

고에너지물리학연구소 설립 안

김영덕

2025. 11. 21 전남대, 2025 한국고에너지물리학회 및 핵-입자-천체분과 연합워크숍

프로로그

- 지난 20년간의 한국의 입자물리학
 - IBS의 연구단이 주도하는 입자천체물리학 (지하실험, 엑시온, 순수이론물리)
 - 대학이 주도하는 가속기 기반 또는 중성미자 물리학 등의 연구로 과기부와 연구재단의 지원.
- 지난 30여년간 한국의 고에너지 물리학자들은 고에너지물리연구소 (Korea Institute for High Energy Physics, KIHEP, 임시이름) 를 꿈꿔 왔으나, 아직까지 이루지 못하였고, 22년도부터는 KIHEP 의 설립을 목표로 하는 한국고에너지물리학회 설립.
- 국제협력사업의 경우, 한-CERN 협력사업의 운영주체(주관기관)를 항구화하는 방안을 모색해 오고 있었고, 최근에 대두하고 있는 국제협력연구들 또한 주관기관을 정하는 문제가 이슈화되고 있다.
- 이러한 배경에서 최근 IBS에 고에너지물리연구소를 설립하고 국제협력사업의 주관기관으로서의 역할을 하는 안을 2024년 가을 한국물리학회에서 논의하였다.

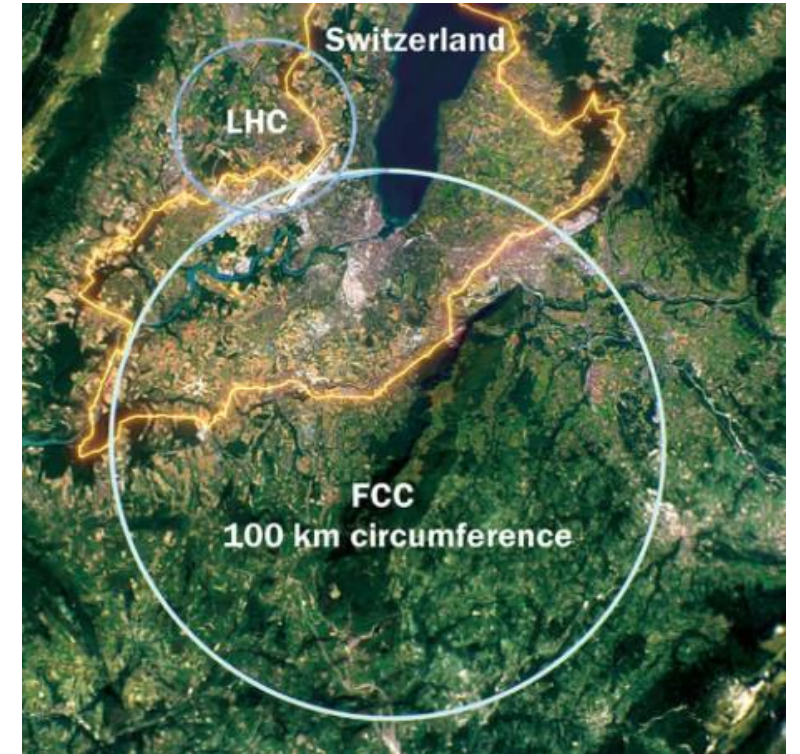
KIHEP 설립추진의 경과

고에너지물리연구소 설립 노력에 관계되는 Milestones 들

- 고등과학원(KIAS) 설립 (1996)
- 경북대 고에너지물리연구소, 첫 SRC (2000)
- 한국고에너지물리협의회 (2006-2021) – KIHEP 설립을 목적
- 서울대 KNRC, RENO 그룹 시작 (2006)
- KIHEP 추진위원회 (2009 ? - 2011)
- IBS 설립, 라온 사업단 (2011)
- CUP, CAPP, CTPU 시작 (2013)
- 한국 입자 및 장 물리학 분야 2020-2030 장기전략 백서 출간 (2020)
- 한국고에너지물리학회 발족 (2021)
- 2024 한국고에너지물리학회 정책세션에서 논의

(1) 가속기 기반 고에너지(입자) 물리학의 발전

- 1998년부터 10년에 걸친 건설후에 LHC 는 2008년에 가동을 시작.
- Run1(2009-2013, 7-8 TeV): Higgs boson discovery
- Run2 (2015-2018, 13 TeV): Precision studies of Higgs boson, QGP
- Run3 (2022-2026) : 2026년 중반까지 데이터 수집
- Run4 (2029-) : High-Luminosity (HL) LHC
- BELLE, BABAR 실험 – 2010
- BELLE-II 실험 2019 -
- EIC (Electron Ion Collider) 가속기 구축 시작
- FCC-ee, pp (Future Circular Collider - 2085) , CLIC, ILC 등 차세대 고에너지 가속기 개발 연구



