 수준 이미징 기술	뇌연구 분야 도약을 위한 미래 챗린지 요소 기술	신개념 뇌연구 플랫폼
	2 미니뇌(오가노이드) 활용 기술		뇌기능 증진 및 선택적 조절
	3 ICT 융합을 통한 뇌기능 증진 기술		뇌질환 정밀의학 기술확보
	4 로봇팔 제어를 위한 뇌-감각신호 활용 기술		
	5 한국인 특이적 뇌질환 치료 기술		
차 위 한 뇌 연 구 강 화	1 지각 판단 회로 연구	차세대 AI 분야 선점을 위한 NI-AI 연계	인간모방형차세대 인공지능알고리즘
	2 감각 지능 통합인지 회로연구		뇌모사 컴퓨터 시스템 구현
	3 인간 감성지능 회로 연구		뇌신호를 통한 가상현실 구현
	4 뉴런칩 활용 신경회로망 원리 연구		
뇌 질 환 극 복	1 연령대별 뇌질환 극복기술 개발	뇌질환 대응을 위한 진단 및 치료 기술	연령별뇌질환극복 사회 이슈 해결
	2 개인 맞춤형 치료기술 개발		환자 맞춤형 의료 산업

붙임1 해외 뇌연구 정책동향

[참고] 주요국 대형 뇌연구 프로젝트

□ 주요 국가별 뇌지도 작성 프로젝트 현황

○ ICT, 인공지능 및 빅데이터 기술을 기반으로 뇌지도 작성 사업수행

구분	미국	EU	일본	중국
계획	BRAIN Initiative('13)	Human Brain Project('13)	Brain/MINDS('14)	China Brain('14~'15년)
기간	'13년~'24년 ('13&'14년 시범사업)	'13년~'22년 ('13년 시범사업)	'14년~'23년	'16년~'30년
예산	5.5조원/10년	1.4조원/10년	300억원 /'14	-
최종 목표	뇌 신경회로 지도 작성을 통한 뇌기능 이해 및 뇌질환 극복 기술개발			
접근 방법 및 활용	뇌 연구 기술 개발 및 활용	ICT기반의 뇌모사 플랫폼 등 뇌연구 인프라 구축	비단원송이 뇌지도 작성연구 통한 뇌의 작동원리 이해 도모	영장류의 메조스케일 뇌지도 작성
중점 분야	-세포타입 연구 -신경활성 모니터 -신경회로도 작성 -정밀활성 조절법 -이론 신경과학 -인간 신경과학	-뇌작동원리 규명 -뇌지도 작성 -뇌 응용 개발	-해상도별 구조 및 기능 매핑 -매핑기술개발 -인간 뇌매핑 및 임상적용	-인지 기능 연구 -지능기술 개발 -생애주기별 뇌질환 연구


□ 뇌지도 DB를 활용한 오픈 데이터 플랫폼 제공

○ 알렌연구소는 마크로, 메조 수준의 뇌영상 및 뇌이미지 데이터를 집적하고, 분자/구조/기능 뇌지도 DB를 오픈 데이터 플랫폼으로 활용
- DB접속 이용자는 월간 약 5만명. Nature 등에 4편 이상 논문이 발표되었고 각 논문의 피인용 횟수는 약 3천회

※ 알렌연구소는 오픈데이터 플랫폼 구축을 위해 5천억원 투입('03~'14년), 뇌지도 작성을 위해 BRAIN Initiative 사업으로 연간 600억원씩 투입


미국-브레인 이니셔티브('13)

- (연구목표) 인간 행동 연관 신경회로 지도 작성 및 신경 활동 패턴의 이해
 - (인간 뇌 이해) 인간의 뇌를 이해하고 뇌 질환을 치료하기 위한 혁신적 기술 개발을 통한 통합적 뇌 연구 네트워크 생성 및 지원
 - (통합적 뇌 연구) 건강한 뇌와 질환 뇌의 활동이 어떻게 인지, 감정, 지각, 행동으로 변환하는지에 대한 방법을 규명하고, 다른 연구목표에서 생산된 새로운 기술적, 개념적 접근 방식 통합
 - (뇌지도 작성) 시냅스에서부터 전체 뇌에 이르기 까지 다양한 해상도의 신경 회로도(circuit diagram) 작성
- (기획 및 시범사업 기간) '13년 기획, 시범사업 '14~'15년
- (연구기간) '16~'25 (10년간)
- (소요예산) 10년간 총 45억달러(약 5.5조원) 투입

