

2024 한국고에너지물리학회 봄 학술대회

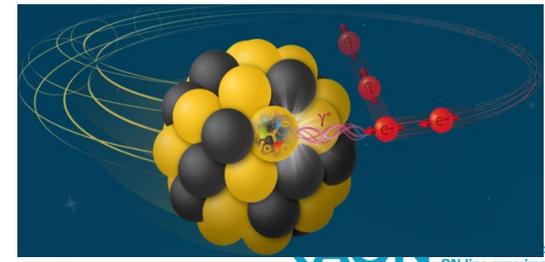
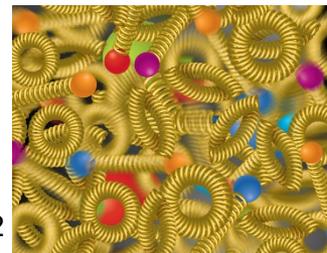
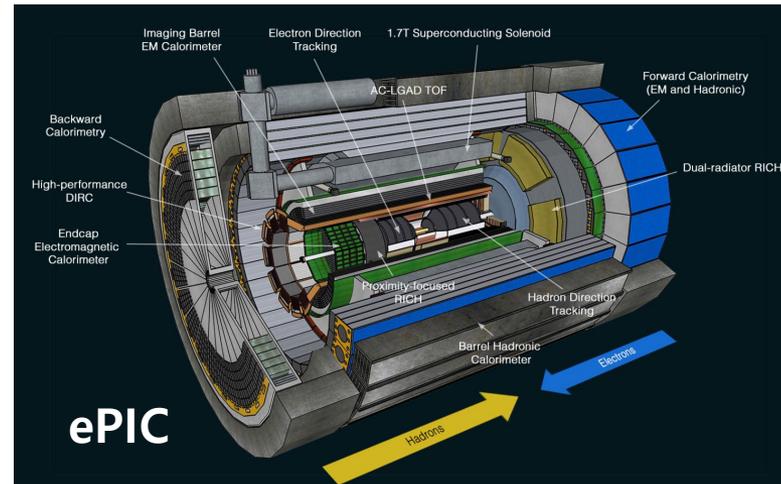
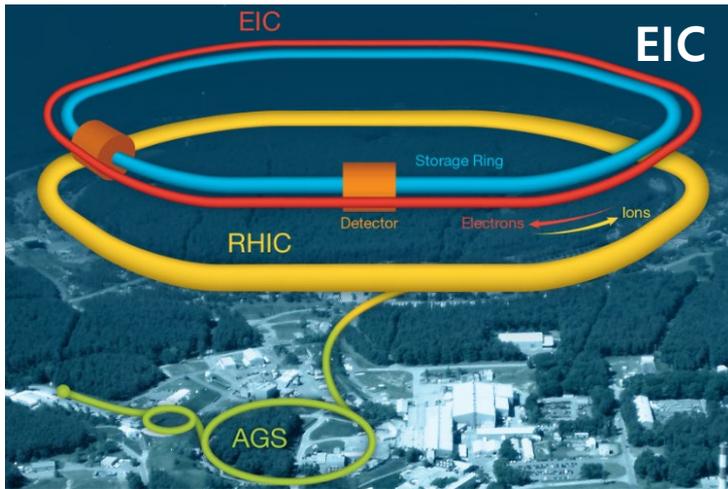
한국의 EIC 국제공동연구 참여 전략과 방향

중이온가속기연구소
신태수

서울대학교 자연과학대학
목암홀
2024.5.23

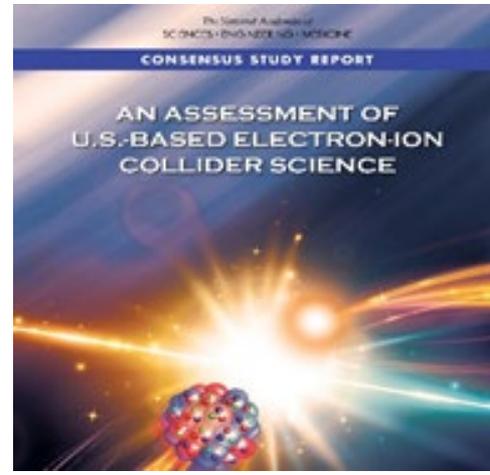
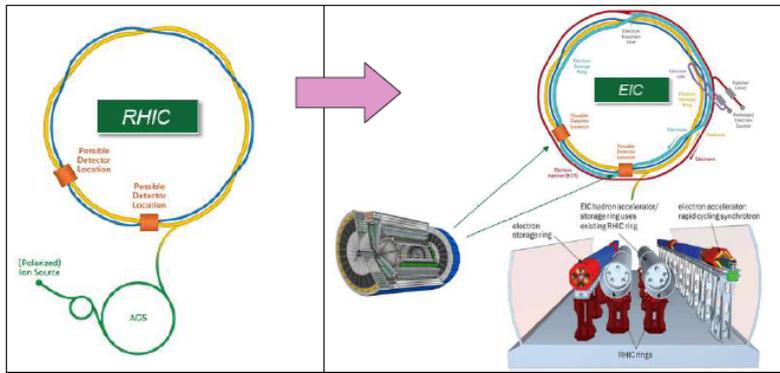


- (목적) 美 EIC 검출기 연구의 국제협력을 위한 핵심자원 요소를 파악하고 국내 연구자들의 새로운 과학영역 개척을 위한 기반조성
- (필요성) 실험과 이론연구를 위한 대형 검출기 국제공동연구에 참여함으로써 첨단 기술 습득과 향후 획득되는 대규모 EIC 실험 데이터를 국내 연구진이 선점·연구할 수 있는 준비 필요





- (목적) 기존 RHIC장치를 개조하고 전자가속기 및 대형검출기 등을 신규 구축하여 전자-이온 충돌실험을 위한 초대형 물리연구시설 구축
- (필요성) 원자핵의 기본입자인 쿼크-글루온을 결합하는 강한 핵력의 비밀을 밝히고 입자 내부 구조에 대한 정밀 3D 이미지 생성 등 물리학 표준모형*을 넘어 암흑물질 등 새로운 물리학을 탐구할 수 있는 가속기 구축 필요
- (총사업비) 총 17~18억 달러(약 2.3~2.4조원, DOE 지원)
 - ※ 뉴욕 주는 건물 등 기반조성(1억달러), 열차/공항 연결(0.2억달러), BNL(전기료)
- (사업기간 및 수행기관) '21년~'32년(11년) / 브룩헤이븐 국립연구소(BNL)
 - ※ ('19년) 건설부지결정 → ('21년) 사업착수 → ('24년) 장기발주품목 승인 → ('25년) 최종설계 승인 → ('32년) 건설완료 → ('34년) 시운전 ('32~'34년 기간은 contingency로도 활용)