(2) 입자천체물리학(Particle Astrophysics)의 발전

입자천체물리학은 암흑물질의 탐색과 중성미자진동실험, 이중베타붕괴 실험등으로 기하급수적으로 성장하여, 현재 가속기 기반 실험과 대등한 규모로 성장. (주로 지하실험)

● 중성미자 물리학

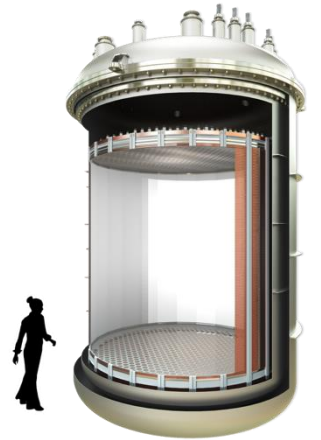
- Kamiokande → SK, T2K → HK, T2HK, DUNE, KNO
- SNO, Borexino → JUNO, nEYE 등
- KATRIN → Project8, Ptolemy 등 중성미자 질량
- ICECUBE → KM3NET (ORCA, ARCA) 초고에너지 우주중성미자 측정

● 암흑물질, 암흑에너지

- DAMA/LIBRA → COSINE, ANAIS, SABRE
- XENON10 → XENON100 → XENON1t → XENONnT, LZ → XLZD (60ton)
- DarkSide-50 → DarkSide-20k (20ton)
- ADMX → CAPP, MADMAX, RadioDM....

● 중성미자없는 이중베타붕괴

- GERDA → LEGEND200 → LEGEND1000 (^{76}Ge)
- KamLAND-Zen → Zen2, nEXO (^{136}Xe)
- CUORE → CUPID, AMoRE → Ton scale Mo (^{100}Mo)



(3) 천체물리학 (입자물리학과 관련된....)

천체물리학도 입자천체물리학과 관련된 분야에서 비약적으로 발전

- CMB (우주배경복사) 정밀측정등
 - PLANCK → EUCLID, CMB-S4
 - BICEP → LITEBIRD etc.
- AMS-02, ISS-CREAM (우주정거장 우주선 실험)
- ❧ HESS, TA, CTA (지상 UHECR), HAWK, SWGO (고에너지 감마선)
- PTA (Pulsar Timing Array), SKA (Square Kilometer Array) 등 전파천문학
- 중력과 등 Multimessenger
 - LIGO, VIRGO, KAGRA → Einstein Telescope (ET), LISA
- DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) 등 암흑에너지 측정
- Rare Isotope Accelerators: FRIB, RIBF, RAON etc.
- Underground Accelerators for Nuclear Astrophysics: LUNA, JUNA



한국의 고에너지물리학 실험현황

전체 연구비 ~ 130 – 200 억/연

(1) 한국의 고에너지물리학 국제협력연구 (외국 based)

- 한-CERN(~85억/년): KCMS (~55억/년), KoALICE(~25억/년), 이론그룹(~5억)
- 한국 BELLE 그룹 (NRF 해외대형연구시설활용연구지원, 연세대, 고려대)
- 한국 SK, HK, JSNS2 그룹 (NRF, SRC, 전남대, 동신대)
- CEvNS SNS 실험 (NRF, 리더연구, 서울대)
- 한국 DUNE 그룹 (NRF, 중앙대)
- CERN 실험들: SND, GBAR, SHiP (NRF, IBS-YSF funded, 경상대)
- 한국 EIC 그룹: 연세대, 서울대, 성균관대, 경북대, 부산대 ...

(2) 한국의 고에너지물리학 연구 (국내 based)

- 한빛원자로 중성미자진동 그룹 (CPNR) (NRF, SRC, 전남대,)
- 낮은 질량 암흑물질 탐색 GLIMPSE, 암흑에너지 연구 등 (삼성미래전략연구, 충남대, 서울대, ...)
- ... NRF

(3) IBS의 고에너지물리 연구그룹

구분	인원(명)
연구단	548
중이온가속기(연)	144
바이러스(연)	38
행정조직	194
합계	924

(학연교수, 대학원생등 포함시 2,049명)

IBS 예산:2932억(25), 2472억(24)

입자및핵물리클러스터 (~250억/연)

- 지하실험연구단(CUP)
- 희귀핵연구단 (CENS)
- 순수물리이론연구단(CTPU)
 - 입자이론및우주론(PTC)
 - 우주물리및중력이론(CGA)
- 엑시온연구그룹(DMAG)
- 예미랩 운영센터



KIHEP 이 필요한 이유 1

세계 10위권 경제력을 갖춘 한국의 고에너지물리 연구역량 강화

- 현재, 한국의 고에너지물리 연구 그룹이 세계속에서 차지하는 위상은 경제규모에 비해 크지 않다.
- 고에너지 분야 연구자들이 집결된 조직을 통해서, 연구비 확보와 연구역량의 확대를 가져올 수 있다. (현재 대략적인 연구비 350-430 억/연)
- 새로운 대규모의 실험의 기획과 운영을 보다 체계적이고 효율적으로 추진할 수 있다.

