

국가 검출기 공동연구개발 시설의 필요성

Nov. 17, 2022

박인규

한국고에너지물리학회, 서울시립대학교

Disclaimers

- 본 슬라이드는 현재 작성 중입니다.
- 본 자료에 포함된 검출기 관련 기관/인력 통계, 연구 현황과 개발 실적 등은 지속적으로 업데이트 될 것입니다.
- 곧 공유문서를 만들어 회원 여러분의 검출기 활동 현황을 업데이트해 나가겠습니다.

국내 검출기 연구 현황과 시사점

국가 연구소의 검출기 연구

- 핵/입자/천체 분야 국가 연구소

- 기초과학원 (IBS)

- ✓ 중이온가속기연구소 (홍승우 소장)

- LAMPS, KOBRA, ...

- ✓ 지하실험 연구단 (김영덕 단장)

- 중성미자, 암흑물질 검출기 (AMoRe, COSINE, NEOS, ..)

- ✓ 액시온 및 극한상호작용 연구단 (야니스 세메르치디스 단장)

- SQUID, 극저온, 고자기장

- ✓ 희귀핵 연구단 (한인식 단장)

- ASGARD(감마검출기), MPPC(멀티 픽셀 광자 계수기), STARK(실리콘 배열)

- ✓ 국가수리과학연구소 (오정근 선임)

- 중력파 검출기 (SOGRO), 미세중력계(YemiGo Lab)

- 천문연구원 (KASI)

- ✓ KVN: 전파 망원경, 전파간섭계 (~100GHz)

- ✓ 중력파 간섭계 R&D, GMT

- 관련 국가 연구소

- 원자력연구소, 핵융합연구소, 포항가속기, 항공우주연구원, ...

- ✓ 고에너지물리학보다는 에너지, 재료과학으로 분류

대학의 검출기 연구 현황 1 (가나다 순)

- 경상대학교

- 이강영/윤천실 교수 (SND) – 에멀전

- 경북대학교

- 김홍주 교수 (중점연구소): 섬광결정, 실리콘-광증배기(SiPM)
- 이세욱 교수 (KCMS): Dual readout Calorimeter
- 문창성 교수 (KCMS): CMS MTD (MIP Timing Detector)

- 고려대학교

- 홍병식/이경세 교수 (선도연구, KCMS, CENuM) – LAMPS, RPC검출기, iRPC개발
- 안정근 교수 (리더연구) - GEM/glass TPC, LaBr3/SiPM 감마어레이
- 원은일 교수 (Belle, GroundBIRD) – Trigger electronics, IR camera
- 유재혁 교수 (KCMS) – SUBMET detector (Scintillator Matrix)

- 부산대학교

- 유인권 교수 (ALICE) – 실리콘 검출기

대학의 검출기 연구 현황 2 (가나다 순)

• 서울대학교

- 김선기 교수 (GBAR) – 반물질 트랩,
- 최선호 교수 (JPARC) – GEM based BPM (muon g-2)
- 양운기 교수 (KCMS) – CMS GEM 검출기, μ RWELL (EIC)
- 유종희 교수 (리더연구) – 중성미자 검출기, 암흑물질, 액시온 탐색

• 서울시립대학교

- 박인규 교수 (KCMS, 중점연구소): GEM 검출기, GEM-중성자, Muon-Tomography
- 이상훈 교수 (KCMS): FPGA

• 성균관대학교

- 홍승우 교수 (중이온가속기연구소) – 방사선검출기, 중성자검출기
- 박일흥 교수 (우주과학기술연구소) – 초고속우주선카메라, SiPM
- 유인태 교수 (KCMS, 중점연구소) – CMS RPC 검출기

• 세종대학교

- 김현수 교수 (KCMS) – GEM 검출기, 중성미자 검출기 (RENO)
- 김용선 교수 (KCMS) – GEM-TPC, μ RWELL (EIC)

대학의 검출기 연구 현황 3 (가나다 순)

- 연세대학교
 - 권영준 교수 (BELLE) – Belle DAQ, KIMS detector R&D
 - 권영일 교수 (KoALICE) – 실리콘 검출기
- 인하대학교
 - 윤진희/권민정 교수 (KoALICE) – ITS 실리콘 검출기
- 전남대학교
 - 주경광 교수 (선도연구, CPNR) – 액체 섬광체 R&D
 - 문동호 교수 (KCMS, CENuM) – LAMPS
- 전북대학교
 - 김은주 교수 (KOTO-2) – Tungsten Scintillating 열량계 R&D
- 제주대학교
 - 우종관 교수 – GEM based application 검출기
- 중앙대학교
 - 김시연 교수 – LAr (DUNE) 검출기 R&D
 - 하창현 교수 – 유기섬광체, SiPM, 섬광계수기
- 한양대학교
 - 천병구교수 (TA) – 우주선 어레이 검출기, 신틸레이터/PMT
 - 김태정교수 (KCMS) – RPC검출기 R&D, GEM 검출기