구분	미국- 브레인 이니셔티브										
최종목표	인간 행동 연관 신경회로 지도 작성 및 신경활동 패턴의 이해										
연구기간/예산	1단계(5년) 연 \$4억					2단계(5년) 연 \$5억					
	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	
	•핵심 요소기술 개발					•통합적 활용					10년간 총 45억달러(약5.5조원)투입
											
내용	핵심기술			R&D 과제				최종산물			
	<ul style="list-style-type: none">▶ 인간&동물대상 병렬적 연구▶ 다학제 간 협력▶ 공간과 시간 스케일 통합▶ 데이터 및 도구 공유 플랫폼 구축▶ 기술 평가 및 기술 보급▶ 신경 과학 연구의 윤리적 의미 고려▶ 과학 커뮤니티에 대한 책임감			7대 중점 R&D분야 <ul style="list-style-type: none">▶ 신경세포 다양성 규명▶ 뇌지도 작성▶ 뇌신경모니터링▶ 뉴런활동-행동 인과성 입증▶ 데이터 분석 기술 개발▶ 인간 뇌, 질환에 대한 이해▶ 신기술의 통합적 적용 및 활용				<ul style="list-style-type: none">▶ 뇌질환 치료법 개발 인간 세포 유형 타겟팅▶ 건강한 뇌 & 질환 뇌 차이 규명▶ 개인 맞춤형 뇌질환 치료▶ 신경 회로 원리 발견 의학 이해 통찰력 획득			
주관/참여기관			<ul style="list-style-type: none">▶ 정부기관 : NIH, NSF, DARPA, FDA, IARPA, WH 등 7개 기관▶ 참여기관 : 5개 민간재단, 2개 연구소, 7개 대학, 11개 회사 참여								

유럽연합-휴먼 브레인 프로젝트(13)

- (연구목표) 인간 뇌 구현 및 뇌질환 약물의 효과 예측 플랫폼 개발
 - (슈퍼컴퓨터를 통한 뇌의 구현) 인간의 뇌를 슈퍼컴퓨터에서 그대로 구현해 시뮬레이션하는 것을 목표
 - (통합 시스템 구축) 기초 연구, 임상 연구 및 신약 개발을 위해 접근 가능한 6개 연구플랫폼의 통합 시스템 구축
 - (뇌연구의 패러다임 전환) 전략적 데이터 수집에서부터 이론 및 기술 솔루션 개발에 이르기까지 13개 과학 하위 프로젝트 구성
- (연구기간) '13~'22 (10년간)
- (소요예산) 10년간 총 10억유로(약 1.4조원) 투입

구분	유럽연합-휴먼 브레인 프로젝트													
최종목표	인간 뇌 구현 및 뇌질환 약물의 효과 예측 플랫폼 개발													
연구기간/예산	1단계(2.5년)				2단계(7.5년)									 10년간 총 10억유로 (약1.4조원) 투입
	'13	'14	'15	'16	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23		
	• 통합적 연구시스템 구축				• 핵심 요소기술 개발									
내용	핵심기술				R&D 과제									최종산물
	<ul style="list-style-type: none">표준화된 시뮬레이션 프로토콜데이터기반 신경정보 플랫폼고기능 컴퓨팅 기술임상데이터 처리 시스템뉴로모픽 머신러닝 및 인지 컴퓨팅 기술뉴로로봇				<ul style="list-style-type: none">뇌작동 원리 규명뇌지도 작성ICT 응용 뇌 시뮬레이션 (1000억 개에 달하는 뇌신경 세포와 그 수천배에 달하는 연결구조, 뇌의 체계와 작동원리까지 정교하게 모사)									<ul style="list-style-type: none">뇌 모델 구축에 필요한 인간 뇌 구조 및 기능 데이터 생성뇌 조직화에 대한 기본 원리 규명뇌 시뮬레이션을 위한 ICT 플랫폼
	주관/참여기관				<ul style="list-style-type: none">주관기관 : 유럽위원회(EC)참여기관 : 24개국 112개 신경과학, 컴퓨터기술, 의학분야 대학과 연구소									

