

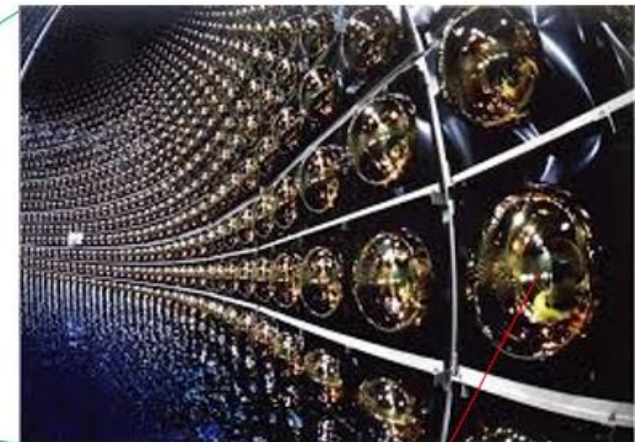
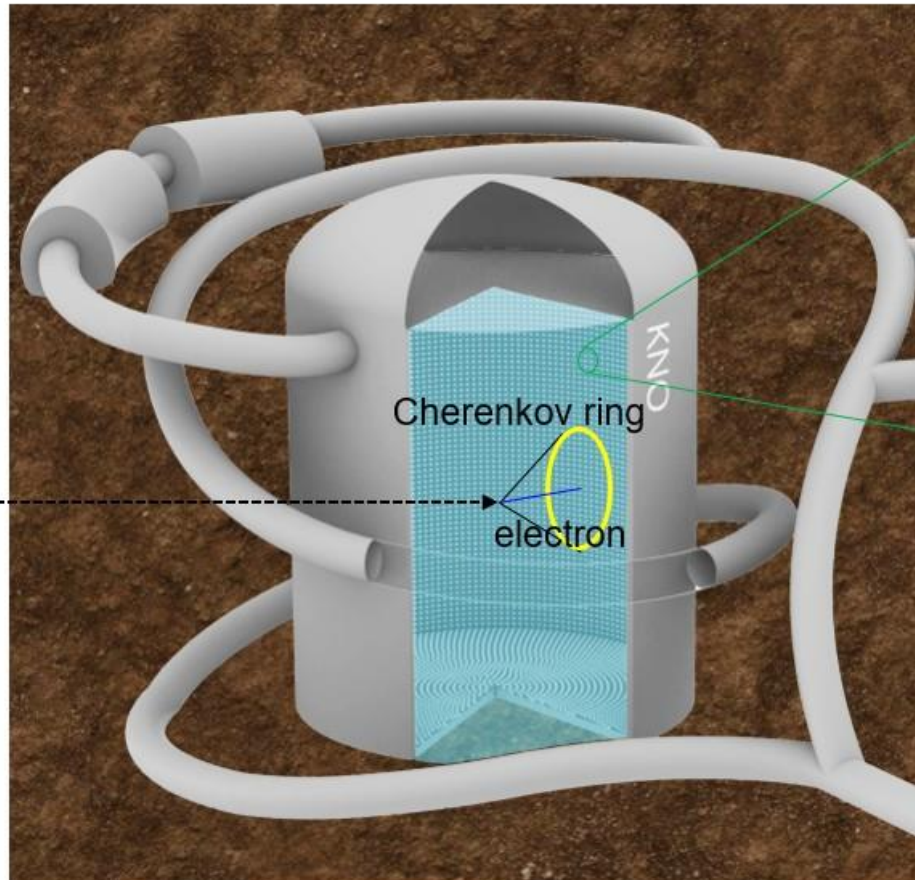
Status of Korea Neutrino Observatory (KNO) Project

Intae Yu

Sungkyunkwan University

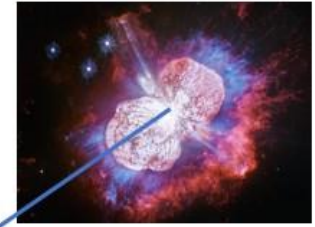
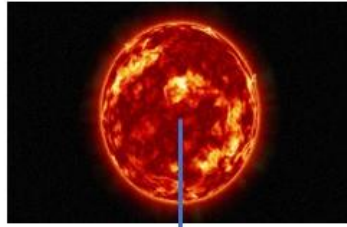
KNO: Largest Underground Neutrino Detector

지하 1000 m

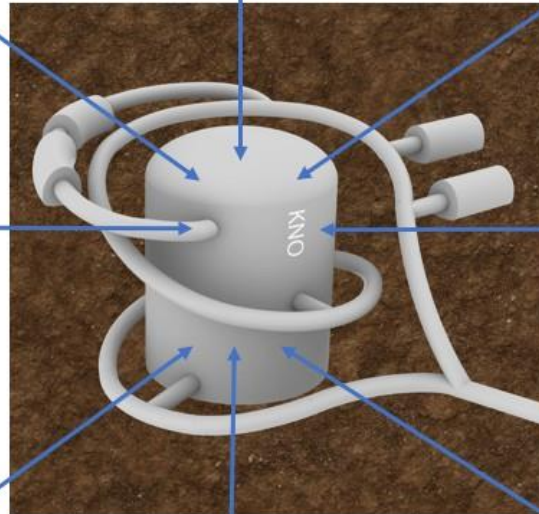


PMT (Photo Multiplier Tube)

KNO Detector



Multi-purpose Underground Neutrino Detector (10MeV ~ 10GeV)



Water Cherenkov Neutrino Detector

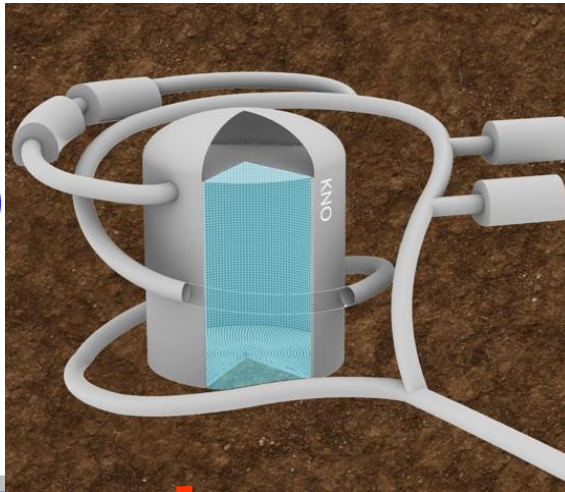


Physics Goals of KNO

- Discovery of leptonic CP violation and precise measurement of CPV phase (δ_{cp})
- Precise measurement of oscillation parameters such as $\sin^2(\theta_{23})$
- Search for proton decays
- Diffuse supernova neutrinos
- Supernova neutrinos
- Search for non-standard neutrino interactions
- And many others

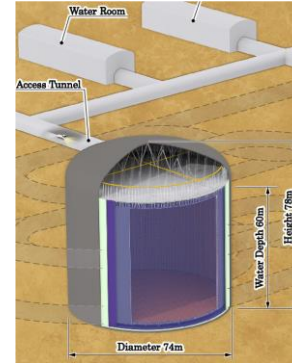
KNO and HK

**KNO
(0.5Mt)**



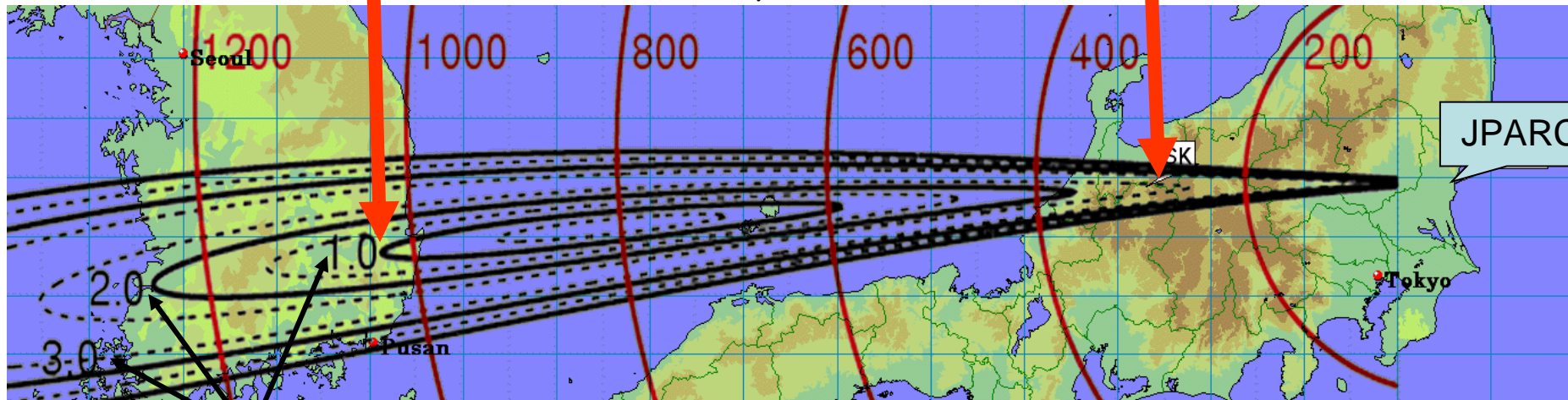
1.5~2.5 deg. off axis

**Hyper-K
(0.26Mt)**



2.5 deg. off axis

The J-PARC ν_μ beam comes to Korea.