연구소와 대학의 차이점

• 연구소의 검출기 연구 방식

▪ 정부의 직접 지원

✓ 기초과학원, 천문연구원

- 비교적 안정적 자원, 독립성 보장, 엔지니어 고용 가능
- 대형연구시설 구축 가능

• 대학의 검출기 연구 방식

▪ 과기부/교육부 자원 → 연구재단을 통한 관리

✓ 공동: 선도연구센터, 중점연구소, 기초연구실 등

✓ 개인: 리더, 중견, 기초, 신진연구 등

- 3년 단위(단계) 평가, 연속성 결여, 엔지니어 고용 불가능
- 소액의 장비 또는 재료, 연구활동 위주

시사점

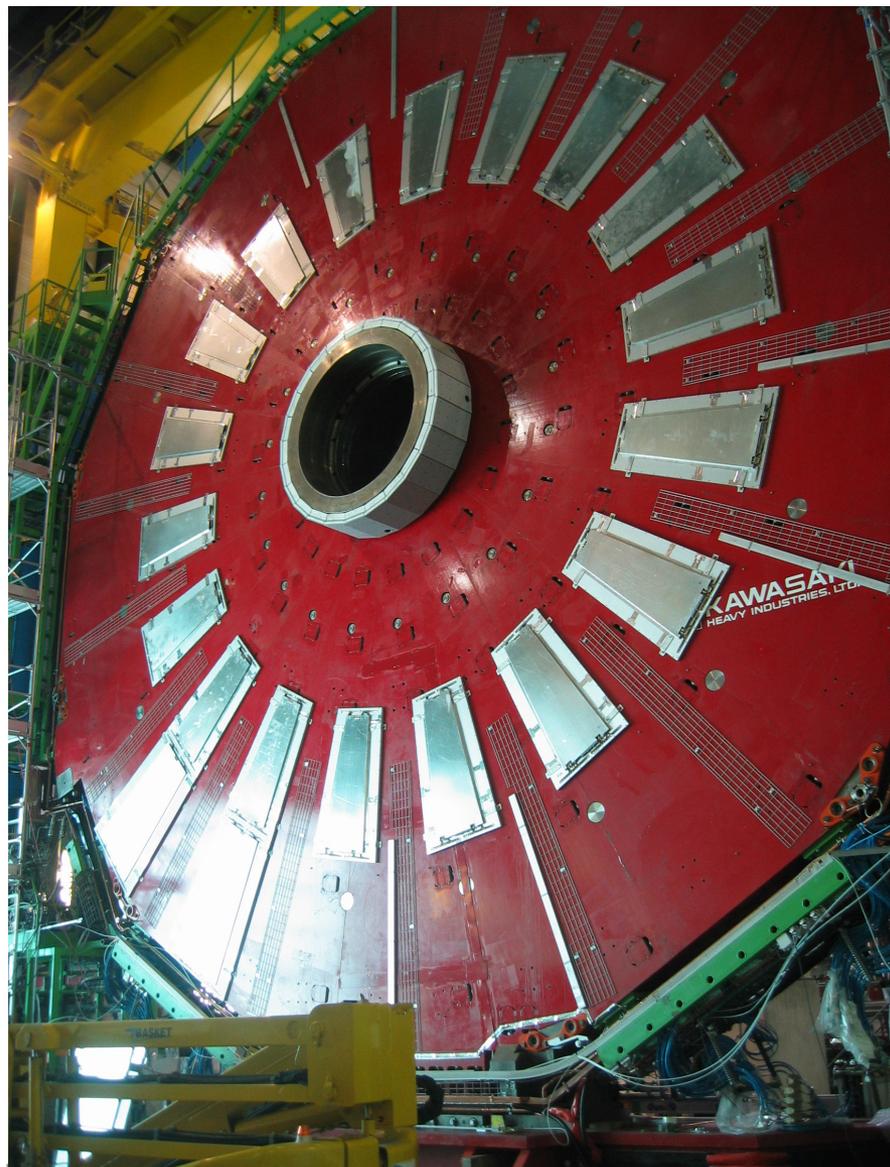
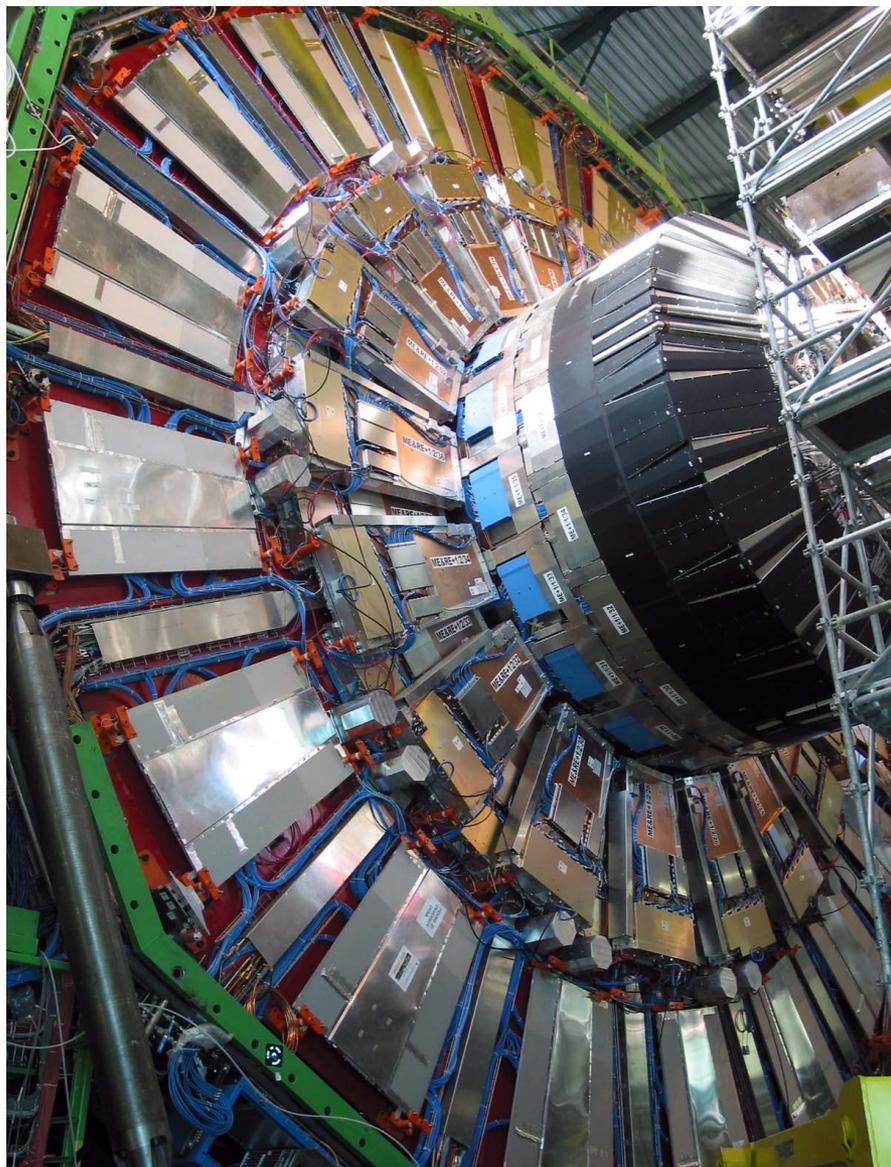
- 대학의 검출기 연구 형태
 - 국제/국내 공동연구 수행, 과제 수주에 의존
 - ✓ 전임교원, 연구교수, 박사/석사급 연구원, 대학원생, 엔지니어
 - 학문 후속세대 양성은 대학에서 수행
 - ✓ 검출기 R&D, 테스트빔, 자료처리 등 교육
- 대학의 연구실이 가진 공통적인 문제점
 - 검출기 R&D 및 제작 공간 부족
 - 부실한 장비, 장비 공유의 어려움
 - 제작된 검출기의 테스트 빔 사이트 부재
 - 안정적 연구 자원 마련 불가
 - ✓ 예외: 한-CERN협력사업 (~15년)
 - 엔지니어/기술원의 고용 어려움
 - 국제공동연구에 있어 대표성 확보 어려움

대학의 검출기 개발 성공 사례

1996-2006: 한국기업의 참여



RPC 검출기 기여 (KODEL)



2017년 GEM 검출기 생산 성공 (메카로)