KIHEP 이 필요한 이유 2

한국의 가속기 기반 고에너지물리학 연구집단과 국내기반 입자천체물리학 연구집단의 공론화된 토의의 필요

- 암흑물질과 암흑에너지의 성질과 탐색연구, 중성미자등 BSM 연구등은 두 연구그룹의 공통주제로서 융합연구를 추진할 때, 보다 창의적인 연구가 가능하다.
- 각 연구그룹의 정기적인 협의회를 통하여 전체적인 고에너지연구의 방향을 보다 건설적으로 설정할 수 있다. (각 연구 그룹간의 상호이해에 바탕한 장기계획을 세울 수 있다.)
- IBS의 수월성에 바탕한 선정 원칙으로는, 외국의 거대시설에 바탕한 국제협력사업은 지속적인 참여와 지원을 약속하기 어려워, 연구단 형태로 포함되기 힘들다.

KIHEP 이 필요한 이유 3

국제협력연구의 경우, 주관기관의 전문화, 공론화 필요.

- 한-CERN 사업의 경우 주관기관(대학)이 순환하는 방식으로, 연속성을 가지지 못하여 연구 장비의 관리 등 사업의 연속성과 주관기관의 전문화에 개선이 필요.
- 연구의 대표성이 필요할 때, 주관기관인 대학이 전체 연구집단의 대표성을 가지기 힘들고, 한-CERN 사업보다 더 규모가 작은 국제협력연구의 경우 연구의 연속성, 행정, 기술적 지원이 더 힘들.
- KIHEP 의 경우, IBS의 행정적 지원(연구관리, 구매및 재정, 홍보등)이 체계적으로 이루어 질 수 있다.
- 어떤 국제협력연구가 더 필요한가에 대한 공개적인 토의가 바람직하다.

KIHEP 이 필요한 이유 4

공동이용을 위한 장비를 구축하고 전문인력을 결집, 검출기 공동연구개발 센터 (검출기센터)를 운영할 수 있다.

- 국제협력연구가 활발히 진행됨에 따라, 검출기의 개발/제작/생산등의 수요가 증가. (현재 RAON의 건물에 약 30평의 CMS 검출기 부스, 클린룸 운영중)
- 대학의 공간 부족및 사업연속성 확보 문제로 체계적인 연구개발이 힘들.
- 고가의 공동장비를 센터에 구축함으로써 시간과 연구비를 절감할 수 있으며, 공동연구개발을 통하여 효율적인 검출기 구축이 가능.
- 예미랩은 2025년부터 연간 30억원의 운영비로 분리 운영되어 KIHEP 의 기본 연구시설로서 역할을 할 수 있음.

외국의 고에너지물리연구소

[별첨1] 자료

- 한국과 비교될 수 있는 나라들의 연구소
- INFN (이탈리아의 고에너지물리학 국립연구소와 대학연구소의 연합체)
- IN2P3 (프랑스의 고에너지물리학 국립연구소와 대학연구소의 연합체)
- RAL (UK)
- IPP (Canada)
- ICEPP (Japan, 동경대)

Updates

- 검출기 공동연구개발센터를 2026년부터 구축
- 고에너지물리연구소의 설립(안) – 수정, 업데이트

DRDC (Detector R&D Center) – 검출기 센터

- 고에너지물리학에서 검출기의 연구개발은 필수적.
- IBS의 클러스터내 실험연구단과 HQ의 물리실험관련 연구그룹이 필요로 하는 검출기를 공동 연구개발하는 목적으로 클러스터내에 검출기 센터를 구축 예정.
- HQ 내에 머신샷, 검출기연구실, 전자회로실로 구성되는 검출기 센터 공간 마련.
- 대학이 보유하고 있는 검출기 관련 장비들도 이전 공동 운영 가능.
- 1차년도에 머신샷과 광학관련 장비 구축.
- 2-3차년도: 가스검출기, 불활성액체검출기 테스트 셀업 구축
- 4-5차년도: 실리콘검출기 제작, 프로브스테이션 구축

공간

- IBS 제 2차 건립 건물내에
- 공간 신청 (250m²)X 2



실험실 (250 m²)

26년 1월 30일(금) (잠정), 검출기 센터 관련 워크숍을 개최 예정.