Off-axis angle

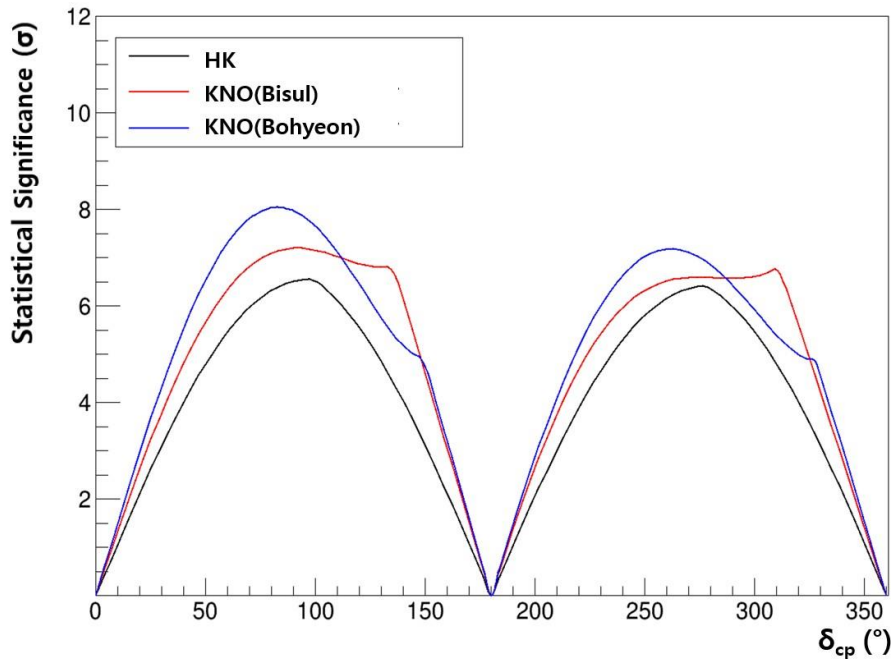
see hep-ph/0504061

By K. Hagiwara, N. Okamura, K. Senda

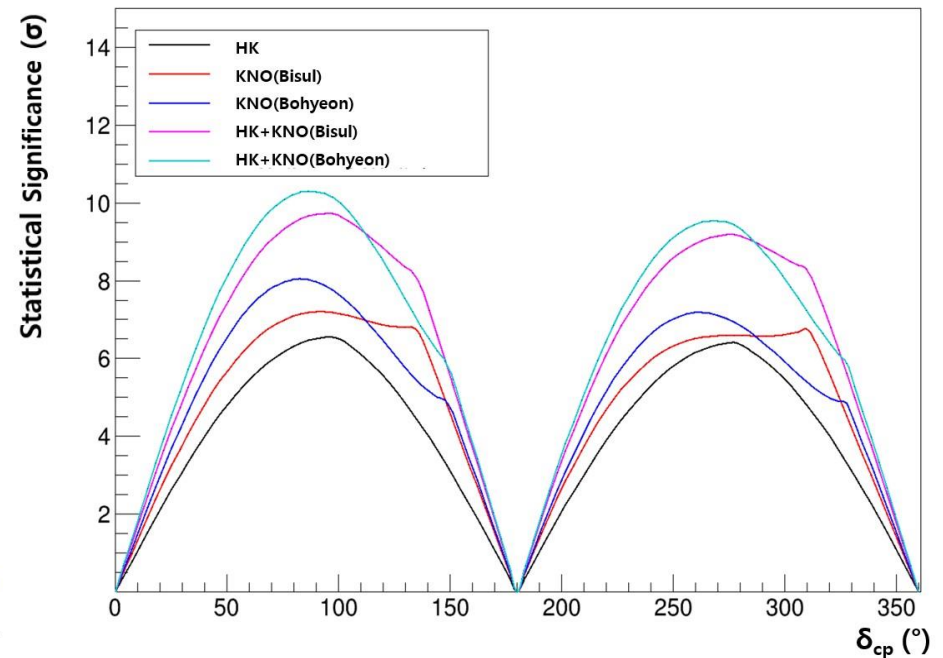
Physics Potential at KNO: δ_{cp}

- Prospects of discovery of CP violation in the neutrino sector

Prospects for Discovery of CP Violation



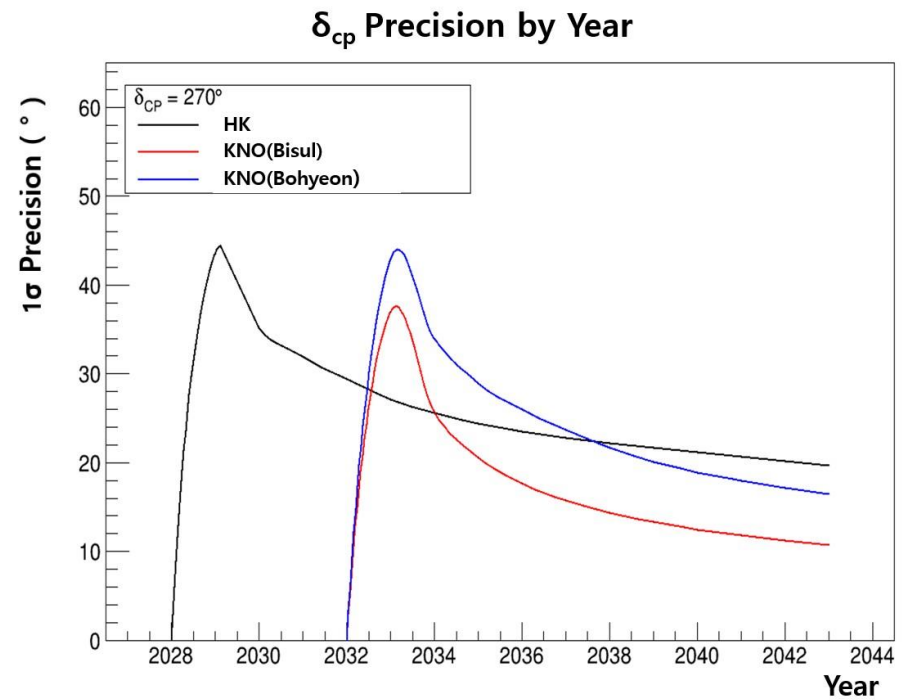
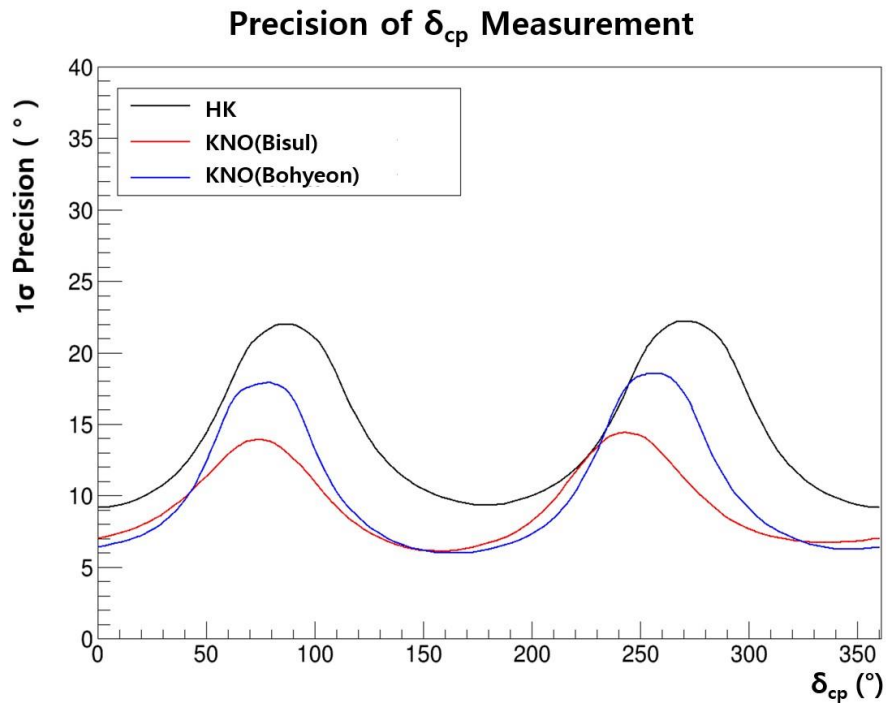
Prospects for Discovery of Neutrino-Antineutrino Asymmetry