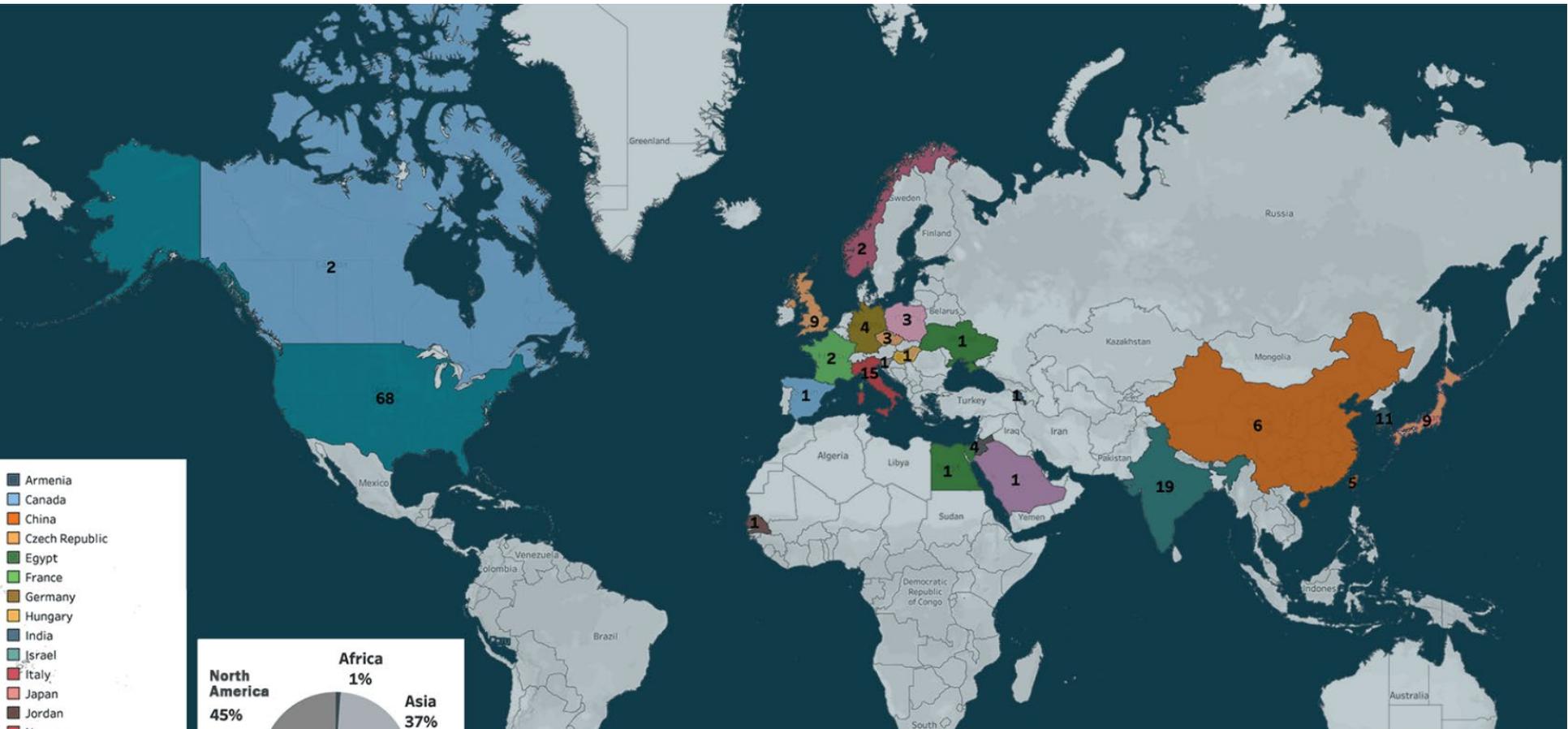


- (EIC 장치사양) 기존 가속기보다 더 넓은 영역의 에너지 범위와 다양한 종류의 이온 빔의 가속을 통한 핵자구조와 강한 상호작용(QCD)의 본질 연구

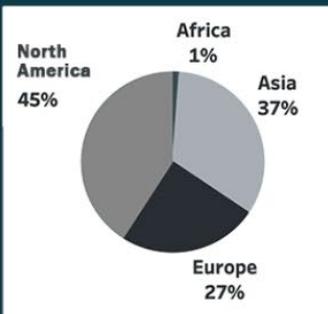
전자 빔 라인	이온 빔 라인	충돌기
에너지 범위: 5~18 GeV 빔 강도: 17×10^{10} e ⁻ /bunch Bunch 수: 1160 Bunch 길이: 0.7 cm 최대 빔 전류: 2.5 A 수평 Emittance: 20 nm 수직 Emittance: 1.3 nm 빔 종류: 전자	에너지 범위: 40~275 GeV 빔 강도: 7×10^{10} p/bunch Bunch 수: 1160 Bunch 길이: 6 cm 최대 빔 전류: 1 A 수평 Emittance: 11.3 nm 수직 Emittance: 1 nm 빔 종류: 핵종 다양 (예: 양성자~우라늄)	충돌지점: 빔라인 교차점 최대 충돌 광도: 10^{34} cm ⁻² s ⁻¹ 최대 충돌 에너지: 140 GeV Crossing Angle: 25 mrad
· 70% 편극 전자 빔 / · 70% 편극 양성자 빔 / · 충돌 에너지 : 20~140 GeV		



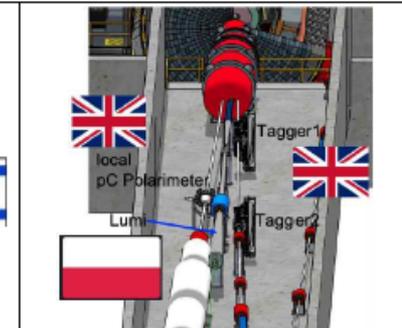
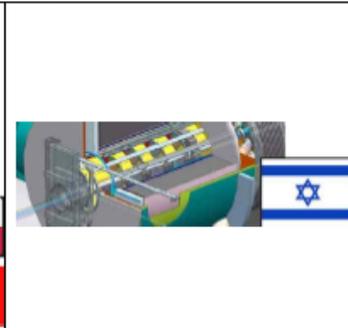
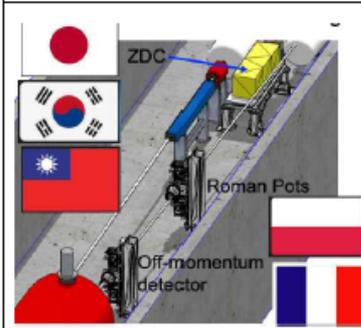
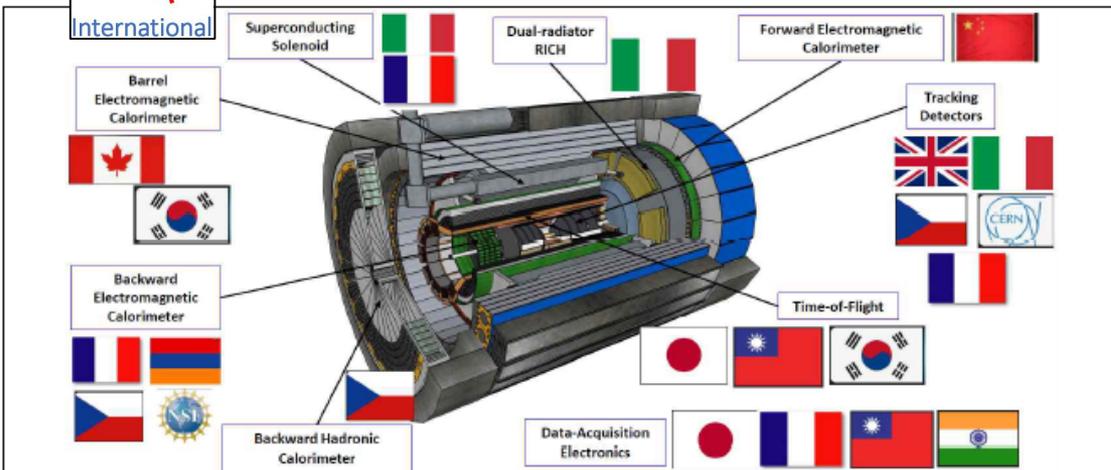
美 정부(DOE)는 EIC의 검출기(ePIC) 구축 시 CERN의 국제협력 사례와 유사하게 전 세계 이용자그룹의 적극 참여를 독려 중