일본-Brain/MINDS (14)

- (연구목표) 영장류 뇌 이해를 통한 인간 뇌 이해 증진 및 뇌질환 극복
 - (마모셋 원숭이 뇌지도 작성) 해부학 기반의 매크로, 메조 및 마이크로 관점의 뇌지도 작성
 - (뇌 지도 작성을 위한 최첨단 기술개발) 새로운 신경활동 제어 기술, 이중 및 멀티스케일 데이터 통합을 위한 신경정보학 솔루션 등
 - (퇴행성 신경질환, 혈관성 뇌질환 및 신경재활 환자 임상 연구) 다기관 환자 유래 자기공명 영상(multi-cente patients-derived MRIs) 및 기타 바이오 마커 데이터베이스를 생성하고, 마모셋 연구에 피드백 제공
- (연구기간) '14~'23 (10년간)
- (소요예산) '14년 30억엔(약 300억원), '15년 40억엔(약 400억원)

구분	일본- Brain/MINDS											
최종목표	영장류 뇌 이해를 통한 인간 뇌 이해 증진 및 뇌질환 극복											
연구기간/예산	‘14~’23(10년간)										10년간 1차년도 ¥30억, 2차년도 ¥40억 투입	
	‘14	‘15	‘16	‘17	‘18	‘19	‘20	‘21	‘22	‘23		
• 영장류 뇌지도 작성을 위한 기반 기술 개발												
내용	핵심기술			R&D 과제						최종산물		
	▶ 새로운 신경활동 제어기술 ▶ 이중 및 멀티스케일 데이터 통합을 위한 신경정보학 솔루션 ▶ 다기관 환자 유래 자기공명 영상(multi-cente patients-derived MRIs) ▶ 바이오마커 DB 형성			▶ 마모셋 원숭이 뇌지도 작성 ▶ 뇌 지도 작성을 위한 최첨단 기술개발 ▶ 뇌질환 진단 및 치료 핵심 요소기술 개발						▶ 영장류 뇌지도 작성 ▶ 지도작성 기반 기술개발 ▶ 뇌기능 정보 제공 ▶ 뇌질환 극복을 위한 임상연구		
	주관/참여기관			▶ 정부기관 : 교육과학기술부(NEXT) ▶ 참여기관 : 이화학연구소(RIKEN), 뇌과학연구소(BSI), 게이오 의대, 도쿄대 의대								

중국-China Brain('16)