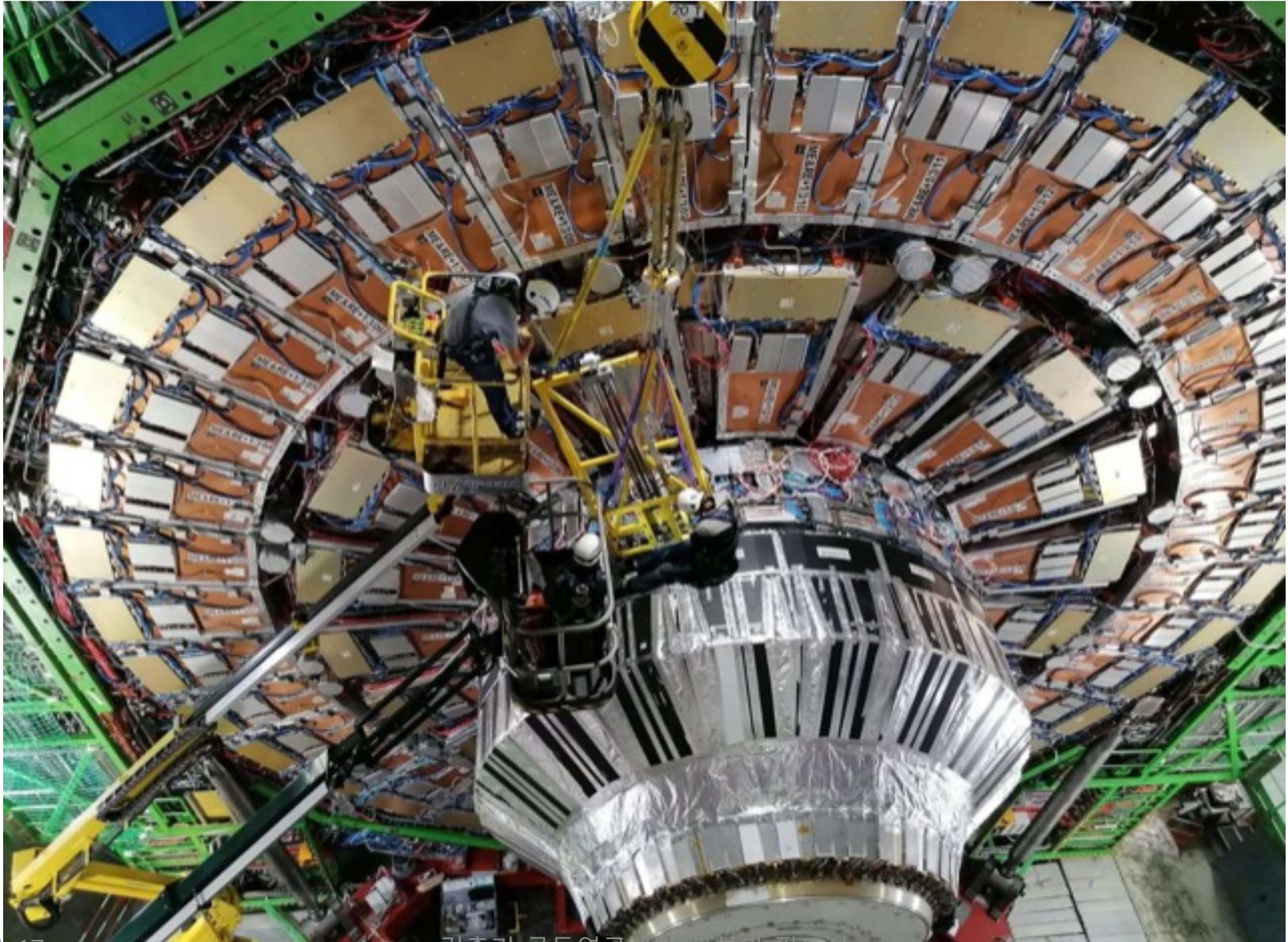


GE21과 ME0 대량 생산

2019년 검출기 공급 MOU



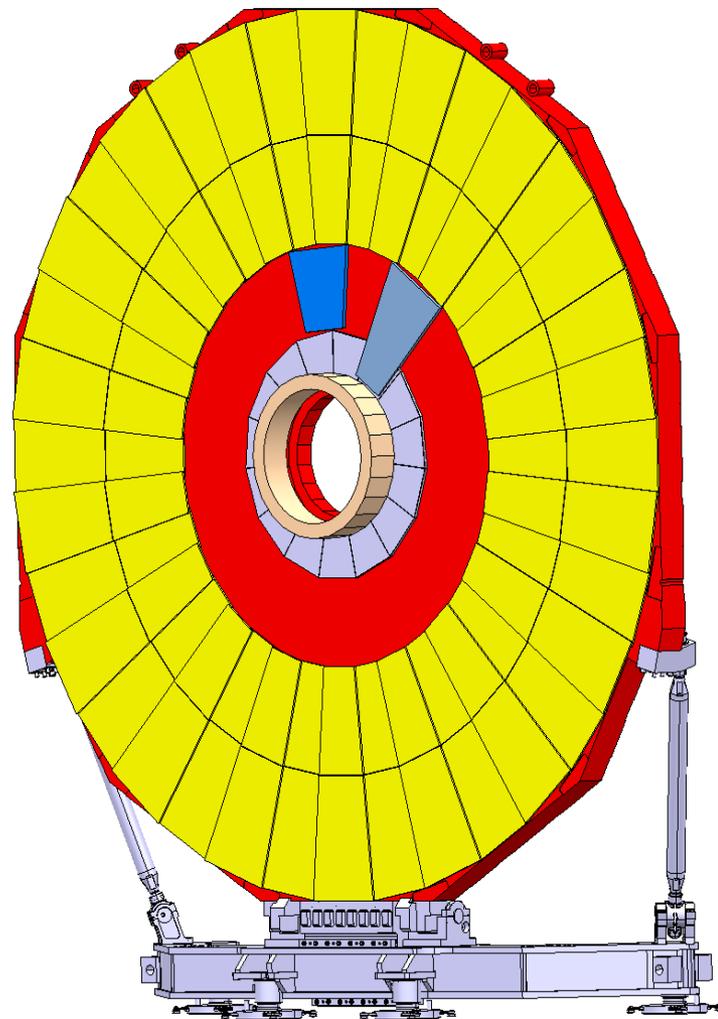
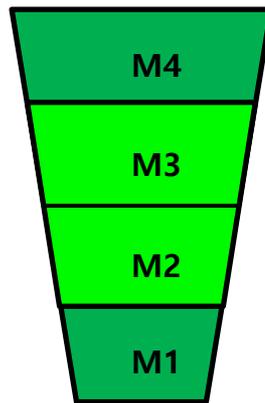
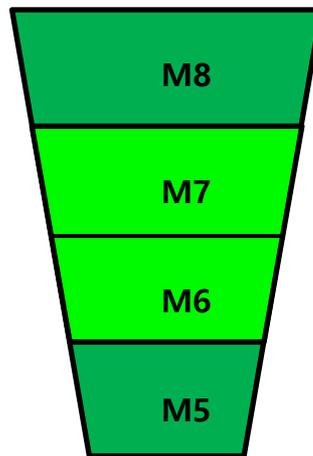
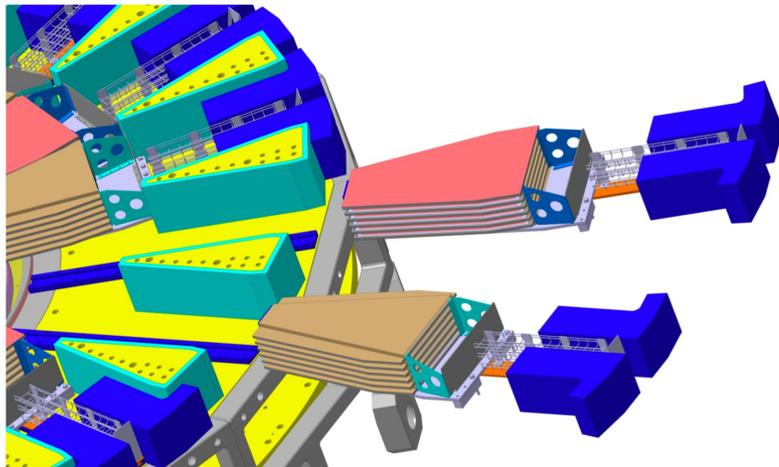
2020년 GE11 설치