DRDC 구축장비 (1,2년차) 예정

● 26년 예산 10억



머시닝센터 (MCT) 장비, Model 5700]



[Hamamatsu PLP-10,
Laser Diode Head series]



LAPPD



Arbitrarary Waveform
Generator



Hamamatsu Quantaurus-QY



Hamamatsu Quantaurus-TAU

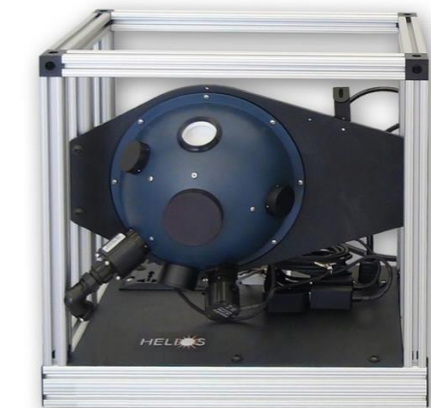


AL600 Cryocoller



Metal Glove Box

+ ...

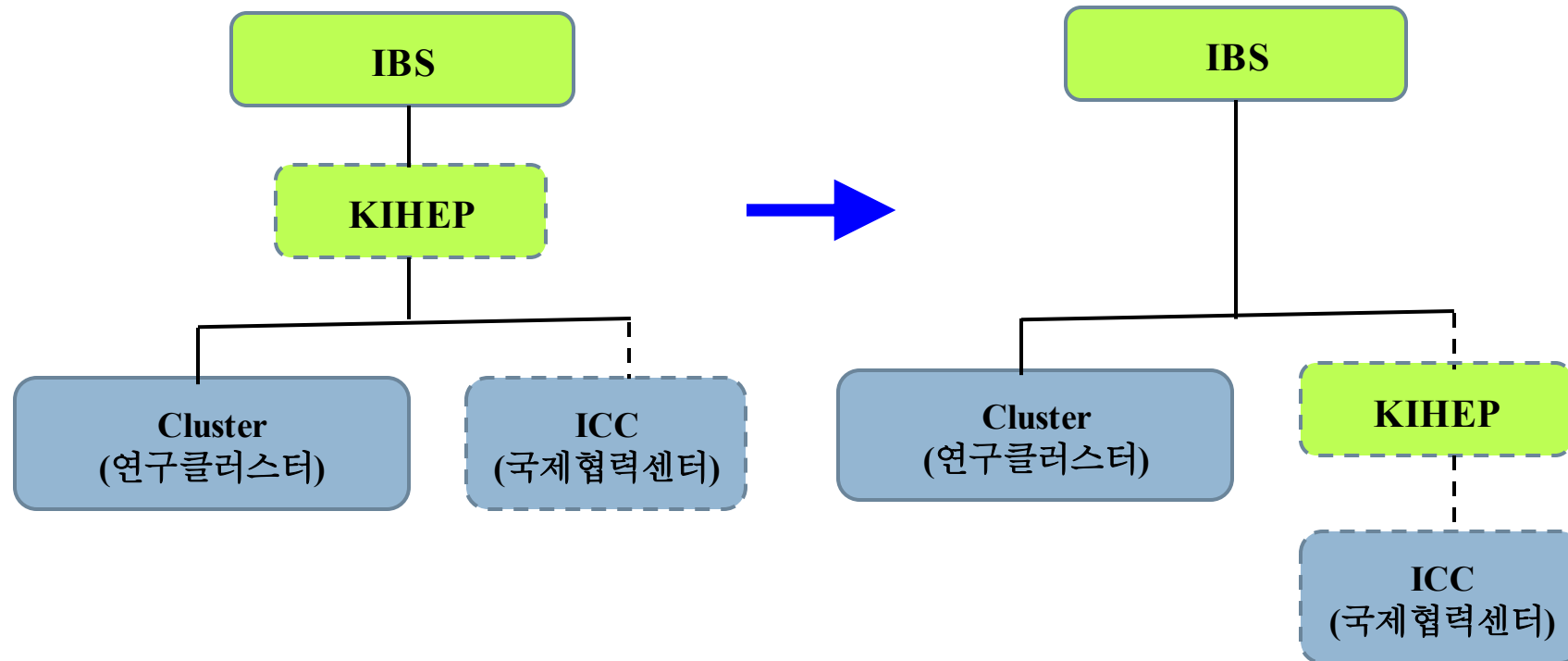


HAS Sphere Assemblies

KIHEP 설립 (안)

[별첨2] 참조.