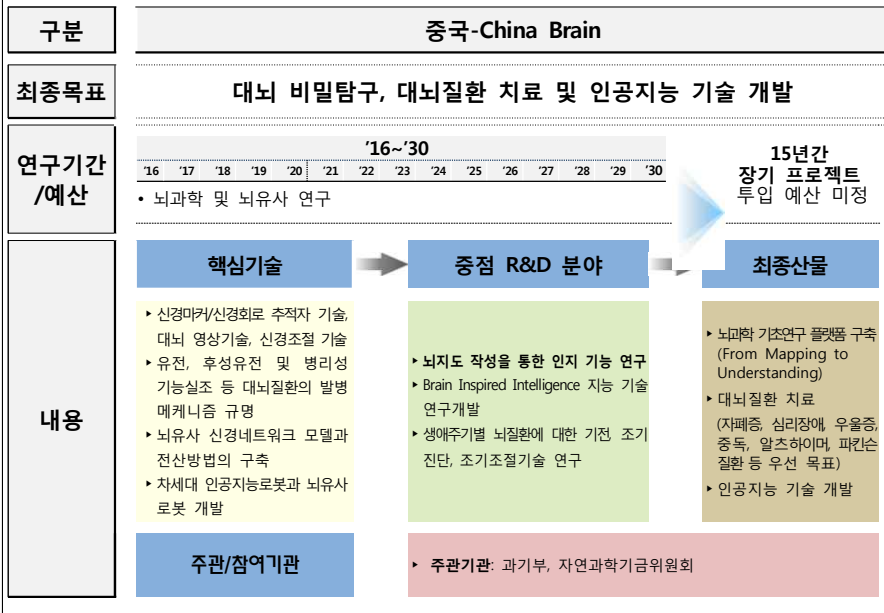
○ (연구목표) 뇌과학 기반 지능기술 개발과 뇌질환 극복

- (영장류 뇌지도 작성) 메조스케일 뇌지도 작성을 통한 인지 기능 연구
※ 영장류(붉은털 원숭이 등) 이용 메조스케일 뇌지도 작성, 뇌 모든 영역의 세포유형 선별, 구조 및 기능/행동 관련 뇌지도 작성
- (인공지능 기술 개발) Brain Inspired Intelligence 지능기술 연구개발
※ 이미징 기술, 생체내 생리학기법 연구, 뉴로모듈레이션, 신경정보학, 영장류 형질전환 모델개발 등
- (뇌질환 극복) 생애주기별 뇌질환에 대한 기전, 조기진단, 조기조절 기술 연구
※ 영장류 동물모델 이용 발달장애(소아청소년), 정신질환(중년), 퇴행성뇌질환(노인) 연구

○ (기획기간) '13~'15

○ (연구기간) '16년부터 15년간

○ (소요예산) 미정



붙임2 정부의 뇌연구 투자실적 및 성과

□ 뇌연구 투자실적

- 뇌연구가 본격화된 '98년부터 '15년까지 총 9,316억원 투자
- (연도별) 연도별로는 '01년 259억원에서 '15년 1,244억원으로 연평균 12.5% 증가되었으며, '13~'15년에는 22.1% 증가

(단위 : 억원, 출처: 연도별 뇌연구추진시행계획)

구분	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16 (계획)
투자액 합계	259	261	349	378	420	491	411	493	560	630	685	685	874	1,054	1,244	1,331
R&D	※ '13년부터 뇌연구 인프라 분야와 인력양성 분야 투자액은 각각 한국뇌연구원·국가 뇌연구 인프라 및 허브 구축 사업비와 교육부 뇌연구 분야 이공학기술연구조성 사업비와 BK21플러스 사업비가 포함됨												738	895	1,087	1,112
인프라													73	96	140	171
인력양성													63	63	67	48

- (분야별) '11년 685억원에서 '15년 1,244억원으로 5년간 2배 증가

- 4대 분야별로는 뇌질환 > 뇌인지 > 뇌신경생물 > 뇌공학 순으로 투자
- 지능정보기술(뇌인지+뇌공학) 관련 예산은 최근 급증하여 '15년 총 투자 예산 대비 45.2% 투자



출처 '12~'15년 뇌추진시행계획

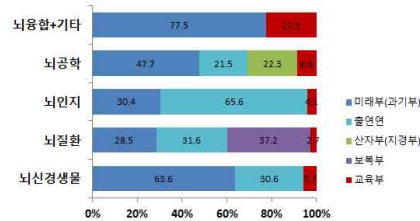
○ (부처별) 미래부와 출연연 중심의 국가 뇌연구 R&D 투자

- 국가 뇌연구 예산은 미래부(39%)를 중심으로 주로 투자되었음
※ 미래부 산하 출연연을 통하여 37%의 예산 투입('16년 미래부+출연연 1,115억원)
- 미래부는 뇌과학 전분야에 대하여 고르게 투자한 반면, 복지부는 뇌질환 연구에, 산업부는 뇌공학 연구에 주로 투자하였음