한국의 Phase 2 업그레이드 기여

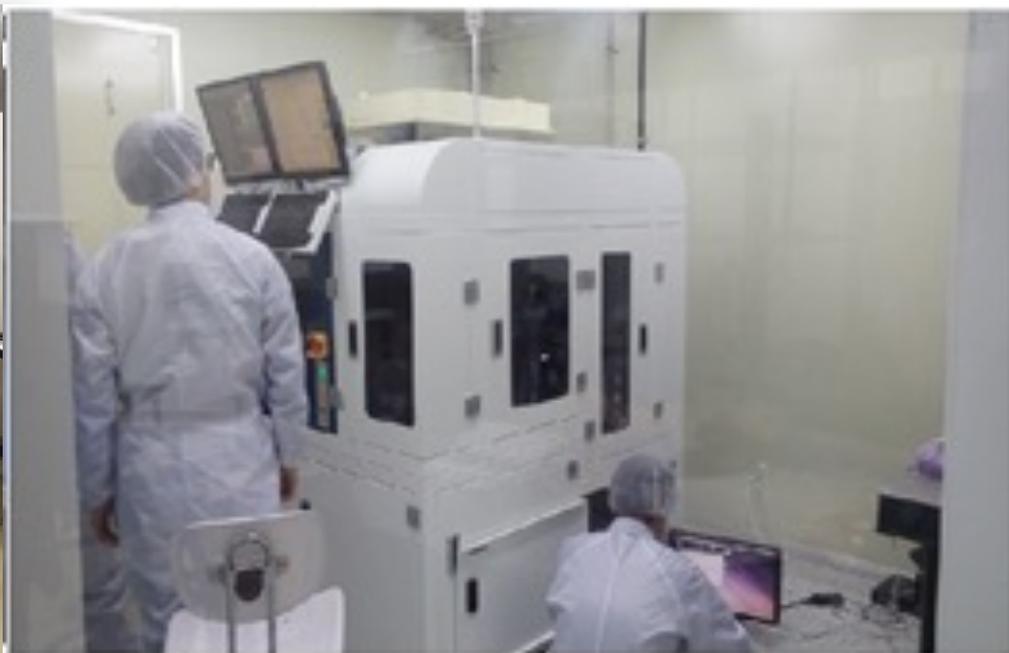


한국 전량 제작 (총 666 GEM)



한국 전량 제작 M2, M3, M6, M7
(총 496 GEM)

한국의 Phase 2 업그레이드 기여



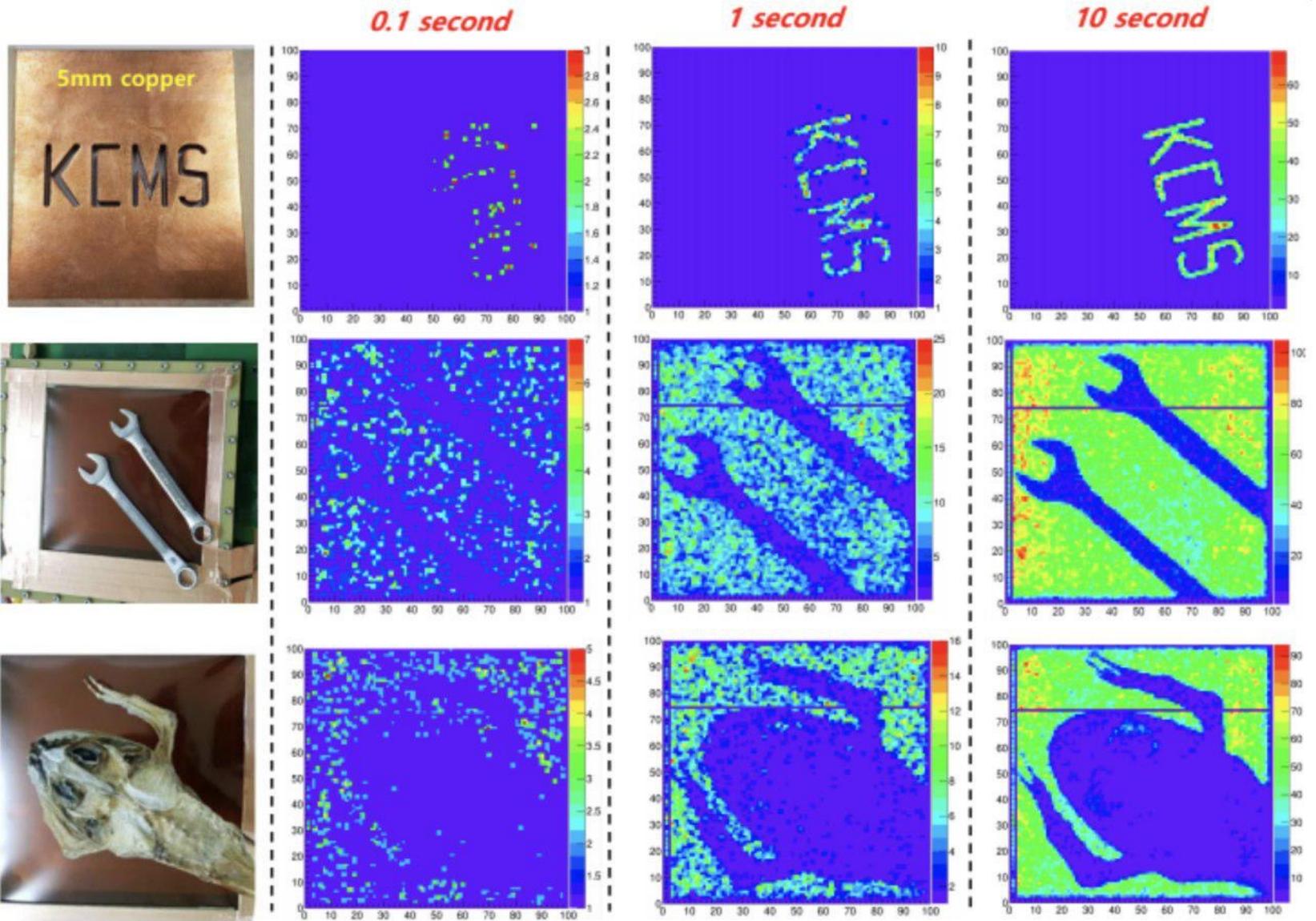
The ALICE collaboration presents the
ALICE Industry Award 2020
 to
C-ON Tech
 NamdongGu Incheon, South Korea

in recognition of the exceptional commitment to the development of a high-precision automated system for the mass production visual inspection and electrical tests of the ALPIDE monolithic pixel sensor ASIC. The extraordinary dedication of C-ON Tech contributed to the successful production of the ALICE Inner Tracking System and Muon Forward Tracker.