- 10 years of Operation with 1.3MW of J-PARC Beam ($\bar{\nu}:\nu = 3:1$)
- KNO (0.5Mt) and HK (0.26Mt)

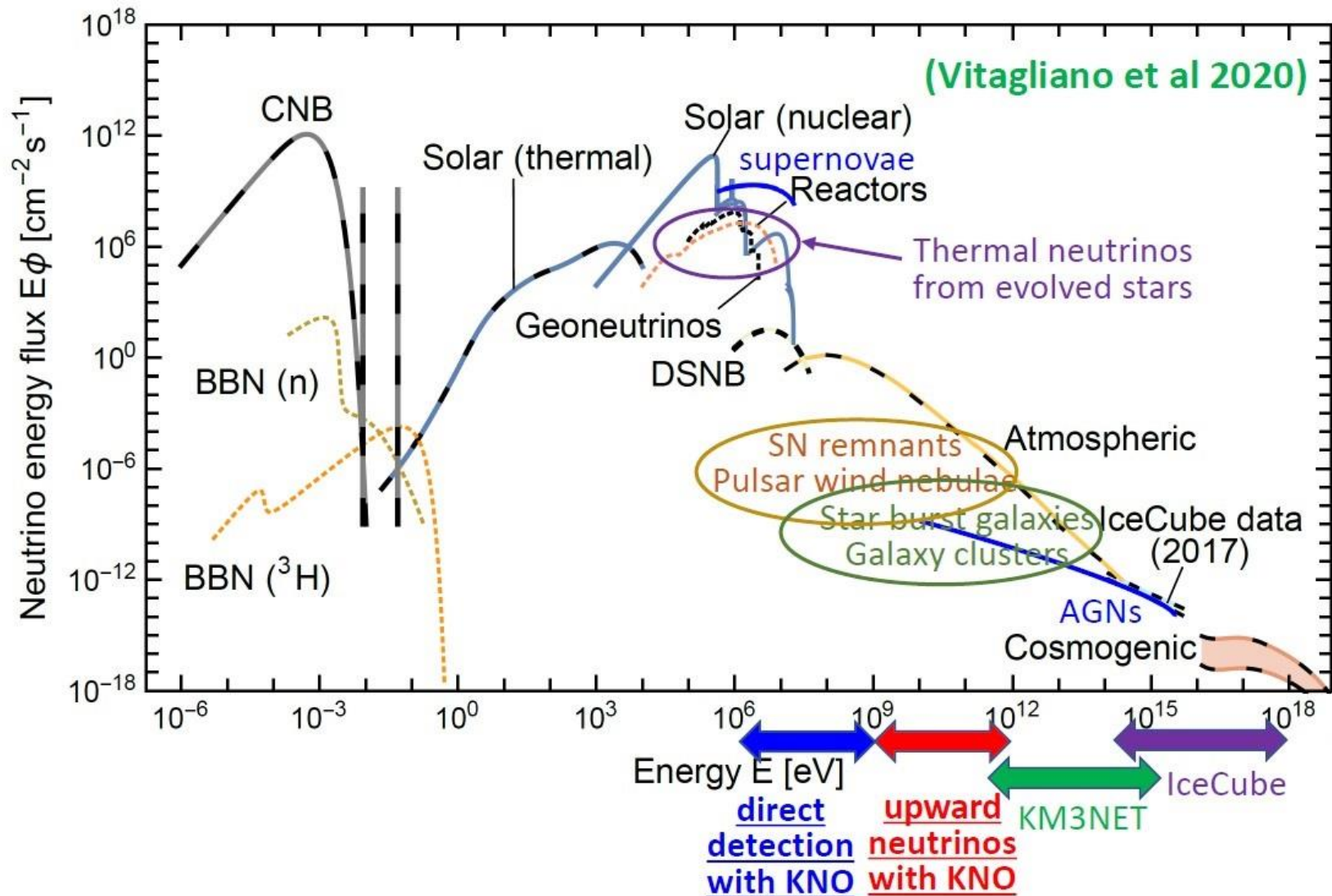
Physics Potential at KNO: δ_{cp}

- 1σ precision of δ_{cp} measurement

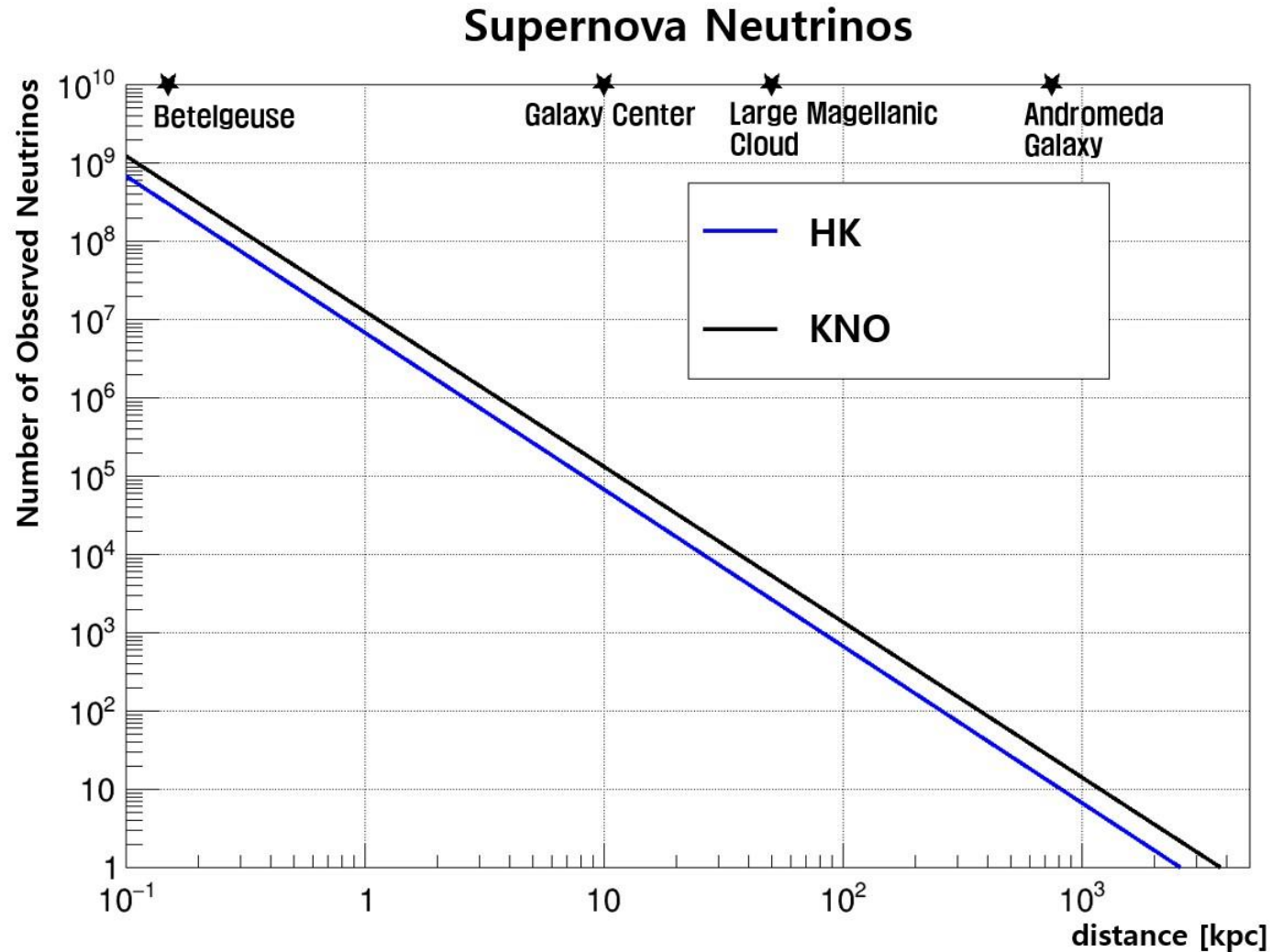


- 10 years of Operation with 1.3MW of J-PARC Beam ($\bar{\nu}:\nu = 3:1$)
- KNO (0.5Mt) and HK (0.26Mt)