- 이전 안과 달리, KIHEP을 입자및 핵물리클러스터 (클러스터)와 별도로 IBS에 설립하고, 국제협력센터와 검출기센터를 둔다. (IBS의 연구단은 별도의 선정, 평가, 운영절차를 따라야 한다는 점을 고려)
- 2019-2020년 IBS에 한국바이러스기초연구소와 중이온가속기연구소를 설립한 것을 참고한다.



KIHEP 설립 (안)

[별첨2] 참조.

- KIHEP에는 행정기술지원을 전담하는 행정기술지원팀을 둔다.
- 국제협력사업별 PI인 대학과 KIHEP은 MOU를 체결해서 운영을 결정한다.
- KIHEP은 PI협의체에 IBS의 연구단을 포함함으로써 클러스터 연구단과의 협력과 발전방향을 모색한다.
- 이 과정들은 **Bottom-Up 방식**으로 고에너지물리학 연구자들이 주도하고, 원하는 방향으로 진행한다.

단계적 설립

KIHEP 은 단계적으로 설립해 나가는 것이 바람직하다.

1. KIHEP 추진위원회를 구성하고, 기획안을 작성한다.
2. IBS 과학자문위원회 (SAB), 과기부, 연구재단의 KIHEP 설립 필요성에 대한 검토와 확인.
3. IBS에 검출기센터와 국제협력센터를 포함하는 KIHEP을 설립.
4. 국제협력사업의 각 주관기관과 KIHEP 의 MOU 체결
5. 새로운 국내, 국제협력 프로젝트를 제안, 전체 연구소 규모를 확대, 국제사회에서의 한국고에너지물리학 연구역량을 확충.

Budget (안)

KIHEP 예산 ~ 50억 설립연도 (27년).

- DRDC :
 - 27년 20~25억, 28년 이후 ~30억/연
- 기술행정팀 :
 - 국제협력센터와 검출기센터의 운영에 필요한 행정인원 (약 5명)
 - 연구기술팀
 - 인프라

요약및 결론

- IBS 입자및 핵물리 클러스터와 별도로 국제협력센터와 검출기센터를 포함하는 IBS의 연구소로 KIHEP을 설립하는 안을 제시해 봄. 클러스터의 연구단은 PI 협의체를 통하여 KIHEP과 협조.
- KIHEP의 설립으로 많은 잇점과 수혜를 예상할 수 있다. 특히 세계적인 연구소의 존재가 젊은 연구자들에게 주는 희망적인 메시지는 중요하다.
- 이러한 것을 이루는데, 현재 투여하고 있는 예산의 1/5 정도의 추가 예산만이 더 필요하다라는 점을 고에너지 물리그룹 뿐만 아니라 예산지원 부서도 공유하기를 희망한다.
- 거대국제공동실험과 국내기반 창의적 실험을 한 기관에서 수행하여 새로운 물리학의 창출에 기여하는 고에너지물리연구소로 기능할 수 있다.
- 향후, 국제공동연구 PI와 국제협력센터사이의 협력관계에 대한 세부계획을 세울 예정.

별첨

INFN(이탈리아국립핵물리연구소)

[별첨1]