ITS2에 사용되는 칩의 자동 성능검사
 국내 개발 및 CERN 납품
 FUREX, NOTICE, 세정반도체, C-on 등
 중소기업의 기술개발 및 수출실적 기여
 2020년 ALICE 산업체상 수상 : (주)C-on

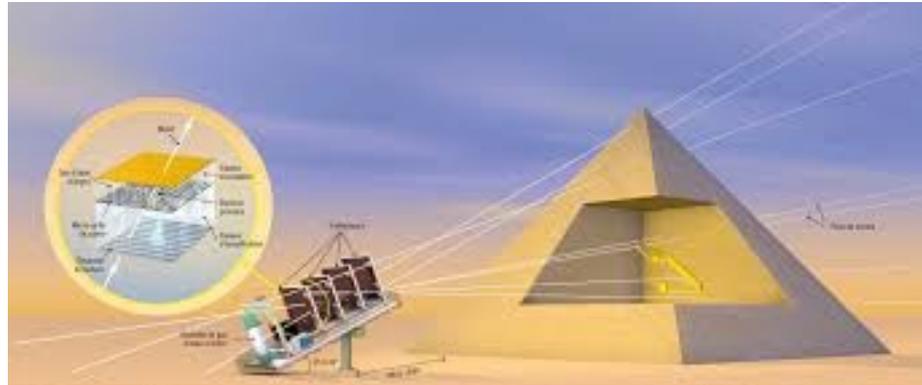
5.9 keV X선 영상 획득



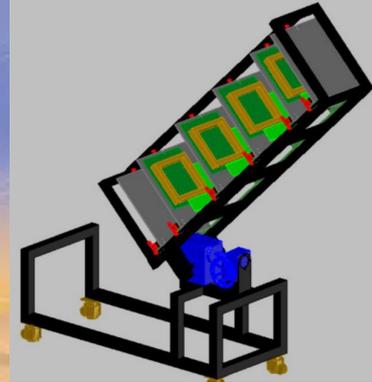
저선량 엑스레이와 뮤온 스캐너



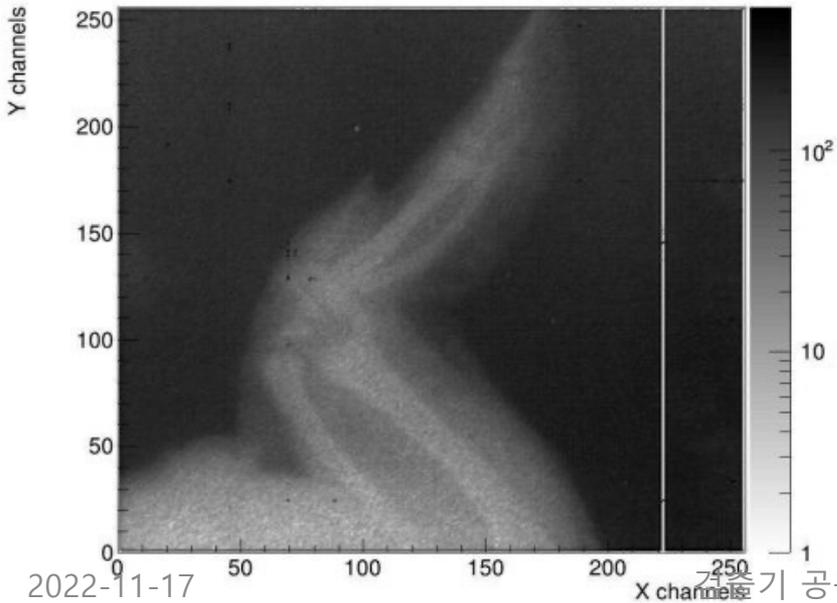
저 선량 엑스레이



뮤온 스캐너



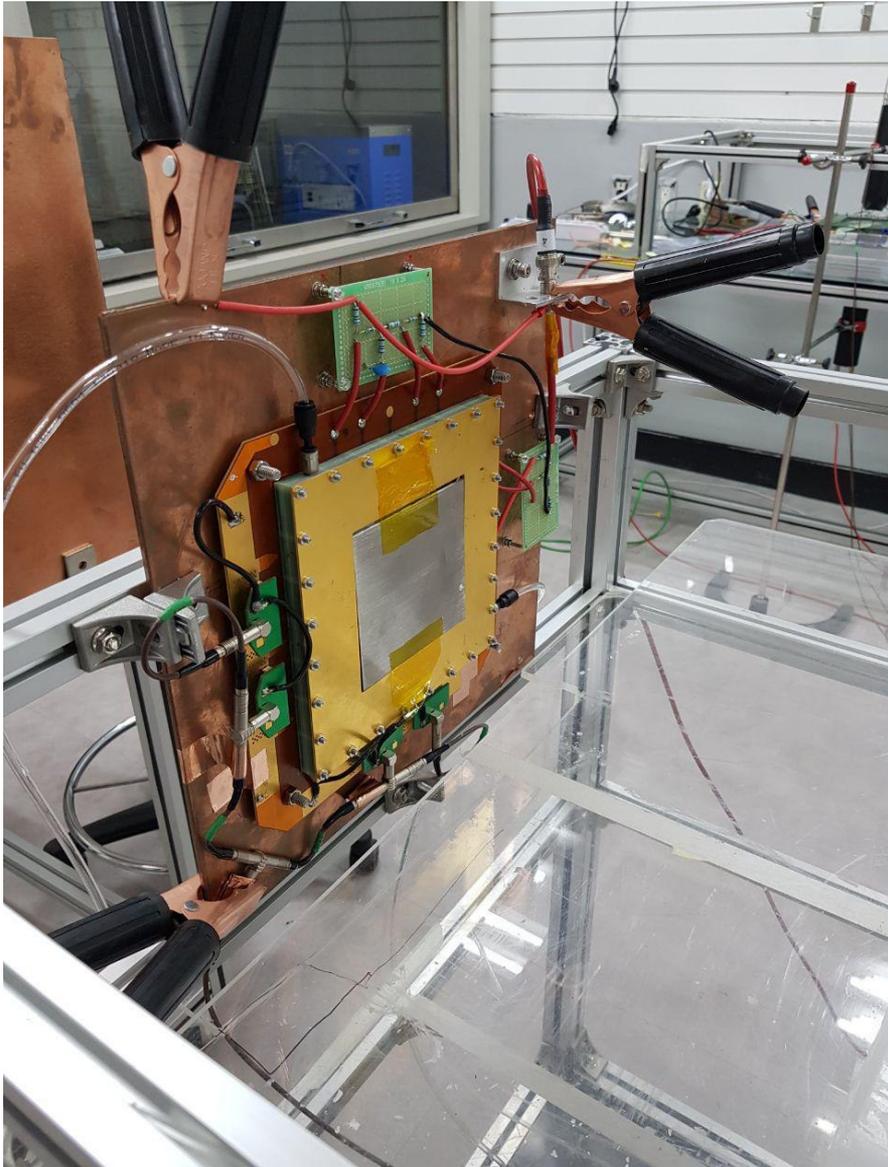
2D Photon Counting Plot



UOS

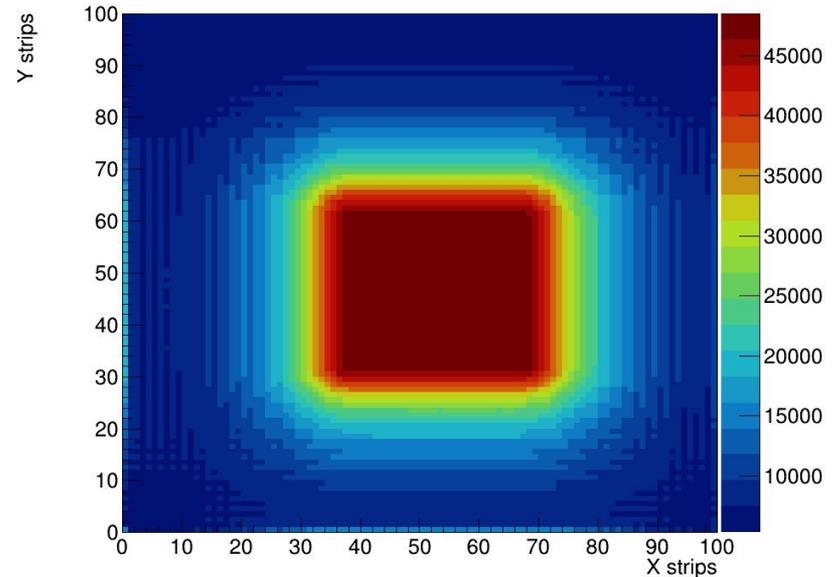
중성자/양성자 검출기

Gd 중성자 켈 검출기 제작
(KRISS 빔테스트)



국립암센터 230 MeV 양성자 빔 모니터

2D Matched Count

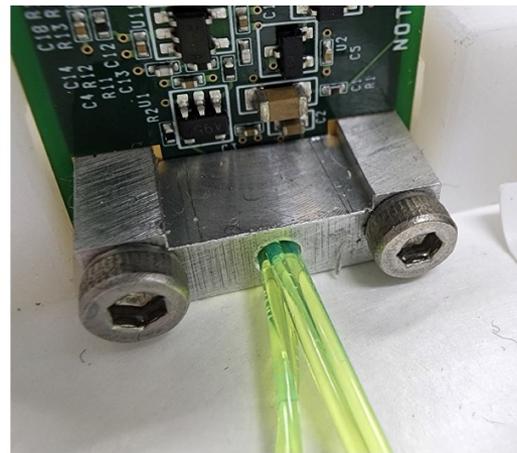
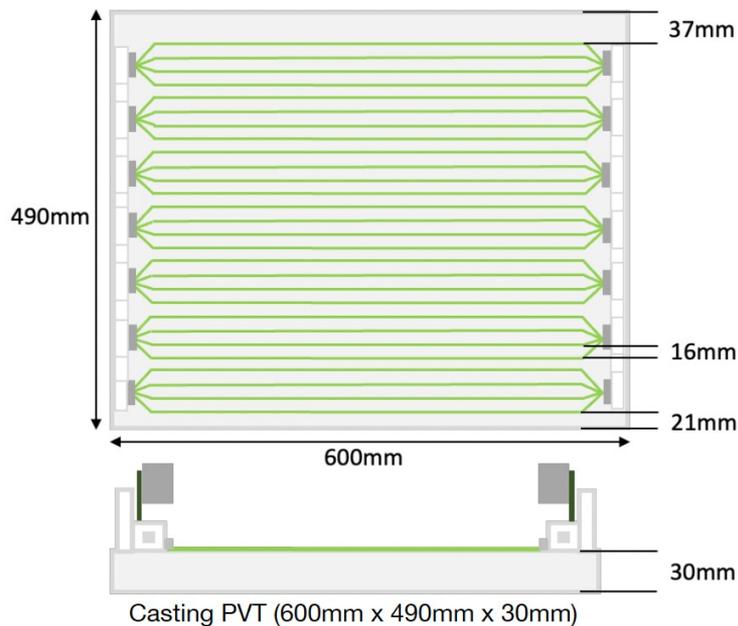


중앙대학교: 희귀반응 입자검출실험실

Position-sensitive Plastic Scintillator detector

Detector Set up

1 PS Panel, 28 Optical Fiber, 14 SiPM



Specific Information of materials

- The Fiber : Kuraray, Y-11 (index of refraction of 1.05)
- The Scintillator : Casting PVT