Neutrinos of Astronomical Origins

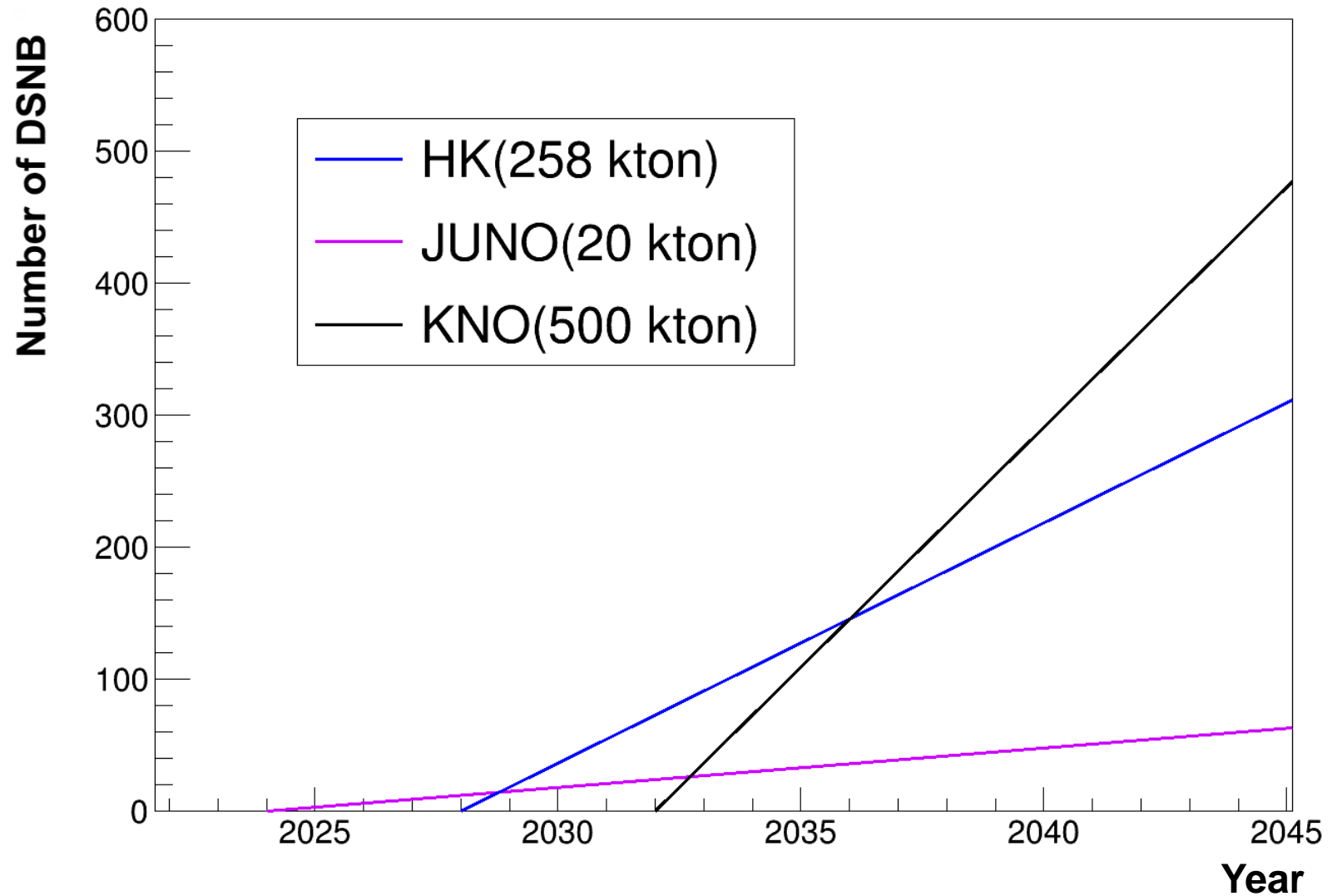


Supernova Neutrinos

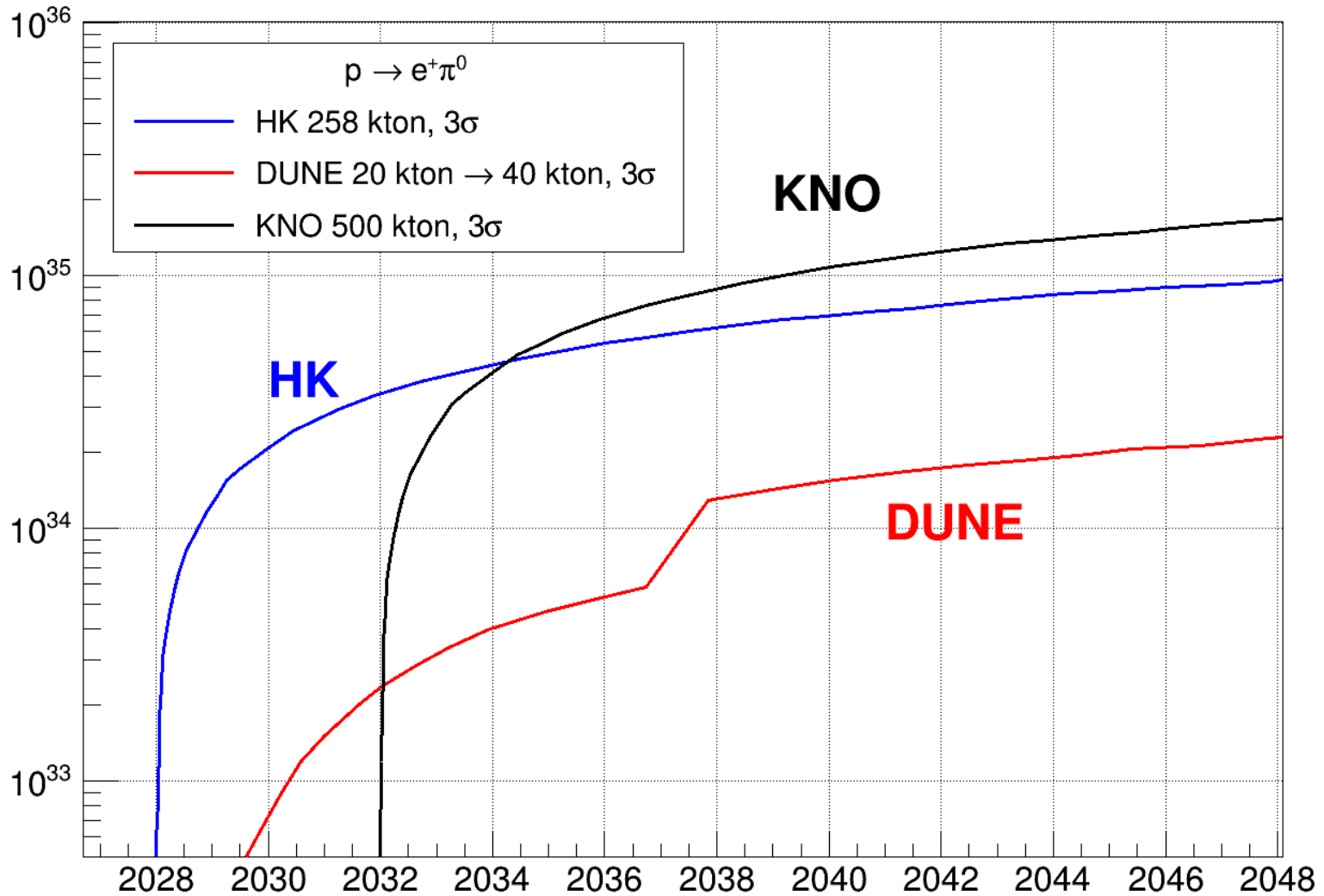


- KNO can detect more than 100M neutrinos from Betelgeuse at 200pc if it becomes a supernova