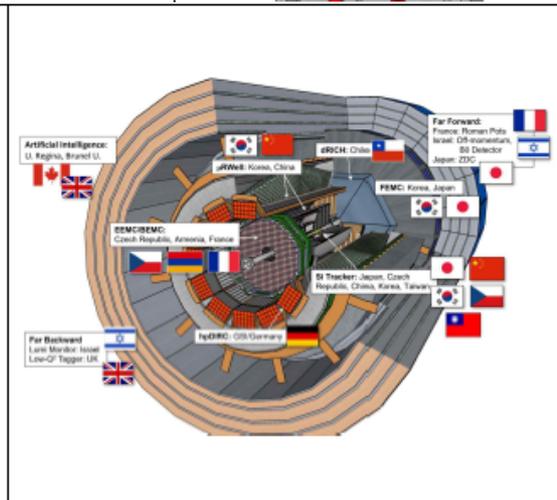
- Armenia
- Canada
- China
- Czech Republic
- Egypt
- France
- Germany
- Hungary
- India
- Israel
- Italy
- Japan
- Jordan
- Norway
- Poland
- Saudi Arabia
- Senegal
- Slovenia
- South Korea
- Spain
- Taiwan, Province of China
- UK
- Ukraine
- United States



- ✓ EIC: 1300여명 이상의 과학자(36개국 269개 기관) 참여
- ✓ 현물기여: 미국은 검출기중 \$100M & 가속기 부분 약 \$50M 상당액(가속기의 5%) 기여를 목표로 함



시스템 관련	주요 참여국
인공지능	영국, 캐나다
초전도전자석	이탈리아, 프랑스
검출기 관련	주요 참여국
BEMCal	한국, 캐나다
Dual-radiator RICH	이탈리아
Forward EMCal	중국
Tracking Detectors	영국, 이탈리아, 프랑스, 체코, CERN
Time-of-Flight (ToF)	한국, 일본, 대만
Backward HCal	체코
Data-Acquisition Electronics	일본, 프랑스, 대만, 인도
ZDC	한국, 일본, 대만
B0-Tracker&EMCal	이스라엘



EIC국제연구협력 참여 수요조사:

총 16개 연구기관, 약 70여명 이상

■ (BEMCaL)강릉원주대, 경북대, 부산대, 서울시립대, 성균관대, 연세대, 포스텍, 총35명

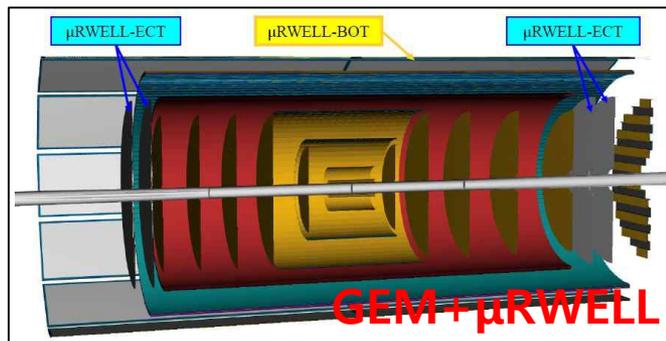
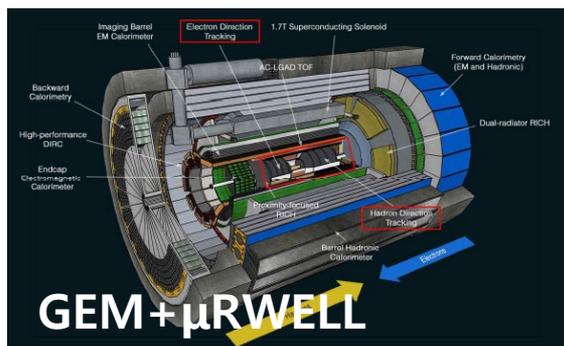
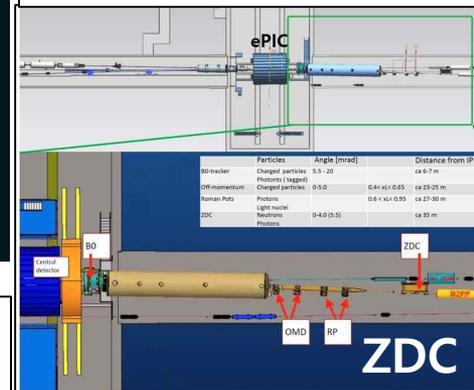
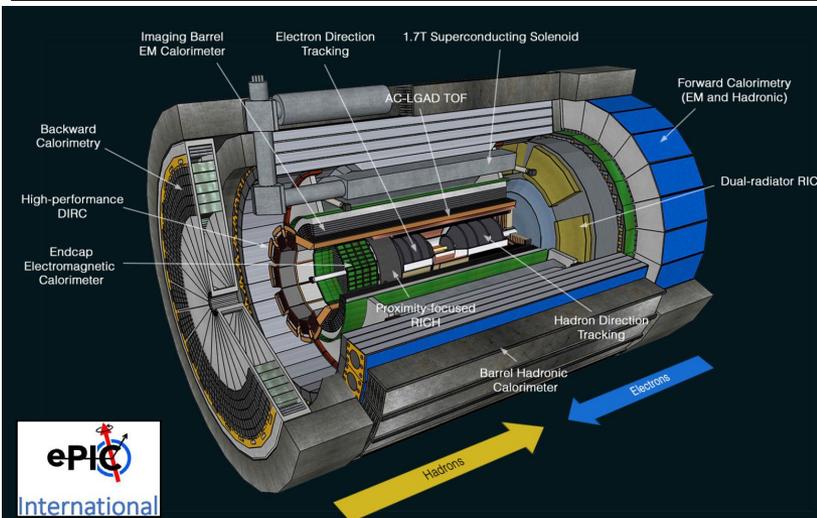
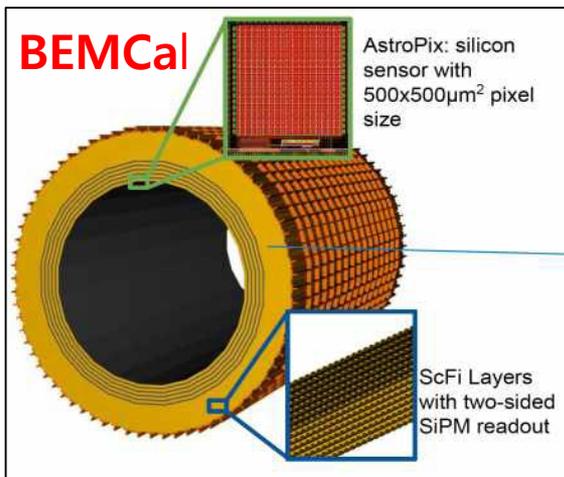
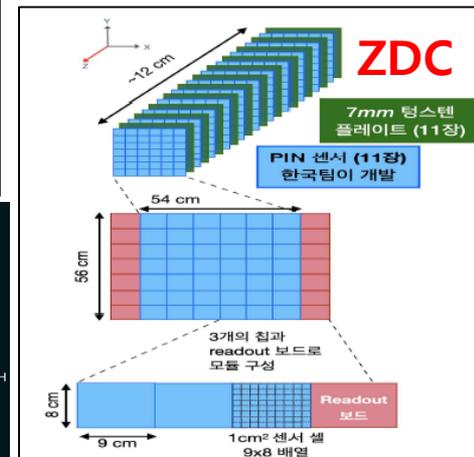
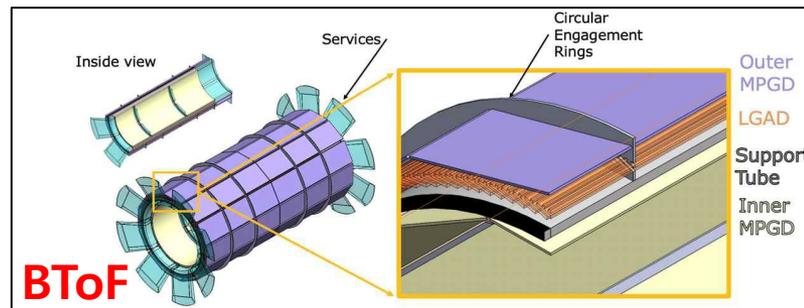
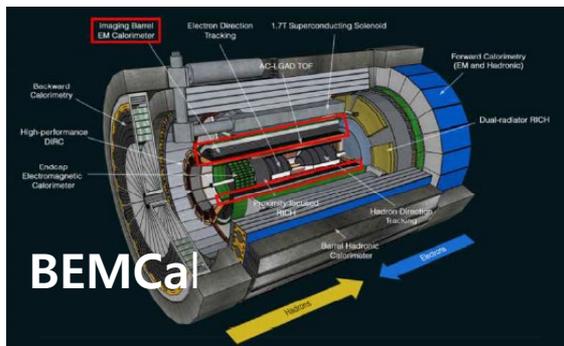
■ (BToF) 경북대, 고려대, 서울대, 전남대, 총20명