- The SiPM : Hamamatsu, S13360-1375PE
 - 285 pixels per channel
 - a gain of 4e6 in 1.3mmX1.3mm area

Trigger Condition

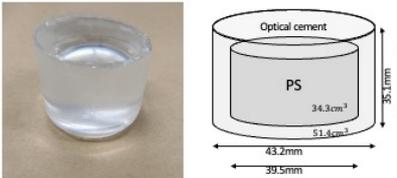
- Threshold : 200 (ADC)
- Multiplicity : 4
- Trigger Rate : 400.8 Hz

중앙대학교: 희귀반응 입자검출실험실

Organic Scintillator + Crystal Scintillator combined detector R&D

Detector Construction

Plastic Scintillator



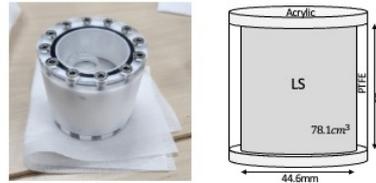
Eljen plastic scintillator was used. The Plastic scintillator was encapsulated with the optical cement to prevent its reaction with the liquid scintillator. The side of plastic scintillator was covered with Teflon to reflect the signal generated in it.

Phoswich



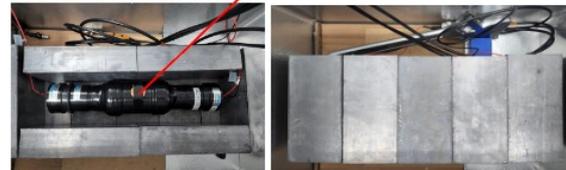
The plastic scintillator was coiled with thin Teflon to fix it inside the PTFE container. The liquid scintillator was shelled up after fixing the plastic scintillator.