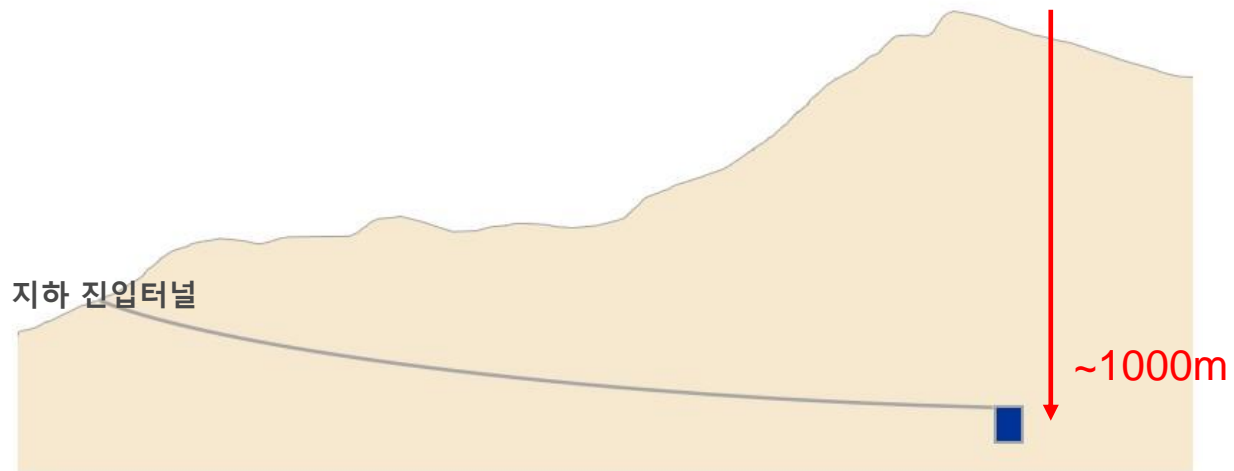
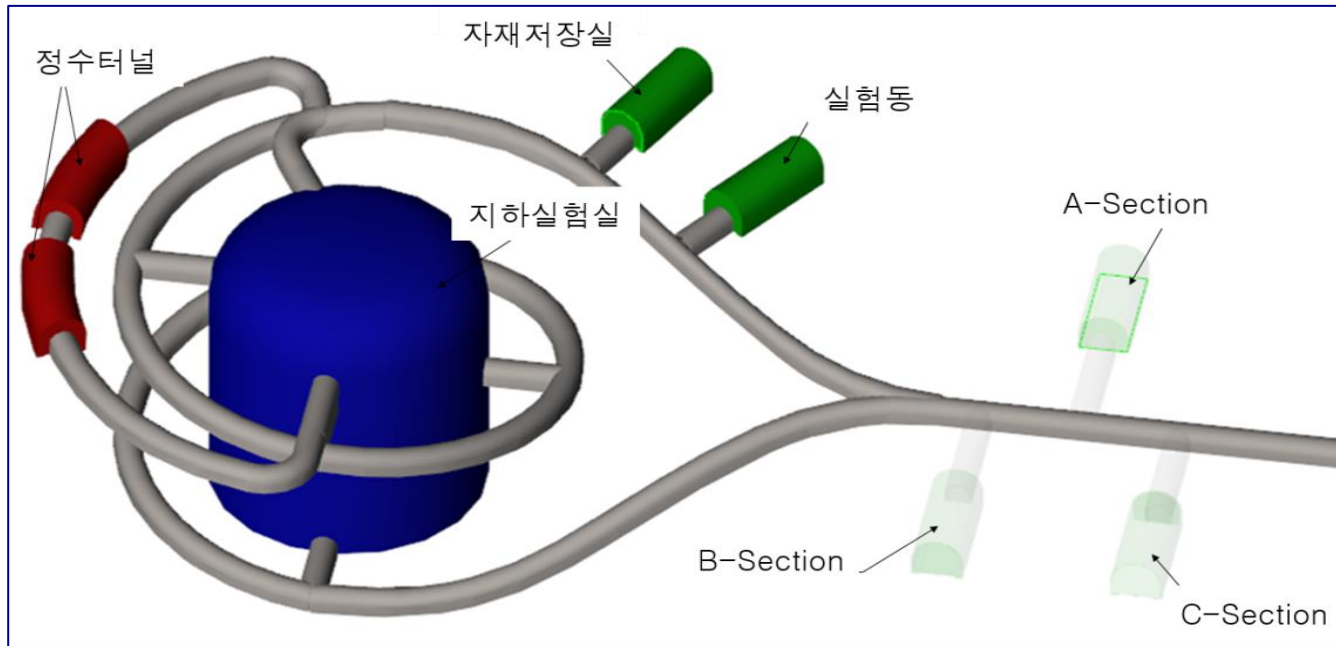
Diffused Supernova Neutrino Background



Discovery Potential for $p \rightarrow e^+\pi^0$ Decay



KNO 지하시설 개념도



Activities on Detector R&D

- Development of Silicon PMT (SiPMT)
 - Kyungpook National University in collaboration with Russian group
 - Hybrid PMT using photocathode, scintillator, and SiPM

- Design of Water Purification System
 - Seoul National University in collaboration with DICOTECH company

- Development of Radon System
 - Seoul National University
 - Radon Degasifier (DICOTECH), Highly Sensitive Radon detector (DAON)

KNO Software Development

- Develop KNO reconstruction packages which can be used to study physics sensitivities and to optimize the detector design

NuWro, GENIE (neutrino generator)



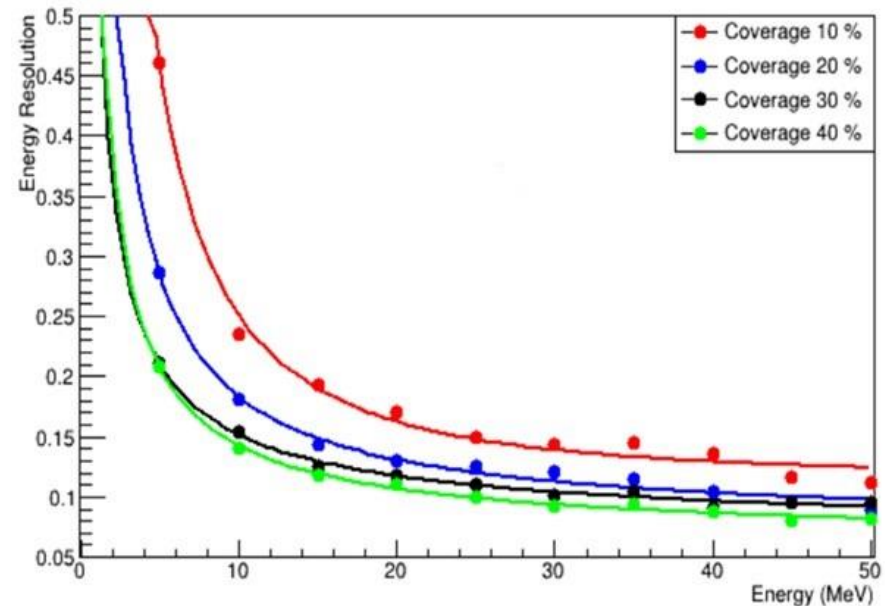
WCSIM (detector simulator)