■ (ZDC) 세종대, 고려대, 총5명

■ (GEM+μRWELL) 서울시립대, 세종대, 서울대, 한양대, 총7명

■ (이론)경북대,세종대, 인하대, 기초과학연구원, 부경대, 중이온가속기연구소

■ (가속기)초전도가속기,이온원등의 가속기 기술분야 노하우 습득을 위한 기술교류 희망





□ EIC 협력 가능성 논의('23.2~5)

- 미국 측(DOE)과 모두 3차례 회의('23.2월, 4월, 5월)를 통해 **EIC 프로젝트 협력 가능성 제시, 협력 아이템 모색**

□ EIC 협력 아이템 논의('23.6~11)

- 아측(기초국)은 **공모를 통한 EIC 협력연구 추진방안***을 제시하고, 미국 측(DOE)은 **검출기** 부분에서 기여를 요청**
- 글로벌 기초연구실지원사업(3년, 연간 5억 내외, 3~4명) 공모

EIC 협력관련 보도기사 (2023.9.24일자, 이투데이 등)

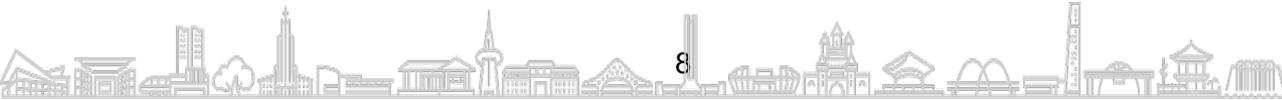
□ EIC 협력 의사 표명('24.1)

- **1차관 DOE 과학혁신차관과의 면담에서 EIC 프로젝트 참여 의사를 표명**

□ EIC 국내 신규사업 반영 추진 (2024.1~3)

- '방사광가속기 공동이용연구 지원사업' 중기사업계획에 **EIC 검출기 개발 예산 반영 및 EIC 국제협력사업 기획연구 착수**

EIC 협력관련 보도기사 (2024.1.26.일자, 과기정통부 정책뉴스)

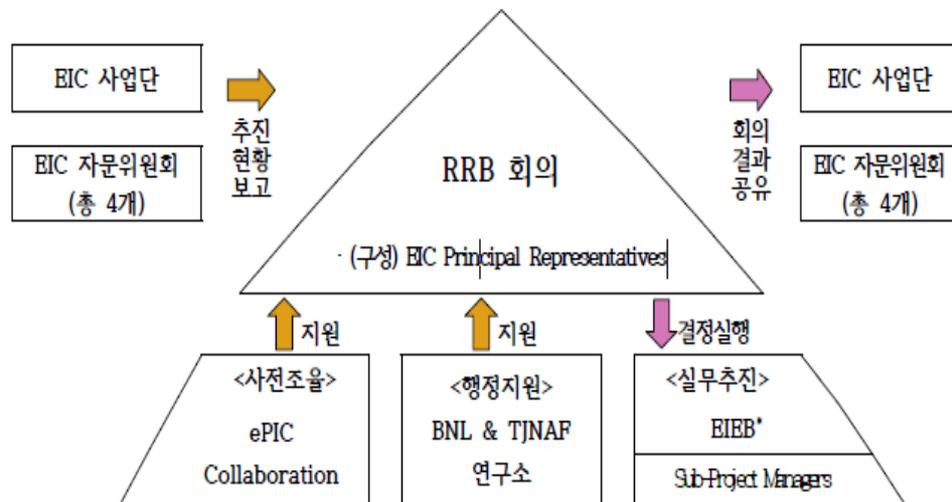




- **(현물기여 요청)** 美 측은 검출기 부분에서 참여국들에게 약 \$100M 상당액의 현물 기여* 및 가속기 부분 약 \$50M 기여를 요청 중
 - 전체 약 절반 정도의 협력 아이템은 확정되어 세부 논의 중 '25년 EIC 베이스라인(관리기준) 확정 전에 대부분의 협력 아이템이 정리될 것으로 판단
- **(RRB 운영)** 현물 제공에 대한 협력(안)의 조정은 각국 대표자로 구성된 '자원검토위원회(Resource Review Board, RRB)'에서 수행
 - 23.4월/ '23.12월 (CUA 대학교) / '24.5월 (이탈리아 INFN)

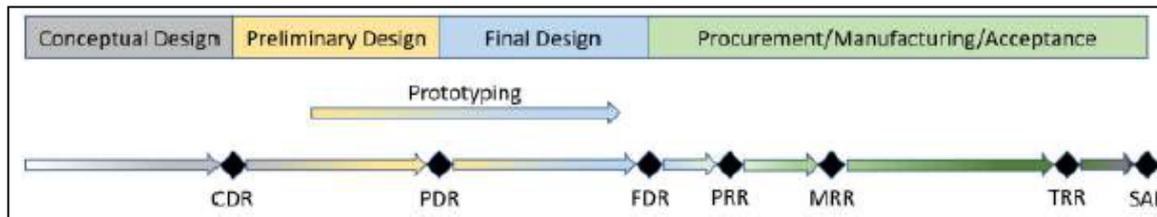
(BEMCal 검출기) 한국이 美 아르곤 국립연구소와 협력하여 검출기의 자동 웨이퍼 시험과 칩 품질관리, AstroPix 모듈 조립/시험, Pb/섬광섬유매트릭스 및 전면부 전자장치 개발 등을 주관 요청