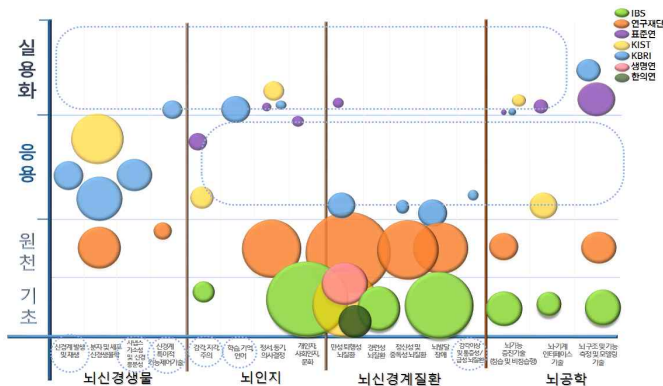
<'11~'15년 부처별 투자비율>



<'11~'15년 4대분야별 부처 투자비율>



○ (연구단계별) 뇌연구 모든 분야에서 기초연구 비중이 높으며, 전 분야에 걸쳐 실용화 수준의 연구는 20.9%

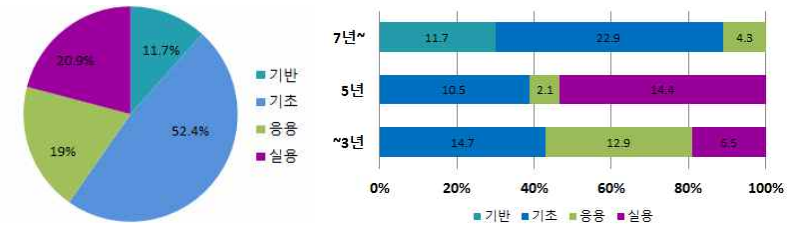


<뇌연구 4대 분야 기술에 대한 투자 현황 분석결과>

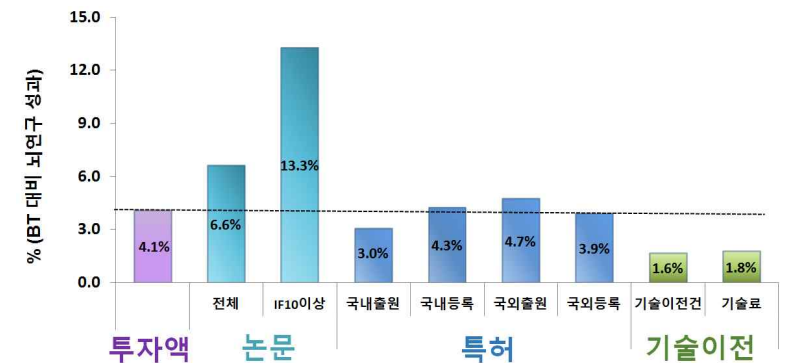
출처 : 뇌연구촉진시행계획('14~'16년)

- 실용화 연구의 대부분은 5년 연구기간의 중장기 사업의 실용화 사업으로 최근 뇌과학원천기술개발을 통한 4개 중형 연구단*의 선정으로 증가됨
※ 치매 (60억원), 발달장애(36억원), PTSD(47억원), 인터넷 중독 디톡스(16억원) 등

<'15년 연구단계에 따른 예산 비율> <'15년 연구단계 및 기간에 따른 예산현황>



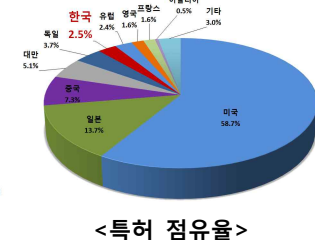
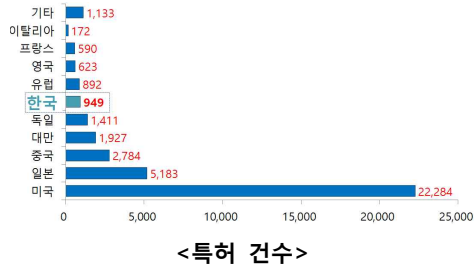
□ 뇌연구 성과