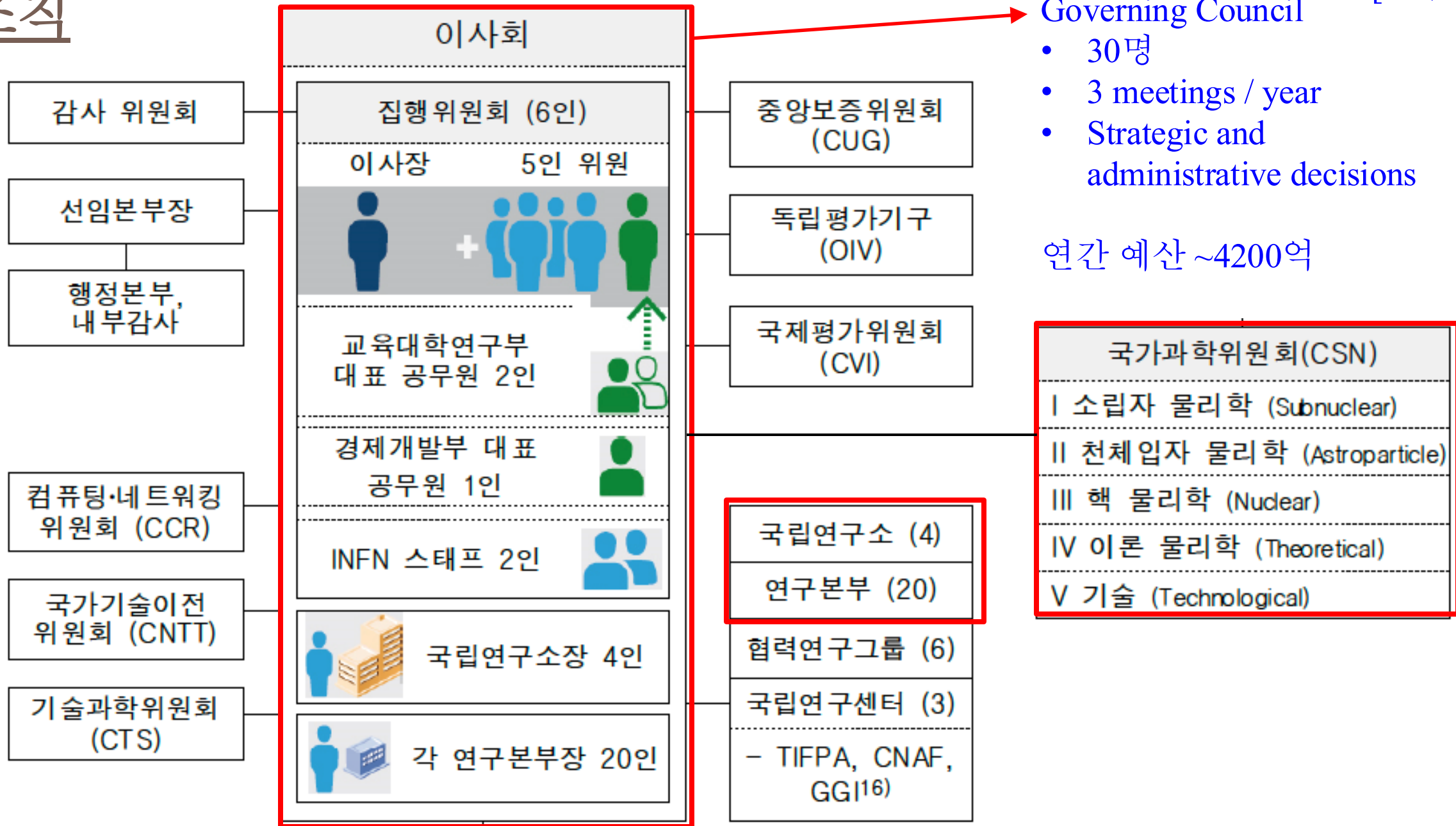
- 4 National Laboratories
- 20 Divisions
- 6 Associated groups
- 3 National Centres and Schools
- 1 International consortia

전체 4500명

- 413 postdocs
- 1315 students
- 359 Associated from universities.
- 2113 Permanent
 - 673 Researcher
 - 464 Engineers
 - 598 Technicians
 - 376 Administrative
 - 2 Administrative Executives
- 347 Fixed-term

조직

[별첨1]



RAL (Rutherford Appleton Laboratory) in UK

[별첨1]

- Inside RAL, PPD (Particle Physics Department) is located.
- Computing
- Experiments:
 - Hyper-K, T2K, LZ, MIGDAL, ATLAS, CMS, LHCb, DUNE, EIC, LhARA, Muon Collider, nustorm
- Boulby underground laboratory (Similar to Yemilab in size and depth)
- PPD project office:

The office is a new venture for PPD and is growing quickly: we are actively managing the LBNF/DUNE and CMS projects (valued at around £95M (1900억) with 24 contributing institutions) and with a watching brief over the AIT, LHCb, SwiftHEP, AION, Hyper-K projects as we grow.