(ZDC 검출기) 한국 연구진이 일본 및 대만과 협력, 검출기의 반도체 센서 및 DAQ 보드 개발에 참여해 줄 것을 요청

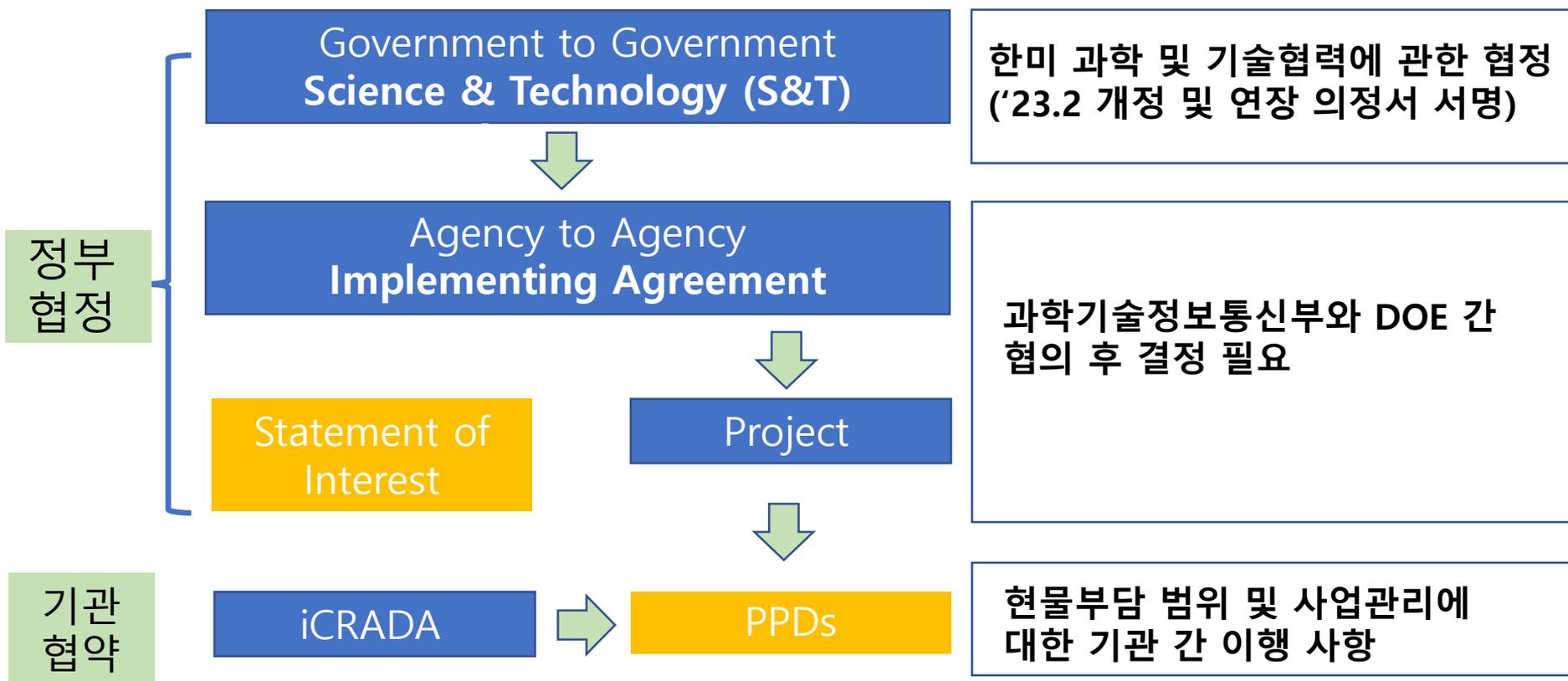




- **(EPIC Collaboration)** 각국 참여 연구진들간 ePIC 검출기의 설계 및 제작에 대한 사전 의견교환, 설계/제작(안), 참여국가(안) 사전 논의
- **(서브시스템관리자 취합)** EIC 사업단의 검출기 시스템 관리자는 ePIC Collaboration Council의 검출기 설계 권고안을 접수하여 검토 수행
 - 단계별 내/외 전문가 구성
설계검토위원회
(design Review Committee) 검토