Liquid Scintillator

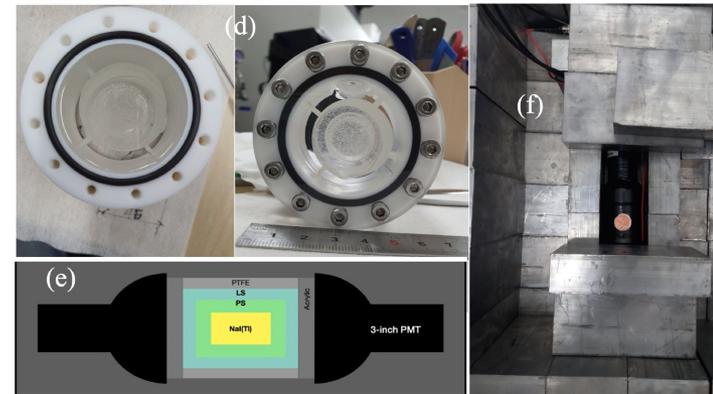
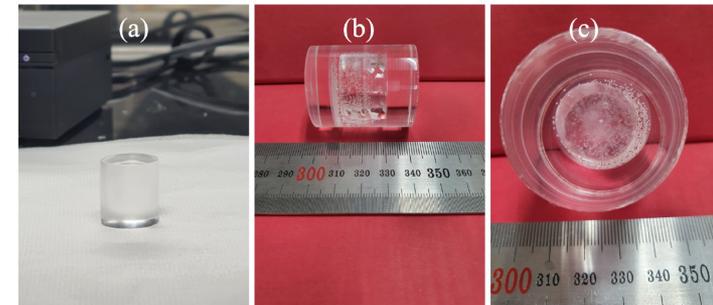


Linear Alkylbenzene(LAB) scintillator was used. We put LAB scintillator into the Polytetrafluoroethylene (PTFE) container to reflect the signal generated in it.

Lead Shielding

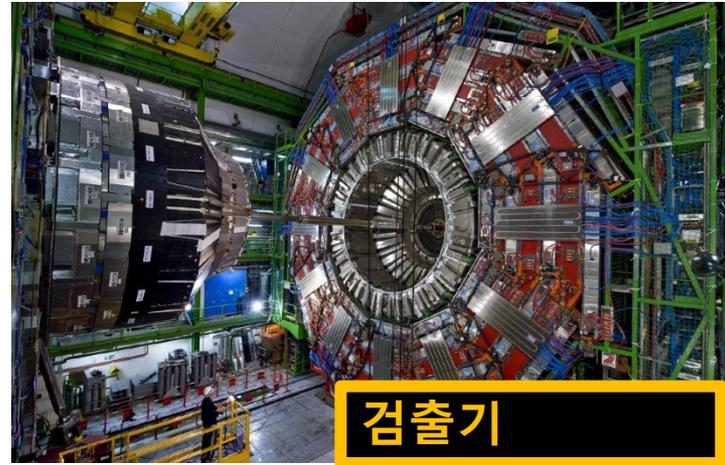


The Cobalt-60($^{60}_{27}\text{Co}$) was put on the scintillator. And the detector(scintillator + 2 PMTs) was covered with the lead bricks for radiation shielding.



검출기 공동연구개발시설의 필요성

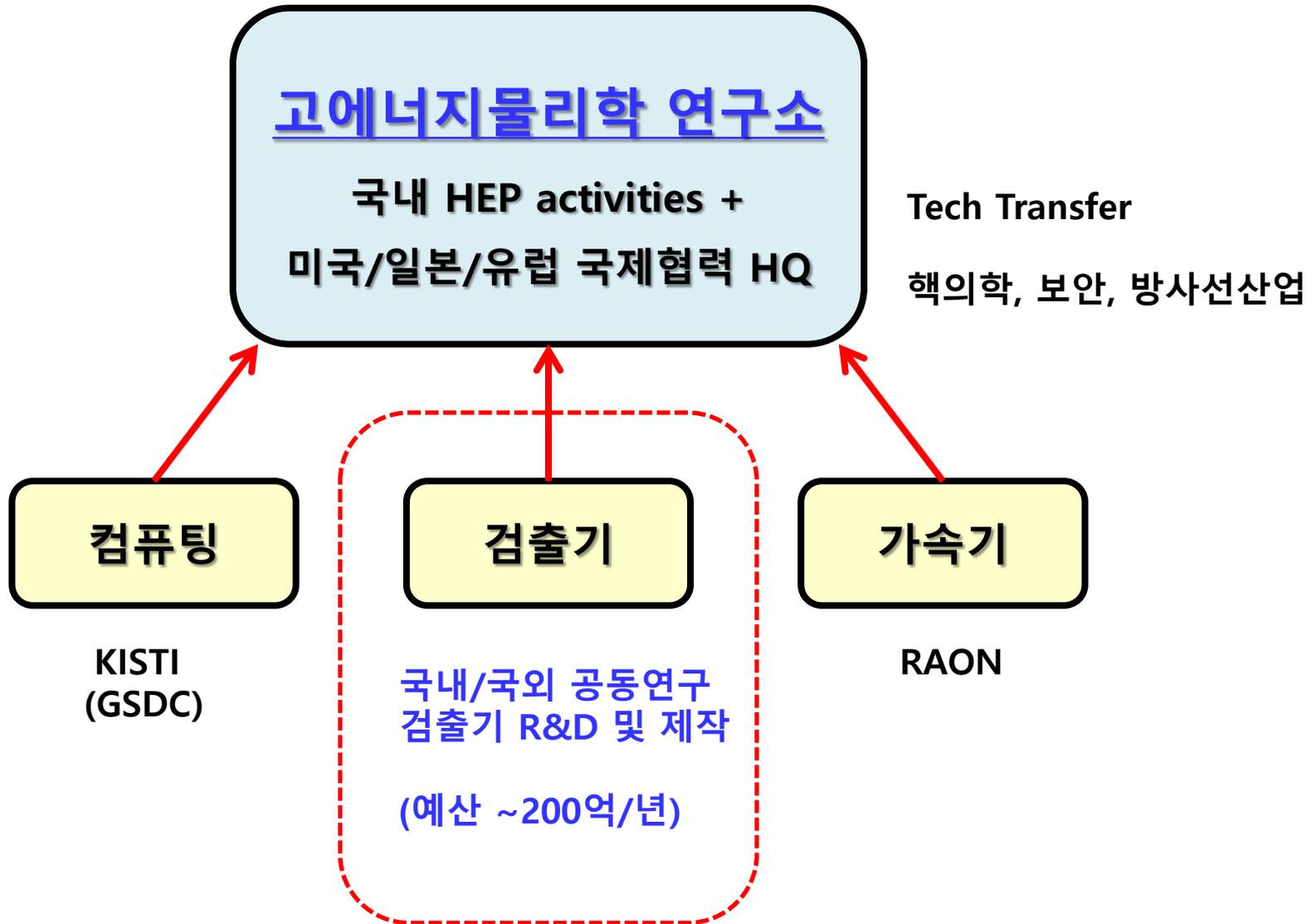
고에너지물리연구소의 4대 필수 시설



검출기 공동연구개발 지원의 필요성

- 국내외 검출기 R&D 수요 대응
 - 시급한 국제협력사업 검출기 기여 지원
 - 국내 대학, 출연 연구소, 국제공동연구 검출기 지원
 - 중이온 가속기 RAON 실험용 검출기 개발 지원
 - 원자력발전 해체, 핵융합 연구용 방사선 검출기
 - BNCT등 핵의학 및 방사선 산업용 검출기 기술 지원
- 검출기 공동연구개발센터 지원에 따른 기대효과
 - 흩어진 검출기 개발 장비의 집적화, 공동활용 활성화
 - 기술 인력의 전문화를 통한 검출기 개발 역량 확보
 - 검출기/센서 기술의 수월성 확보 및 국제 경쟁력 강화
 - 고에너지물리 공동 연구 기구로 발전 가능