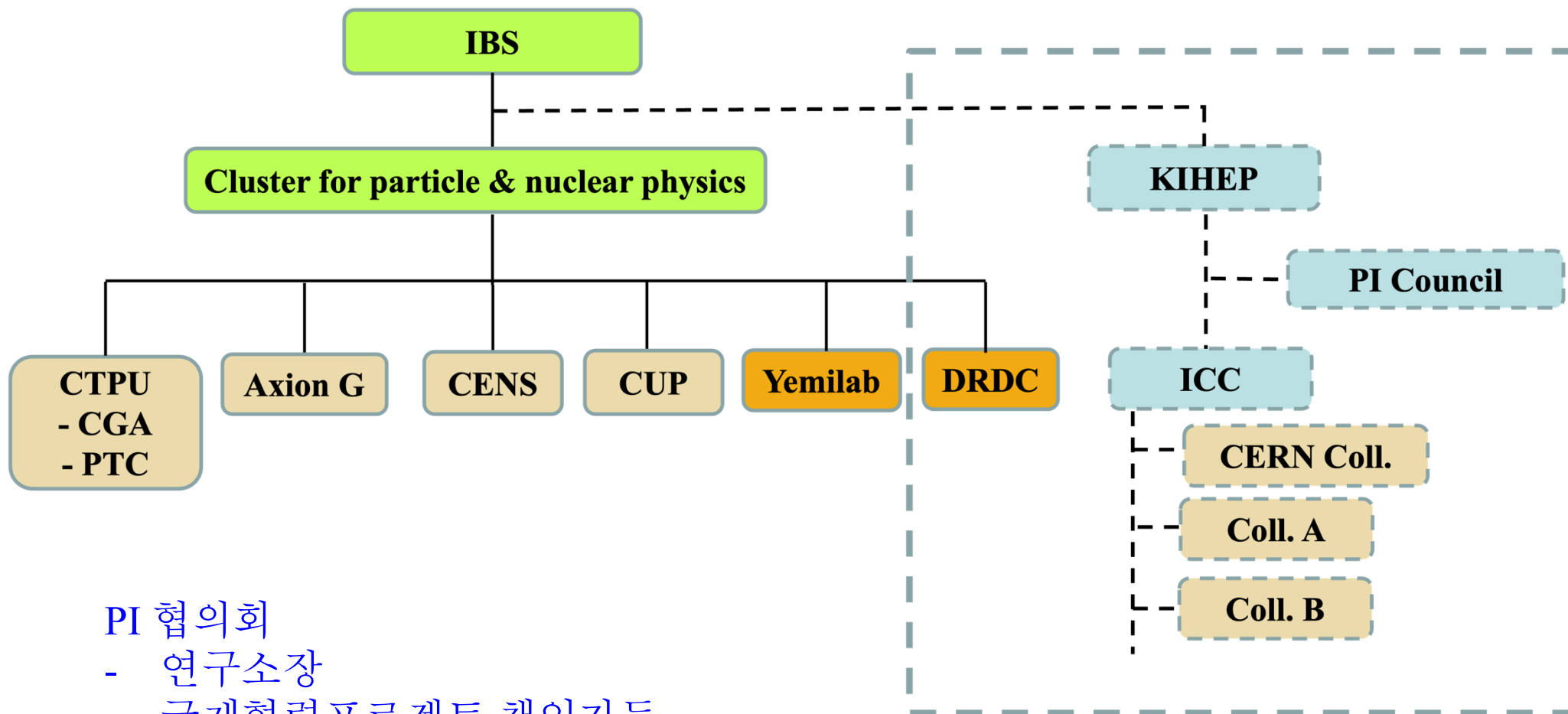
IPP (Canada)

[별첨1]

- Institute for Particle Physics (IPP) in Canada.
- Consortium of 16 institutions.
- Funded by **Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC)** to individual institutions.
- ~700 억/ 연의 예산.
- Each institutions has individual members.
- **Make long range plan.**
- ATLAS, BELLE-II, DEAP, IceCUBE, Moedal-MAPP, NA62, PICO, SNO+, T2K, VERITAS
 - University of Alberta — Physics Department
 - University of British Columbia
 - Carleton University
 - Laurentian University (Honorary)
 - McGill University
 - University of Montreal
 - Queen's University
 - Perimeter Institute for Theoretical Physics
 - University of Regina
 - Simon Fraser University
 - **SNOLAB (Deeper than Yemilab)**
 - University of Toronto
 - **TRIUMF**
 - University of Victoria
 - University of Winnipeg
 - York University