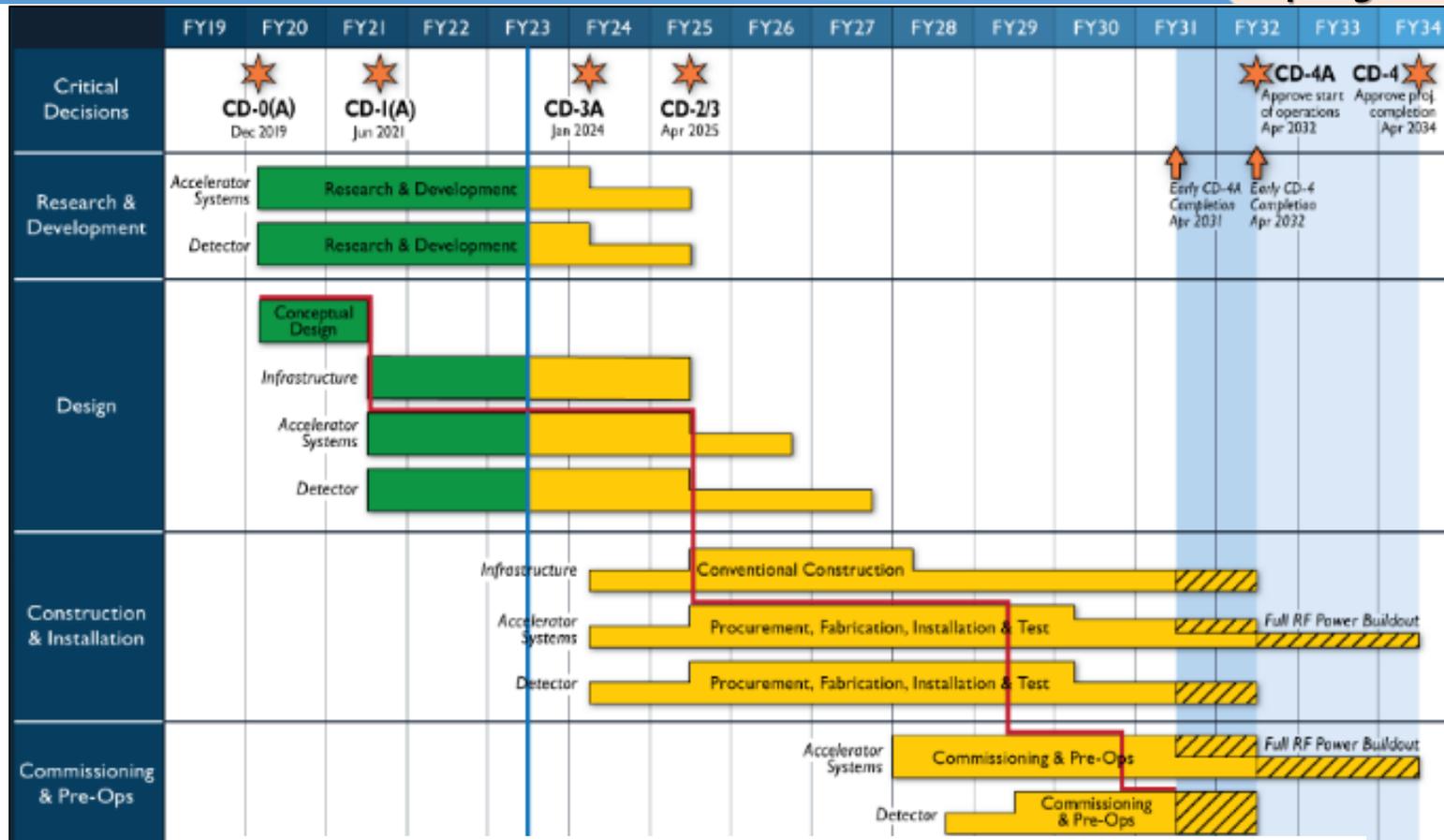


- **(RRB 현물분담 결정)** 각국 재정지원 기관/정부 대표자로 구성된 자원 검토위원회에서 검출기 분담 및 추진사항 결정
- **(참여기관 협약체결)** BNL 연구소와 참여국 현물 주관기관 간 MOU 성격의 iCRADA* 체결 및 업무범위, 인도물, 수용조건에 대한 사업계획서(Project Planning Document) 체결(필요시)
 - * International Cooperative Research And Development Agreement
- **(국제협력 실행)** 참여국 현물 제작/납품 추진, EIEB(EIC in-kind contribution executing board)에서 진행 사항 관리
- **(변경관리)** 실행 과정 중에서 발생하는 변경관리는 EIC 사업단이 운영하는 변경관리위원회(CCB, Configuration Change Board)에서 관리



- international Cooperative Research And Development Agreement의 약어, 일반적인 MoU 성격의 문서
- Project Planning Documents의 약어, iCRADA를 이행하는 세부 사항은 PPD에 수록

미국 EIC 구축사업 주요 일정

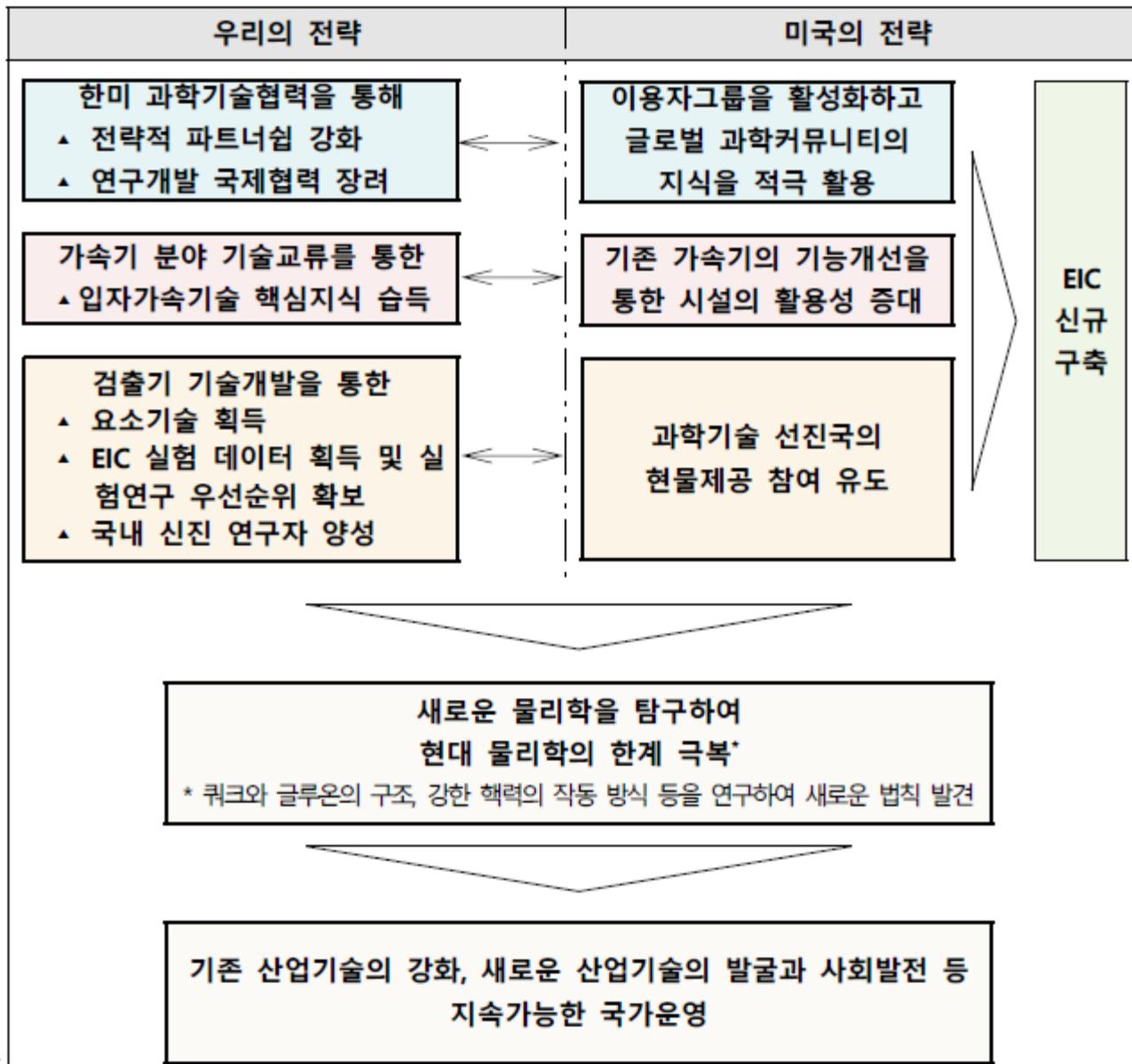


구분	주요 승인 내용	일자
완료	CD-0	EIC 미션 요구사항 승인 건설부지 결정 공고
	CD-1	개념설계 완료, 사업착수 승인
	CD-3A	장기발주품목 승인
예정	CD-3B	장기발주품목 승인, 최종설계 검토, 건설착수
	CD-2/3	베이스라인, 최종설계 승인, 건설시작
	early CD-4	건설완료 및 운영착수
	CD-4	(예비일정) 건설완료 및 운영착수





미 EIC 사업 검출기 개발 참여를 통한 과학기술 선진국들과의 국제협력 공동 연구를 통해 필수 요소 기술을 확보하고 새로운 물리 영역 탐구를 위한 기반 조성