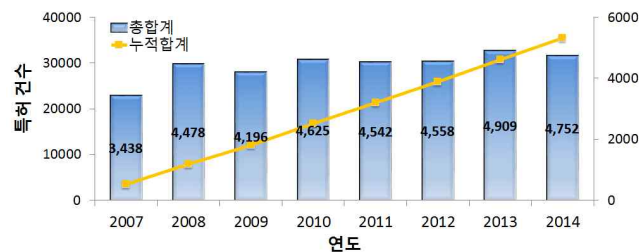
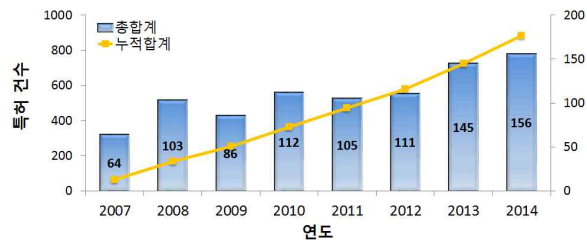
<BT 분야 전체 대비 뇌연구 분야 투자액 및 연구개발 성과>

※ 뇌연구촉진시행계획('12~'15)을 집계한 4년의 평균값임

- (논문) 지속적 투자로 뇌연구 분야의 영향력지수가 높은 우수 논문 발표 증대
- BT 분야 총 투자액의 4.1%가 뇌연구분야에 투자되었으며, 논문 게재는 뇌연구 분야의 대표적인 연구개발 성과임
※ BT 전체 우수논문(IF>10)의 13.3%가 뇌연구에서 도출되는 등, 투자대비 성과 우수
- (특허) 미국 특허청(USPTO) 뇌연구 관련 특허 등록건수는 '07부터 현재까지 총 949건으로 세계 6위 차지
※ 점유율은 전체특허의 2.5%에 불과해 한계가 있음



- 뇌연구 관련 국내외 특허 출원 건수 비교 결과 2013년을 변곡점으로 국내 특허출원 건수의 증가가 관찰되었으나, 해외 출원의 경우 증가둔화 추세임
- ☞ 특허의 양적 증가에 이은 질적 향상을 위한 노력이 필요함



○ (기술이전) ('11~'15) 기술이전 20건/기술이전료 약 20억 원

- 원천기반 기술의 성격이 강하여 기술이전 등 가시적 산업화 실적은 BT 타 분야에 비하여 미흡한 편이나, 모범사례 도출로 실용화 기대 상승

(연구장비) 뇌투명화기술 장비상용화

- 기초연구 성과가 장비개발 및 산업화로 이어진 성공사례(X-CLARITY 시스템)



(의료장비) 휴대용 뇌영상장비 상용화

- MRI를 대체할 새로운 휴대용 고해상도 영상장비



□ (기반) 뇌연구를 위한 인력 및 인프라를 안정적으로 구축

○ (인력양성) '98년 기본계획 수립이후 뇌연구 분야 핵심연구인력의 지속적 증가로 뇌연구·산업 분야에 투입될 인적자원 확보

※ (뇌연구 98년 650명 → 08년 2,130명 ⇨ '15년 2,749명)

- 뇌연구 전문 학위과정을 통해 뇌연구 전문인력이 배출되고 있으며, 출연연을 기반으로 한 전문인력양성 역시 개시되었음

※ 서울대, 고대, DGIST 등 14개 대학 26개학과, 27개 대학부설 연구소 및 3개 학연 공동학위 프로그램

<뇌연구 전문 연구기관과 대학간의 공동 학위 프로그램 현황('15년)>

대 학 기 관	출 연 (연)	참 여 학 과
고려대학교	KIST	의대, 자연대, 공대 연합프로그램
성균관대	IBS	글로벌바이오메디컬엔지니어링 학과
DGIST	한국뇌연구원	뇌인지과학 전공