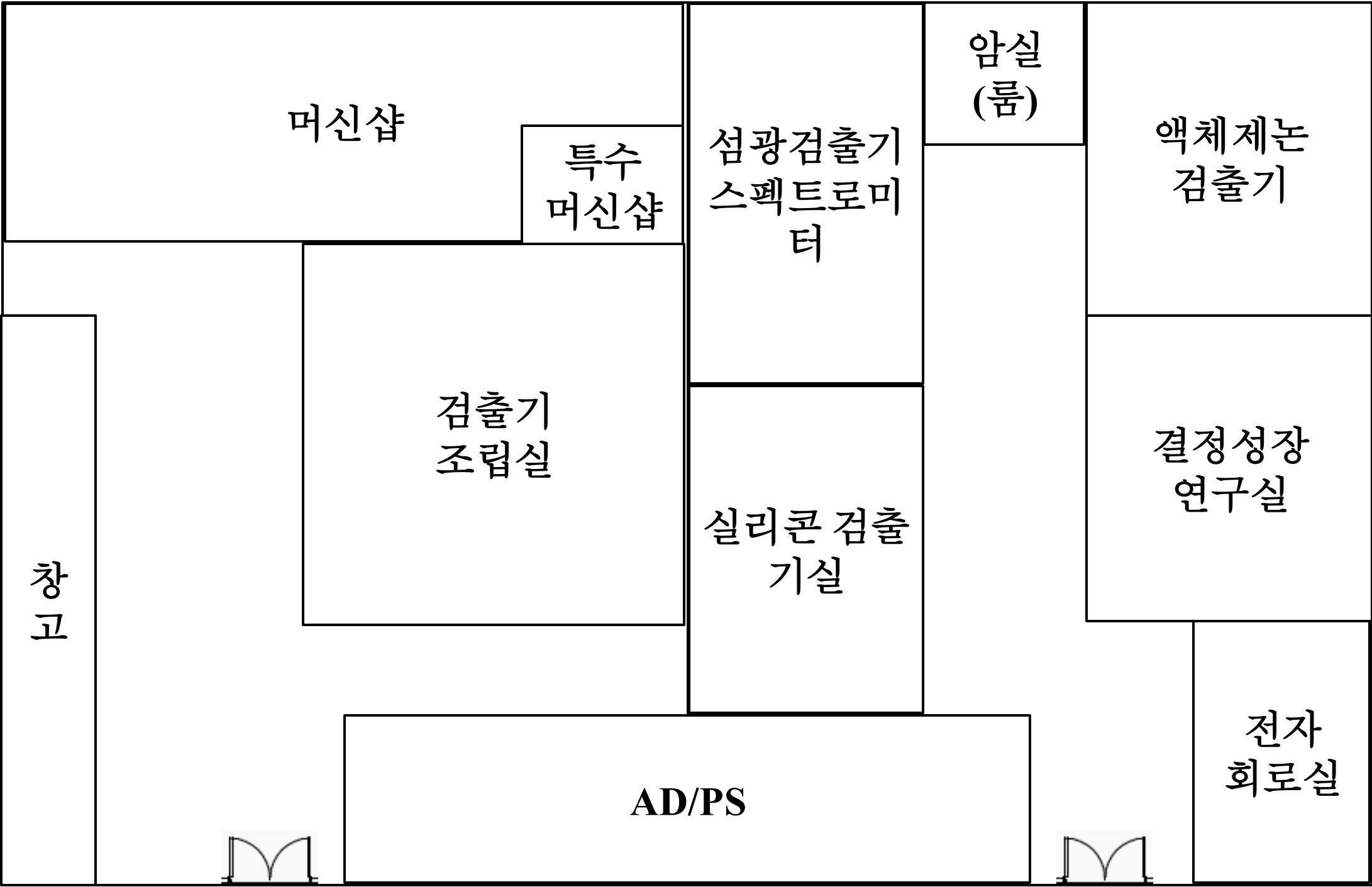
Organization (안)

[별첨2]



PI 협의회

- 연구소장
- 국제협력프로젝트 책임자들
- 검출기 센터장
- + (연구재단관계자)



- High Energy Groups
 - CMS
 - ALICE
 - EIC
- Astrophysics Group
 - DUNE
 - (Neutrino Detector Center)
 - (Gravitational Wave Group)
 - (Long Baseline Neutrino Detection)
 - (Observation group)
- International Cooperation Program
 - IBS-INFN Global Center (GCND)
- Detector R&D Center (DRDC)
- Partner Group
 - CUP,
 - Yemilab

한-유럽 고에너지물리협력 (공식참여기관)



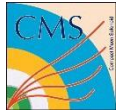
강릉대, 고려대, 성균관대



경북대, 카이스트



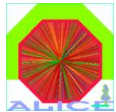
경상대



경북대, 경희대, 고려대, 서울대, 서울시립대, 성균관대, 세종대, 연세대, 한양대, 강릉원주대



경상대, 광주교대, 성균관대



인하대, 부산대, 연세대, 세종대, 전북대, 충북대, 강릉원주대, 성균관대, 키스티



경상대, 광주교대, 제주대, 고려대, 성균관대



경상대



IBS RAON



서울대, IBS, 고려대, UNIST



포항가속기, 카이스트, 고등과학원, 고려대, 경희대, 서울시립대, 연세대, 강릉원주대, 경북대, 부산대, 한양대



경북대, 전남대



INSTITUT NATIONAL DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ET DE PHYSIQUE DES PARTICULES



KISTI, 고려대, 서울과기대, 전북대, 인하대, 경북대, IBS



경상대

가속기/검출기/핵-입자 실험분야 모두
CERN과의 국제협력이 주류를 이루고 있
음