<p>강점(S)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦(기술력) 반도체, 센서 기술 등에서 세계적인 수준의 기술력을 보유 ◦(협력 네트워크) 이미 다수의 국제적 대형 사업에 참여한 경험, 국제 과학 공동체와의 협력 체계 구축 중 ◦(정부 지원) 정부의 적극적인 과학 기술 정책 및 연구개발(R&D) 지원 	<p>SWOT 분석</p>	<p>약점(W)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦(경험 부족) EIC와 같은 초대형 가속기 사업에 대한 직접적인 개발 경험 부족 ◦(자원 제한) 타 연구개발 사업과의 경쟁에서 우선순위를 정해 자원을 배분해야 할 필요 ◦(기술 이전 장벽) AstroPix 칩 등 국제협력 과정에서 고도의 기술 획득 필요할 때 장벽이 발생
<p>기회(O)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦(국제협력 강화) EIC 참여를 통해 미국 및 다른 참여국과의 기술/연구 협력관계 강화 ◦(기술 선도) 새로운 기술 개발에 기여함으로써 해당 분야에서의 기술 리더십을 확보할 기회를 가질 수 있음 ◦(경제적 이익) 사업에 기여한 반도체 등 기술이 상용화될 경우, 향후 경제적 리턴을 기대 	<p>위협(T)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦(장치 통합 실패) 품질관리 실패로 여러 국가에서 만든 제작품의 장치통합 실패 가능성 ◦(사업 지연) 다른 장치의 지연, 다른 국가들의 문제로 인해 지연 가능성 존재 ◦(매몰 비용) 미국의 EIC 국제협력 기조가 변하여 자국에서만 사업을 추진할 가능성 또는 국제 정치 불안정이 사업에 영향을 미칠 수 있음 	

추진전략		주요 내용
S	O 장점 극대화	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 국제 협력 강화를 통한 기술 리더십 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 우리의 기술력과 국제협력 네트워크를 활용하여 EIC 검출기 개발에서 핵심 역할을 수행하고, 이를 통해 기술 선도국 으로서의 지위를 강화 ▲ 정부 지원과 기술 선도를 통한 경제적 이익 창출 <ul style="list-style-type: none"> - 정부의 R&D 지원을 바탕으로 신기술을 개발하고, 이를 국내 산업에 적용하여 경제적 리턴을 극대화할 기회를 확보
S	T 리스크 관리	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 기술력 제고 및 장치 통합 실패 대비 <ul style="list-style-type: none"> - 고도의 센서 및 반도체 기술을 활용하여 국제 기준에 맞는 엄격한 품질 관리 체계를 수립/관리하고, 장치통합 시 국내 기술진을 파견하여 기술교류 추진 ▲ 정부 지원을 통한 사업 지연 최소화 <ul style="list-style-type: none"> - 정부의 적극적인 지원과 협력을 통해 필요한 자원을 신속히 동원 ▲ 국제 협력 강화로 매몰 비용 방지 <ul style="list-style-type: none"> - 적극적 국제 협력을 통해 사업의 국제화 기조를 유지하고, 매몰 비용 발생 시 그간 생산된 결과물의 국내 연구 활용성 검토
W	O 약점 극복	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 경험 부족 극복을 통한 신기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 경험의 부족을 국제협력을 통해 보완하고, 다른 국가들과의 공동 연구를 통해 새로운 기술 개발에 참여 ▲ 자원의 제한과 기술 선도의 조화 <ul style="list-style-type: none"> - 자원이 제한적이라는 약점을 기술선도를 통해 극복하며, 선택과 집중을 통해 핵심 기술에 연구개발 자원 투입을 조정
W	T 리스크 관리	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 자원 제한과 장치 통합 실패 대응 <ul style="list-style-type: none"> - 자원이 제한적인 상황에서도 선택과 집중을 통해 핵심 기술에 대한 투자를 강화하고, 다국적 팀과의 긴밀한 협력을 통해 장치 통합 성공률을 높임 ▲ 경험 부족과 사업 지연 문제 최소화 <ul style="list-style-type: none"> - 해외와의 적극적 교류를 통한 인력양성 및 교육을 통해 해소하고, 다른 국가들의 지연 가능성에 대비하여 사업관리 계획에 유연성을 더해 대응



비전	기존 기술의 강화, 새로운 기술의 발굴로 국가 경쟁력 제고			
목표	새로운 물리학 연구 참여를 통한 국내 기초과학 연구역량 강화			
전략	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #fff9c4;"> I 과학기술 국제협력 강화 ▲ 한·미 전략적 파트너십 강화 ▲ 연구개발 국제협력 장려 </td> <td style="background-color: #fff9c4;"> II 가속기/검출기 기술획득 ▲ 입자가속기술 핵심 지식 습득 ▲ 검출기 개발을 통한 요소기술 확보 </td> <td style="background-color: #fff9c4;"> III 물리학 연구토양 배양 ▲ 국내 석/박사 신진 연구자(이론/실험) 양성 ▲ EIC 실험 데이터 획득 및 실험연구 우선 순위 확보 </td> </tr> </table>	I 과학기술 국제협력 강화 ▲ 한·미 전략적 파트너십 강화 ▲ 연구개발 국제협력 장려	II 가속기/검출기 기술획득 ▲ 입자가속기술 핵심 지식 습득 ▲ 검출기 개발을 통한 요소기술 확보	III 물리학 연구토양 배양 ▲ 국내 석/박사 신진 연구자(이론/실험) 양성 ▲ EIC 실험 데이터 획득 및 실험연구 우선 순위 확보
I 과학기술 국제협력 강화 ▲ 한·미 전략적 파트너십 강화 ▲ 연구개발 국제협력 장려	II 가속기/검출기 기술획득 ▲ 입자가속기술 핵심 지식 습득 ▲ 검출기 개발을 통한 요소기술 확보	III 물리학 연구토양 배양 ▲ 국내 석/박사 신진 연구자(이론/실험) 양성 ▲ EIC 실험 데이터 획득 및 실험연구 우선 순위 확보		

검출기 개발 품목	개발 범위
BEMCal (전자기 열량계)	▲ EIC의 ePIC 실험에서 전자와 광자의 에너지와 위치 측정을 수행하는 Barrel EMCal인 Barrel Imaging Calorimeter(BIC)의 설계, 개발, 조립, 납품 등 개발 전 과정을 수행
GEM+μRWELL 하이브리드 검출기	▲ μ RWELL ECT 검출기를 구성하는 GEM 포일 및 μ RWELL PCB을 개발할 계획 (즉 검출기 설계를 제외한 전 과정을 진행)
ZDC (영도열량계)	▲ ePIC의 충돌 실험에서 강입자가 진행하는 최전방 방향으로 생성되는 입자를 측정하는 검출기인 ZDC(Zero Degree Calorimeter; 영도열량계)의 설계, 개발, 시뮬레이션, 조립, 납품 등 개발의 전 과정을 수행
BToF (비행시간 검출기)	▲ EIC의 ePIC 검출기 내 하전 입자의 정밀한 비행시간 및 궤적을 측정하는 역할을 수행하는 AC-LGAD 기반 ToF의 설계, 개발, 생산, 조립, 납품, 가동/운용, 유지보수 등 개발, 구축, 운용 및 유지관리 전 과정을 수행
이론연구	▲ 양성자와 핵자의 3차원 구조 ▲ 양성자의 스핀 퍼즐 해결 ▲ 쿼크와 글루온의 속박 ▲ 글루온의 포화 및 응축 관련 연구 ▲ 저에너지 손지기 대칭성의 자발적 붕괴를 기반으로 하는 다양한 유효 모형과 강입자의 3차원 구조함수 연구

한국의 EIC 국제협력 추진 일정(안)