KNO reconstruction



Neutrino Energy
Neutrino Direction
Neutrino Type



KNO 추진 경과

- 2018년 10월: 가칭 “KNO 추진단” 결성
- 2020년 5-11월: 과기정통부 정책과제 “중성미자 분야 발전방안” 수행
- 2021년 2월: 국회 과방위 의원들을 방문해 KNO사업에 대한 협조 부탁
- 2022년 11월: 경북대, UNIST, 천문연구원 등 5개 기관과 KNO 추진을 위한 업무협약서(MOU) 체결
- 2023년 2월: 과기정통부에서 KNO 기획과제 예산배정
- 2023년 4월~12월 : KNO 예타 준비를 위한 기획과제 수행
- 2023년 9월 13일: KNO 국회포럼 개최
- 2023년 12월 21일: KNO 국제포럼 개최
- 2024년 2월 초: 기획과제보고서를 과기정통부에 제출

KNO 기획보고서 (2023.4~12)

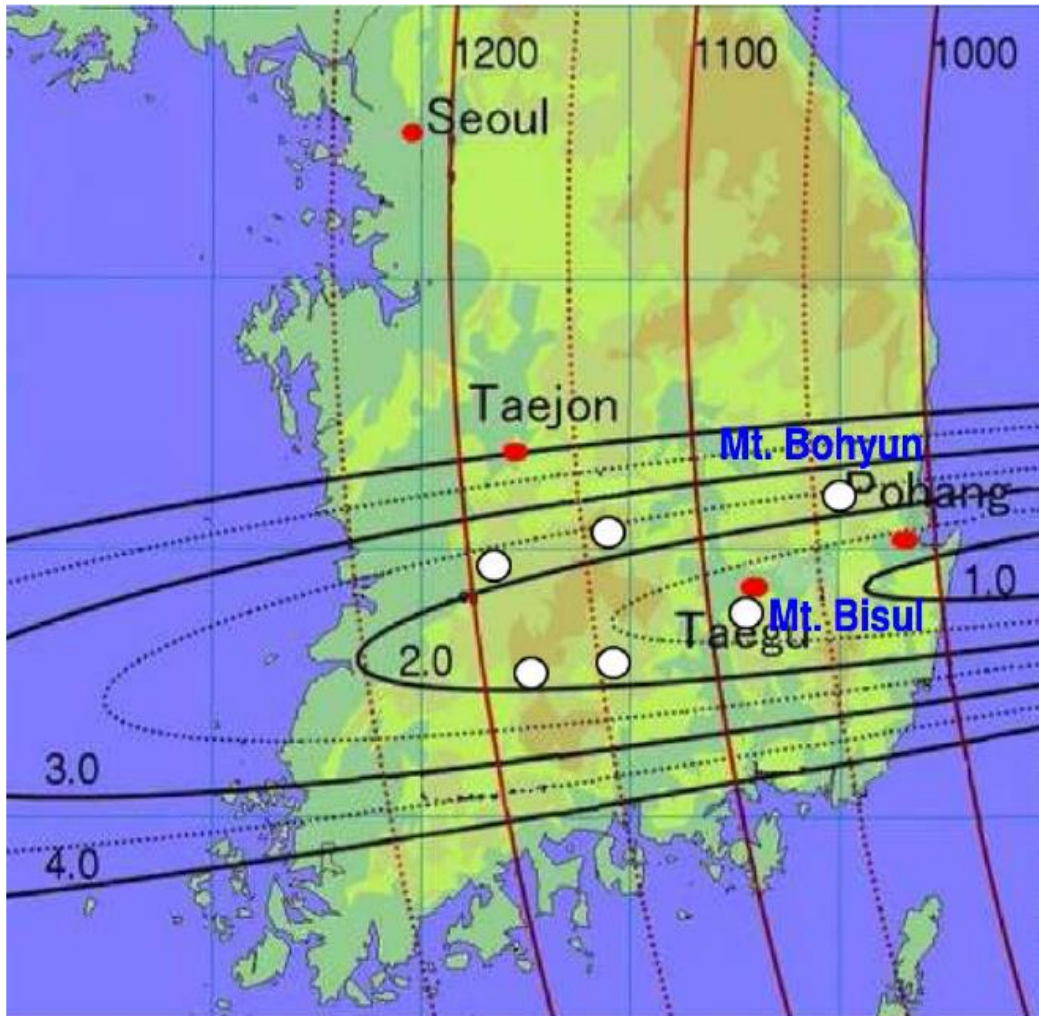
- 과제명: "한국 중성미자 관측소 예비타당성 조사를 위한 사전기획연구"
- 기획연구 수행기관:
(주) 라온넥스탭 + KNO 추진단 10인이 기획위원으로 참여
- 목표: "한국 중성미자 관측소 사업을 대상으로 국내외 연구동향을 분석하여 사업추진의 타당성 및 파급효과를 검토하고, 사업추진계획과 운영계획을 수립하여 예비타당성 조사에 대응하기 위함"
- 연구내용:
중성미자 분야 국내외 동향 및 전망 분석
한국 중성미자 관측소 사업 구축전략 및 세부계획
파급효과 및 타당성
- 구축사업비: 약 4600억원

KNO 소요예산 (추정치)

- KNO 시설 운영예산 : 연 80억원 예상

부문	세부내역	부문별 예산(원)
지하시설	지하터널, 지하공동 등: 1440억	1440억
검출기 구조물 및 수조	콘크리트 수조: 350억 원통형 수조: 210억	560억
초순수 정수장치	78 m ³ /h 용량 초순수 정제 장치 3대	300억
광센서	내부 검출기 광센서 (대구경 PMT 30000개) : 1500억 외부 검출기 광센서 (소구경 PMT 10000개) 및 부속 : 450억	1950억
전자 모듈 및 고전압 모듈	전자 모듈: 100억 고전압 모듈 및 케이블: 130억	230억
전력설비, 연구동 및 기타	2MW급 전력설비: 30억 연면적 5000m ² 지상 연구동: 70억 기타 부대시설: 20억	120억
총 예산		4600억

KNO Candidate Sites

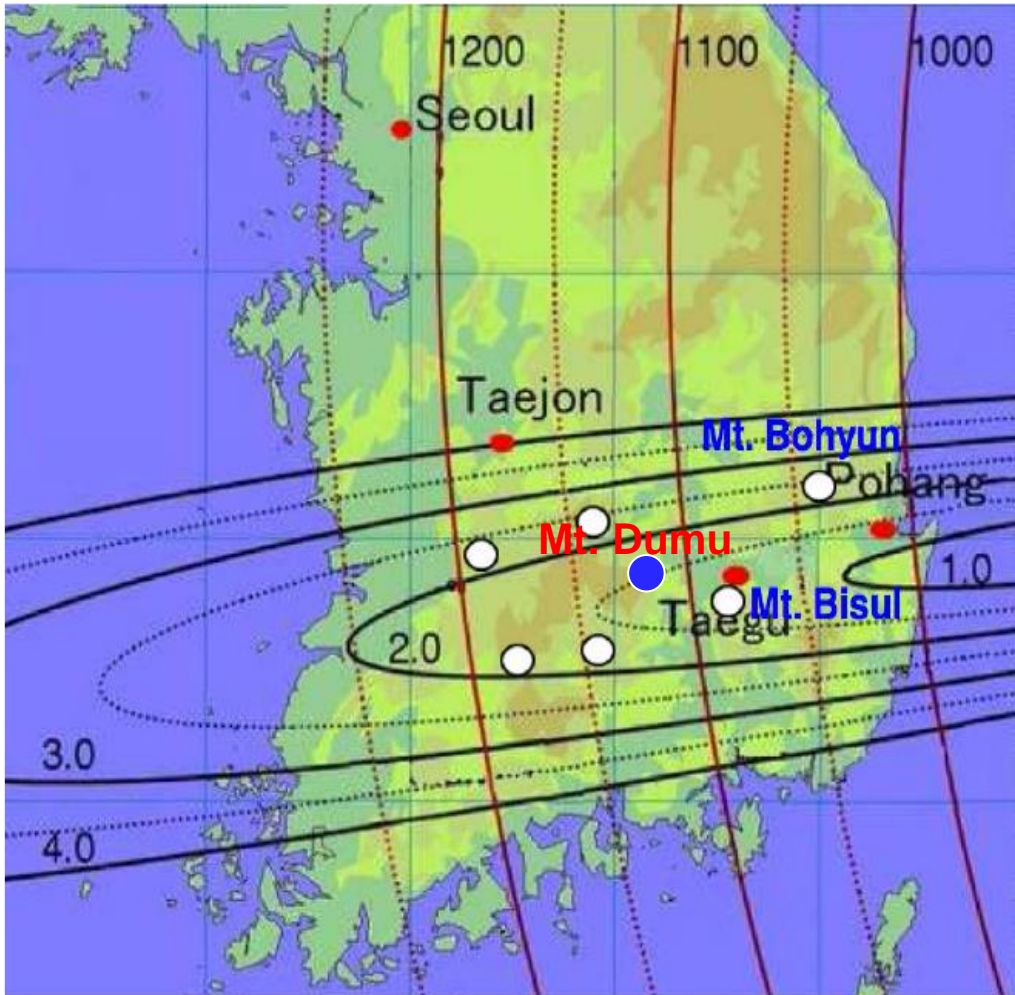


- J-PARC 빔으로부터 $1.5^{\circ} \sim 2.5^{\circ}$
- ~1000m 높이의 산
- 견고한 지하암반
- 풍부한 지하수
- 우수한 접근성