검출기 공동연구개발 시설의 기능



국가 검출기 공동연구개발 시설 개요

• 역할

- **국내 고에너지물리학 연구자들의 공동연구개발 시설**
 - ✓ 검출기 디자인, R&D 센터 (GEANT4, DAQ 등 학생교육)
 - ✓ 공동 머신샵, 엔지니어 셰어링
 - ✓ 테스트 빔 시설 운영
- **각 대학 HEP 실험 연구실의 HQ, 기업체와 연계**
 - ✓ 대학원생 파견 실험 및 교육, 산업체 연계

• 공간

- **~2500m²**
 - ✓ 검출기 개발에 필요한 장비 집적

• 인원

- **R&D 및 생산 인력**
 - ✓ 박사급/석사급 ~20명, 엔지니어/기술원: ~15명, 외부 대학원생

• 예산

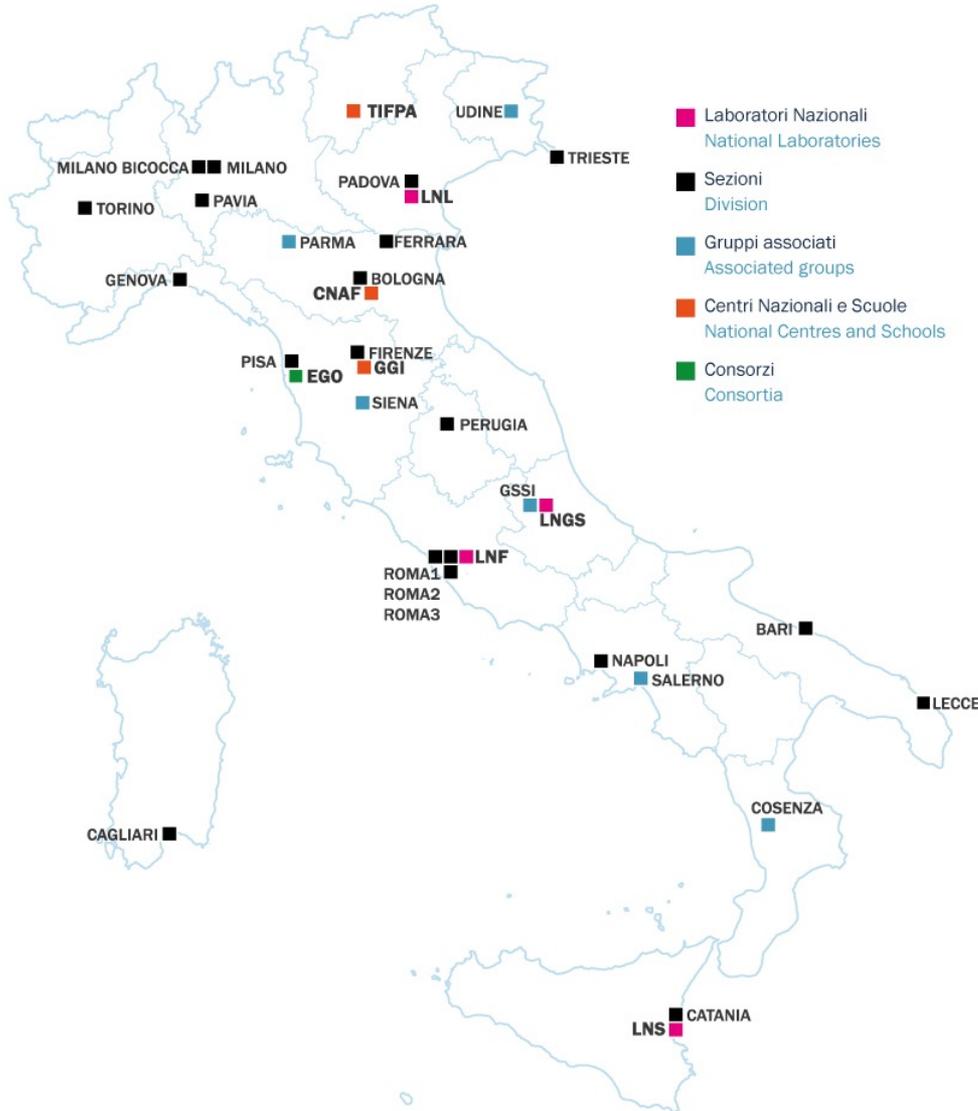
- **~200억/년**
 - ✓ 인건비 ~30억, 장비/재료/연구활동 ~120억

발전 계획

- 중기: HEP 국제공동연구협력센터로 발전
 - 국제공동연구의 허브
 - ✓ Permanent office, staff, address
 - 유럽: CMS/ALICE (한-CERN협력사업), SHiP/SND (경상대, 제주대), GBAR (서울대), Isolde (RAON), FCC (연세대), FAIR (부산대)
 - 북남미: DUNE (중앙대), TA, HAWC (성균관,한양,시립대), sPHENIX (연세대, 한양대), EIC(세종대)
 - 아시아: JPARC, KOTO, SK & HK, Belle2 (연세대, 한양대), CEPC (고려대)
 - ✓ 분담금, MOU, 연구비 정산, 대정부 보고
 - ✓ Collaboration meeting/workshop/symposium 지원
- 장기: 한국고에너지물리연구소로 흡수

백드 슬라이드

고에너지 물리 연구 기구 해외사례



- 이탈리아 INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare)

- 국가핵물리연구기구)

- ✓ 이탈리아 전역의 핵입자물리연구소의 클러스터 연구 기구
 - ✓ 국립연구소 4개와 전국 20개 지역이 참여하는 국가적 연구 클러스터

고에너지 물리 연구 기구 해외사례

- 프랑스 IN2P3 (Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules)
 - 창설된 지 50년의 역사를 갖는 고에너지물리 연구 기구
 - ✓ 국가의 핵물리 연구시설, 가속기시설, 각 대학의 핵/입자물리연구실, 천체물리/우주론 연구실, 방사선응용연구실, 가속기기술 연구소, 빅데이터 및 계산과학연구실들이 클러스터에 참여하는 거대한 조직으로 국가 과학기구 CNRS로부터 직접 예산을 부여 받아 운영
 - 참여기관(지역)
 - ✓ AICP(프레베상), APC, CC IN2P3(수퍼컴센터), CPB, CPPM(마르세이유), GANIL(루르드), IJCLab(파리), ILANCE, IN2P3(본부), IP2I Lyon(리옹), IPHC, L2I(툴루즈), LAPP, LLR(팔레조), LNCA, LP(클레어몽), LP2I (보르도), LPC (깡), LPNHE, LPSC, LUPM(몽플리에), Musée Curie(큐리박물관), OMEGA, PNPP, SUBATECH