○ (인프라) 뇌은행 설립, 코호트 구축 등 인프라 확충을 통해 연구 활성화 위한 생태계 조성

- (뇌은행) 한국뇌연구원 내 인체유래물은행(뇌은행) 설립 및 네트워크 병원 사업을 통한 재료 인프라 구축

※ '15년 서울대병원, 고려대안암병원 등 2개소 지정 및 '16년 4개소로 확대 계획

- (코호트구축) 치매연구단 및 인터넷·게임 디톡스사업 등을 통하여 대규모 연구코호트 구축

※ 미래부 치매코호트 3천명, 인터넷 디톡스사업 2,250명, 복지부 K-ADNI 500명 등

붙임3 중점 추진과제별 기술적 연계성

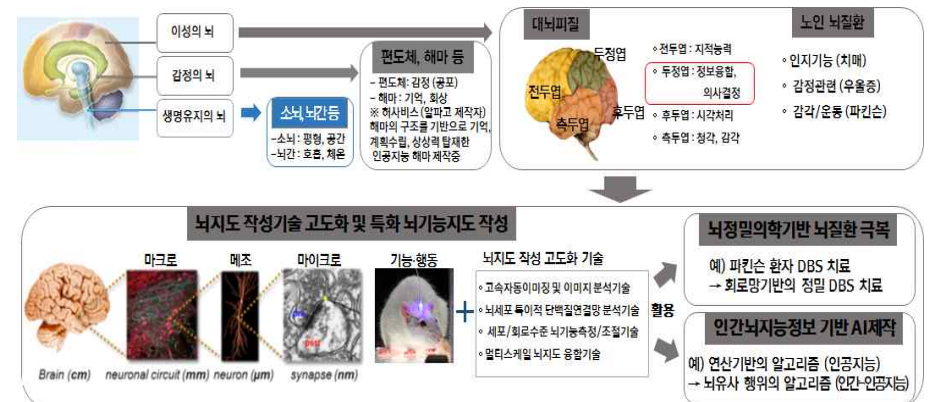
□ 뇌지도 작성 연구와 他 연구 분야와의 연계성

- 뇌지도는 뇌의 구조적·기능적 연결성과 유전자/단백질, 뇌 구조 및 뇌 기능 등의 정보를 macro, meso, micro 수준의 해상도로 작성하여 수치화·시각화한 DB임
- 뇌지도 작성은 인간의 고차원적 기능(뇌인지)을 이해하기 위하여 뇌공학적 기술을 이용하여 시냅스의 구조와 기능을 이해함으로써 뇌질환 극복을 가능케 함
 - ☞ 고차원 뇌인지 기능인 후두정엽과 노화 뇌질환의 특화 뇌기능지도 작성
- 뇌지도 작성을 통해 갖춰진 기반으로 광학, 줄기세포, ICT(AI), 로봇기술 및 정밀의학과 융합을 통하여 미래선점이 가능한 뇌융합 챌린지 기술개발 촉진
 - ☞ [뇌지도작성 융합기술] 융합 이미징 기술개발(신경생물 + 광학기술)
 - [뇌지도 활용기술] 미니뇌 제작기술(신경생물 + 줄기세포), 뇌기능 증강기술(뇌인지+ICT) 첨단 웨어러블 로봇팔(뇌공학 + 로봇기술), 한국인 특이적 진단치료 기술(뇌질환 + 영상유전체학)
- 뇌지도 작성으로 인간뇌를 이해하게 되면 보다 우수한 인공지능 알고리즘을 개발하여 보다 뇌와 유사한 컴퓨터 시스템 개발에 기여
 - ☞ 지각, 감각, 감성지능 회로의 이해로 생각하고 느끼고 인식하는 인공지능 개발 기여 및 신경세포망 모사의 고집적 뉴론칩으로 혁신적 연구가능
- 뇌지도 작성으로 정밀한 뇌회로망을 이해할 수 있기 때문에 정확한 좌표를 찾아 뇌심부 자극으로 뇌전증, 파킨슨병 등 뇌회로망 관련 질환 치료가 가능
 - ☞ 자폐증, ADHD 뇌전증 등 진단·예측·예방 치료를 위한 통합적 정밀의학 기술 개발