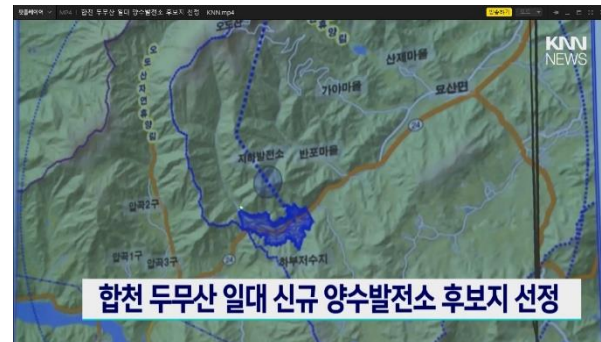


- 비슬산 (달성), 보현산(영천)을
KNO의 유력한 후보지로
선정하고 추진함

New Candidate Site



- 두무산 (합천)
- ✓ J-PARC 빔으로부터 1.4° (1130km)
- ✓ 1036m 높이의 산
- ✓ 견고한 지하암반
- ✓ 풍부한 지하수
- ✓ 우수한 접근성 (새 KTX 노선 예정)
- ✓ 두무산 양수발전소 구축예정 (2027~2034)



New Candidate Site

- 추진 경과
 - ✓ 2024년 5월 : 합천군청을 방문해 KNO 설명회 개최
 - ✓ 2024년 6월 : 합천군청을 방문해 군수면담 및 협의 진행
- KNO 후보지로서의 합천의 입지
 - ✓ 양수발전소 (KNO와 유사한 지하터널 및 공동 필요) 구축과 연계
 - ✓ 합천 운석충돌구(합천 분지)에 대한 지역특화사업과 연계



합천군청 KNO 설명회



합천분지 전경

Conclusion

- KNO는 차세대 중성미자 연구를 주도할 수 있는 한국 주도의 대형연구 시설이며 향후 수십년 동안 한국을 대표하는 기초과학시설이 될 수 있음
- 국내 중성미자 학계는 RENO 실험 등을 통해 세계적인 연구성과를 도출하는 등 KNO를 성공적으로 추진할 수 있는 역량 보유
- 기존 KNO 후보지 외에 합천 두무산을 새로운 후보지로 추진하고 있으며 합천군과의 협의가 진행 중
- KNO 예비타당성 조사를 위한 기획연구가 완료되어 보고서가 과기부에 제출되었으며 이를 기반으로 사업을 추진할 계획
- KNO의 성공을 위해서는 국내 중성미자 분야뿐만 아니라 고에너지물리 분야의 적극적인 참여와 지지가 핵심적

감사합니다

대형사업 추진절차

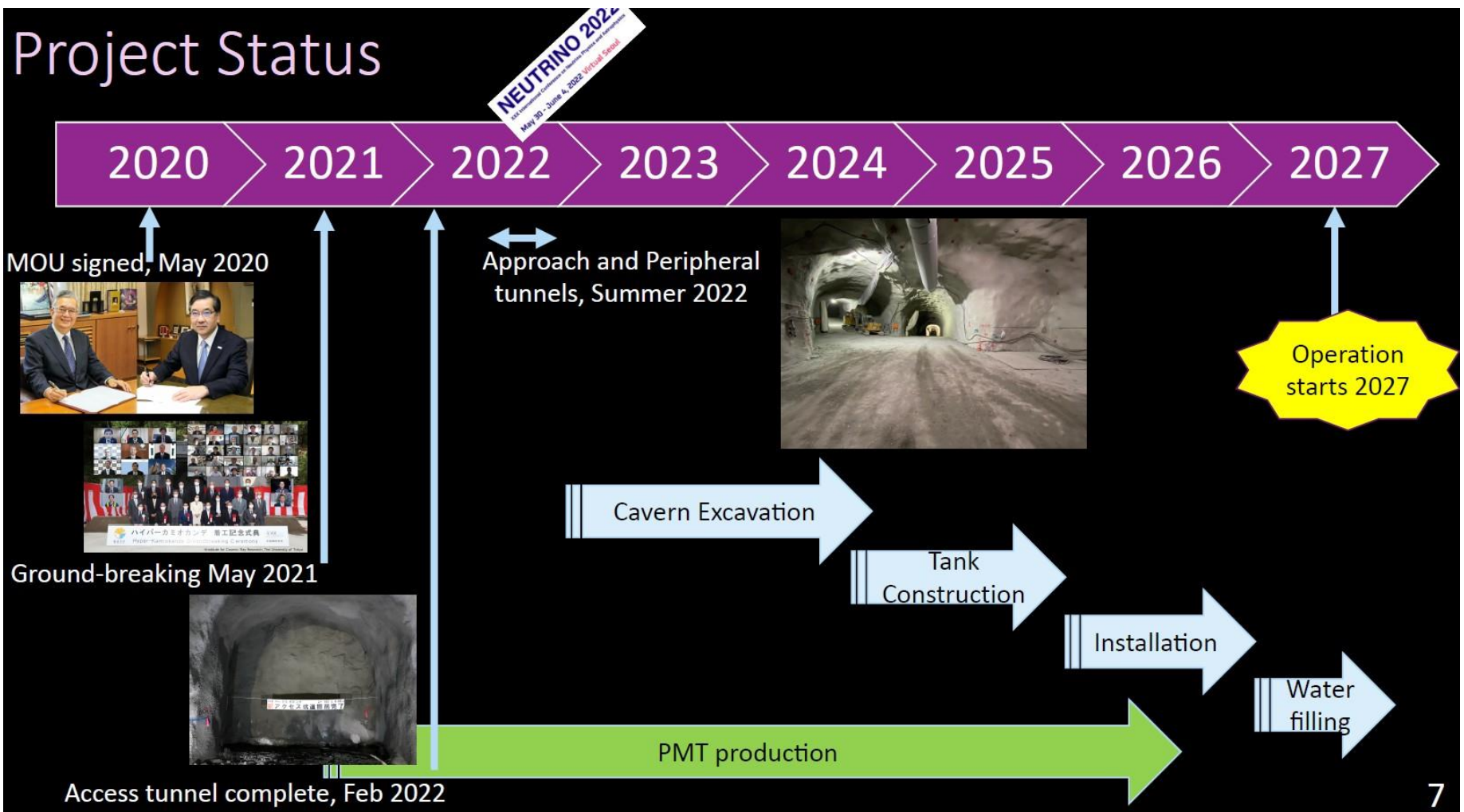
- 총 예산 500억 & 국고 지원 300억원 이상 사업은 예비타당성 조사를 통과해야 함
- 예비타당성 조사를 통해 사업의 기술성, 정책성, 경제사회성, 사업적정성, 기대효과 등을 분석
- 예비타당성 대상으로 선정되기 위해서는 사업에 대한 기획연구를 수행하여 연구보고서를 사전에 제출해야 함
- 기획연구예산은 관련부처 (KNO의 경우, 과기정통부)가 사업의 필요성을 인정하여 배정