구분	내용
정부 주관	<p>정부간 협정</p> <p>- 과기정통부/DOE : 아측(거대국)과 미국 측(DOE) 간 이행약정 체결 (과기부 확인 필요)</p>
	<p>↓</p> <p>사업기획보고서 발행 ('24.10월)</p> <p>- 중이온가속기연구소 : 미 전자이온충돌기(EIC) 검출기 개발 국제협력 사업 기획연구 보고서 발행</p>
	<p>↓</p> <p>기관 간 iCRADA 체결 ('24년말)</p> <p>- 브룩헤이븐 국립연구소와 각 검출기별 대표 기관과 iCRADA 체결 (과기부 협의 필요)</p>
	<p>↓</p> <p>사업예산확정 ('24.12월)</p> <p>- 2025년도 사업예산 최종 확정</p>
	<p>↓</p> <p>(필요시) 기관 간 PPD 체결 ('25년 전반기)</p> <p>- 현물 분담 범위 및 사업관리에 대한 구체적인 이행사항에 대하여 각 검출기별 대표 기관들과 브룩헤이븐 국립연구소간 PPDs 체결 or 총괄주관연구기관(예정)과 브룩헤이븐 국립연구소간 PPDs 체결 ※ 추진 세부사항은 iCRADA 체결 이후 BNL과 협의 필요</p>
	<p>↓</p> <p>사업추진계획 수립 ('25.1월)</p> <p>- 정부 : 사업기간, 연도별 예산 및 추진내용 등 수립·확정 - EIC 국내사업 추진을 위한 RFP 확정</p>
연구재단 주관	<p>RFP 공고 ('25.1월)</p> <p>- 한국연구재단 : RFP 공고 및 연구개발계획서 접수</p>
	<p>↓</p> <p>연구기관 선정 ('25.2월)</p> <p>- 한국연구재단 : 연구개발계획서 평가/점검 및 연구기관 선정</p>
	<p>↓</p> <p>연구과제 협약 & 사업 착수 ('25.4월)</p> <p>- 한국연구재단-선정된 연구기관들 간 협약체결 및 사업착수</p>



- ✓ 미국 EIC 가속기 사업은 2032년 완료를 목표로 진행중
- ✓ 미국은 한국측의 In-Kind contribution을 원함
 - (c.f. BEMCal, ZDC)
- ✓ 한국은 현재 참여지원 분야:
 - ① Barrel ElectroMagnetic Calorimeter(BEMCal)
 - ② Barrel Time-of-Flight(BToF)
 - ③ Zero Degree Calorimeter(ZDC)
 - ④ GEM+micro Resistive Well Tracker(GEM+ μ RWELL)
 - ⑤ 이론연구
- ✓ EIC 공동연구에 한국의 공식 참여 시기를 24년안에는 확정하고 25년에는 공식화해야 함
- ✓ 한국의 EIC 참여를 위해 사업화가 필요하며 주관기관의 선정을 통해 DOE 사업의 사업관리의 절차 준수가 요구됨



<p>2002</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (발행) 2002.4월 ○ (발행기관) Nuclear Science Advisory Committee (NSAC) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ (주요내용) <ul style="list-style-type: none"> - 미국 핵 과학 연구의 미래 방향을 제시 - 향후 10년간 미국의 핵 과학 연구를 발전시키기 위한 전략적 방향을 제공 	<p>2018</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (발행) 2018 ○ (발행기관) 국립과학원(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine) ○ (기타) Committee on U.S.-Based Electron-Ion Collider Science Assessment 	<ul style="list-style-type: none"> ○ (EIC관련 주요내용) <ul style="list-style-type: none"> - EIC를 구축에 대한 미국의 과학적 잠재력과 중요성을 평가 - EIC 장치와 양성자와 중성자와 같은 원자핵의 기본 구성 요소인 핵자의 구조를 탐구함으로써 양자 색동 역학(QCD)에 의해 설명된 쿼크와 글루온의 동역학을 탐색하는 데 혁명적 변화를 줄 수 있다고 강조 - 미국의 핵물리학 분야 리더십을 강화하고 다른 과학 분야에 미치는 영향을 평가
<p>2007</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (발행) 2007년 ○ (발행기관) DOE/NSF Nuclear Science Advisory Committee 	<ul style="list-style-type: none"> ○ (주요내용) <ul style="list-style-type: none"> - 미국의 핵물리 연구의 기회와 우선순위에 대한 연구를 실시하고 다음 십년간의 국가 핵 과학 연구 프로그램의 조정된 발전을 위한 장기계획을 제안 	<p>2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (발행) 2021.3월 온라인 게시 ○ (발행기관) 브룩헤이븐 국립연구소 및 EIC이용자그룹(EICUG) ○ (기타) 전 세계 151개 연구기관의 400명이 넘는 과학자들이 참여 	<ul style="list-style-type: none"> ○ (주요내용) <ul style="list-style-type: none"> - EIC 목표와 필요한 검출기 개념을 설명 - 양성자와 핵 내부의 쿼크와 글루온의 분포 및 상호작용, 밀집된 글루온 물질 생성 탐색, 물질의 구성 요소를 결합하는 근본적인 힘 연구 등을 기술 - 예상되는 복잡한 입자 상호작용을 고정밀도와 넓은 범위의 조건에서 포착할 수 있는 고급 탐지기 기술 필요성을 강조
<p>2007</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (발행) 2007.4월 ○ (발행기관) Electron Ion Collider 워킹그룹 	<ul style="list-style-type: none"> ○ (주요내용) <ul style="list-style-type: none"> - 양자 색동 역학(QCD)의 주요 발견과 이론에 대한 개요를 제공하며, 특히 핵물리학에서 주요 연구 분야로 QCD를 강조 <ul style="list-style-type: none"> • QCD는 강한 상호작용 이론 - QCD의 구성 쿼크와 글루온을 통해 핵자와 원자핵을 연구 	<p>2021</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (발행) 2021.2월 ○ (발행기관) 브룩헤이븐 국립연구소 및 토마스 제퍼슨 국립연구소 ○ (기타) EIC 개념설계보고서 	<ul style="list-style-type: none"> ○ (주요내용) <ul style="list-style-type: none"> - EIC 개념설계보고서로서 다음 내용을 포함 <ul style="list-style-type: none"> - 설계 요구사항 - EIC 설계 - 빔물리 - 빔 편극설계 - 가속기 설계 - 기반시설 - 실험장치
<p>2014</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (발행) 2012.12월 ○ (발행) 2014.12월 개정 ○ (발행기관) 브룩헤이븐 국립연구소 및 토마스 제퍼슨 국립연구소 ○ (기타) 백서 	<ul style="list-style-type: none"> ○ (주요내용) <ul style="list-style-type: none"> - 글루온이 지배하는 물질의 구조와 상호작용에 초점을 두고 전자이온충돌기(Electron-Ion Collider, EIC)의 과학적 사례를 제시 - 미국의 QCD(양자 색동 역학) 과학 프로그램을 다음 단계로 발전시킬 가능성을 제시 	<p>2023</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (발행) '23.10.4. ○ (발행기관) National Science Foundation(NSF) Nuclear Science Advisory Committee (NSAC) ○ (승인) 미 에너지부(DOE) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ (EIC 관련 언급) <ul style="list-style-type: none"> - 핵과학 장기계획에서 EIC를 최우선순위로 추천 - EIC 사업이 핵물리학의 새로운 시대를 여는 중요한 역할 기대 - EIC가 핵물리학 연구의 전방위적인 진보를 위한 중심축 역할 기대 - 미국이 과학적 기회와 연구 분야에서의 선도적 지위를 유지하는 데 기여할 것으로 생각