□ 他 연구사업과의 연계성

- 4대분야중 뇌인지 분야와 AI 연계기술개발
 - 뇌의 기능중 인간고유의 고차원적 뇌인지 및 인간에 대한 정보를 기반으로 지금보다 더 뇌와 유사한 컴퓨터 개발이 가능함
 - ※ 허사비스는 주로 기억을 담당하는 해마의 구조를 기반으로 기억·계획수립·상상력을 탑재한 인공지능 해마 제작 중
- 4대분야중 뇌공학과 뇌융합 챌린지 프로젝트
 - 뇌공학 기반의 툴을 이용하여 챌린지 핵심기술을 개발함으로써 실용화를 넘어 신속히 산업화가 가능한 융합연구 수행
 - ※ 우리의 강점인 ICT와 로봇공학을 이용한 신체장애 극복을 위한 “아이언 맨 슈트” 제작 가능
- 뇌융합 챌린지 프로젝트와 맞춤형 뇌질환 극복기술개발
 - 뇌융합 챌린지 프로젝트 중 뇌지도 활용기술을 이용하여 환자 본인의 줄기세포 유래 미니뇌 약물 플랫폼 개발하여 진단 및 약물반응 예측 가능
 - ※ 미니뇌를 이용한 약물 스크리닝 플랫폼은 현재 진행중이나 대단위 플랫폼을 위해서는 공학적 멀티플 시스템으로 다양한 종류의 약물을 한번에 테스트 가능



붙임4 국내 뇌질환 연구 동향 및 현황

□ 뇌질환 연구 패러다임의 변화

- 초고령화 및 복합 스트레스 사회로의 전환에 따른 뇌, 심리, 정서 관련 복잡한 뇌장애의 증가로 **개인에게 맞는 치료전략 시급**
 - 알츠하이머, 중독, 분노 장애 등의 **진단과 치료방식에 혁신 필요**
 - ※ '12년 치매관련 경제·사회적 비용은 11.7조원, 정신질환의 사회비용 22조, '13년 미국 보건국(NIH)에서는 정신질환 장애와 치료에 있어서 유전자, 뇌신경신호 및 인지기능을 포함하는 새로운 진단 기준(RDoC)을 적용할 것을 선언함
- 최근 개인 맞춤형(정밀의학) 뇌질환 진단 및 치료를 통한 성공 사례가 보고되면서 **뇌질환 분야 정밀의학에 대한 기대감 증폭**
 - 새로운 유형의 조발성 퇴행성 뇌질환 진단('13, 콜롬비아대학 등), 강박 장애 치료('13, Cold Spring Harbor Laboratory), 뇌종양 치료('13, UCSF 등)
 - ※ 자폐증 바이오마커 컨소시엄 프로젝트, 자폐증을 위한 Autism Speaks재단과 Google의 유전체 DB 구축협력 등 최근 뇌질환 정밀의학 연구 착수

□ 국내 뇌연구 현황 및 주요 성과

- (지원현황) 그간 뇌신경계 질환 분야는 최근 이슈가 되고 있는 **사회문제 해결형 및 8대 생애주기별 뇌질환에 집중 투자**
 - 치매 등 만성 퇴행성질환, 외상후 스트레스 증후군 및 인터넷 중독, 뇌발달장애 등 **진단기술 개발과 실용화 목표로 중대형 연구집단 지원**
 - 정서 및 정신 질환 관련한 지원은 상대적으로 부족한 편이며, **맞춤형 뇌질환 극복을 위한 유전체, 행동, 약물예측 등을 통한 진단, 예측, 치료를 위한 기술개발 전략 필요**
- (논문주요성과) 자폐의 기전 규명('15, Nature Communications), 공포 기억의 원리 규명('15, Neuron & Neuropsychopharmacology) 등
- (특허주요성과) 해마 신경망 모방 웨어러블 신경신호 활용기술 미국 특허('15), 신경손상 치료용 항체개발기술 미국 등 3개국 특허('15) 등