----- Current Status of KNO -----

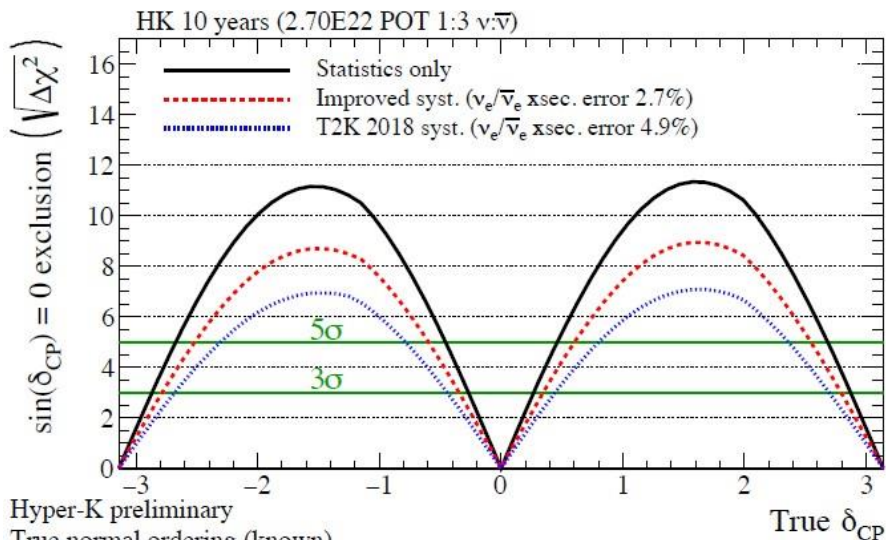
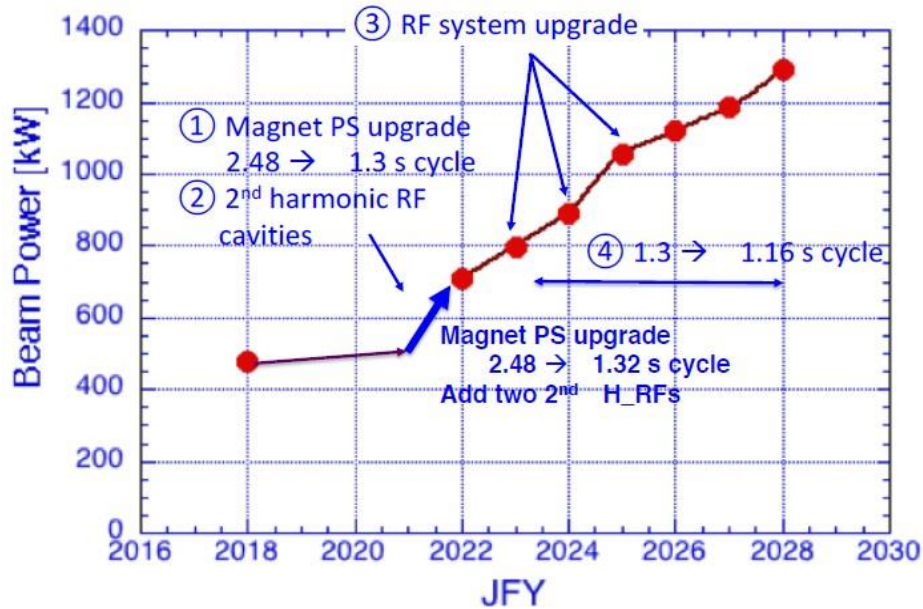
- 기획연구보고서를 기반으로 담당부처에 예비타당성 조사대상으로 신청
- 예비타당성 조사대상으로 선정되면 전문기관(KISTEP)이 예비타당성 조사를 진행하여 사업추진여부를 결정

Status of Hyper-K

Project Status



Status of Hyper-K

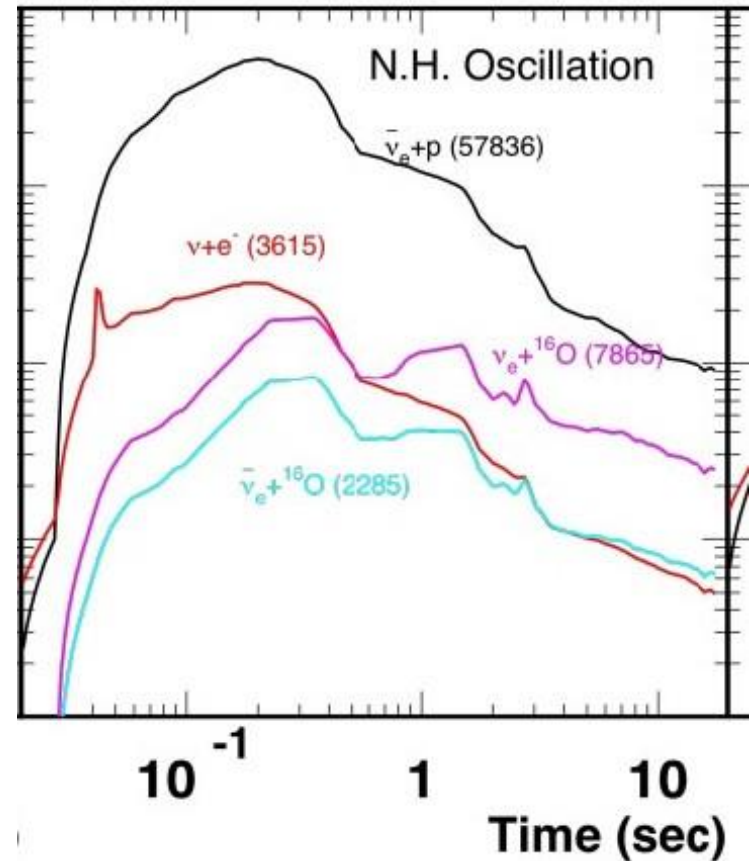


Hyper-K preliminary

True normal ordering (known)

$$\sin^2(\theta_{13}) = 0.0218 \quad \sin^2(\theta_{23}) = 0.528 \quad |\Delta m_{32}^2| = 2.509E-3$$

10kpc SN



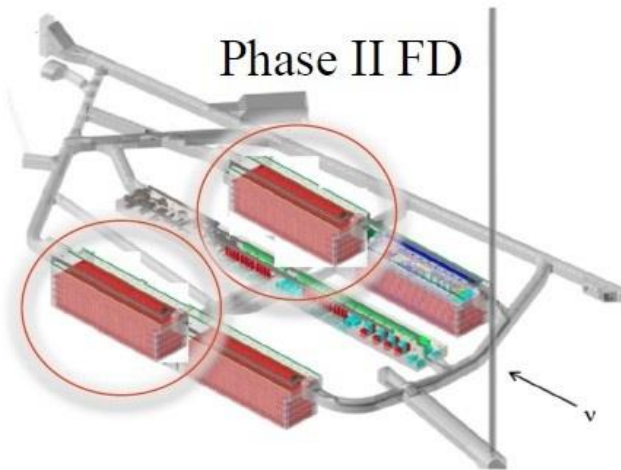
Status of DUNE

Phase I

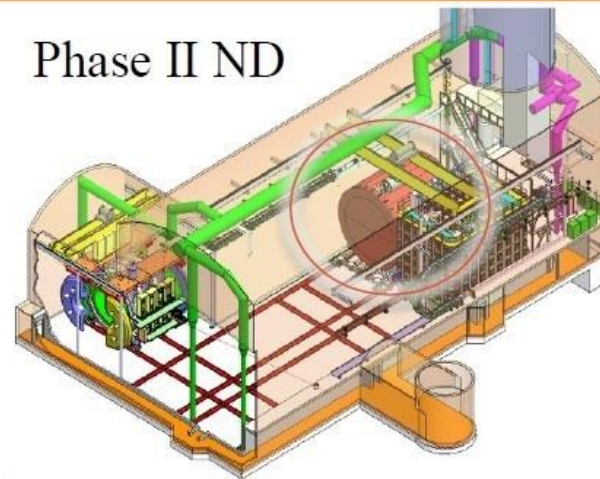
- Ramp to 1.2 MW beam intensity
- Two 17kt (10kt fid.) LAr TPC FD modules. One HD on VD.
- Near detector: ND-LAr + TMS (steel/scint. range stack) + SAND
- Moveable to enable PRISM

Phase II Upgrades

- Proton beam increase to 2.4 MW
- Four 17kt LAr TPC FD modules
- TMS Upgraded to ND-Gar to provide enhanced ND interaction physics capabilities.

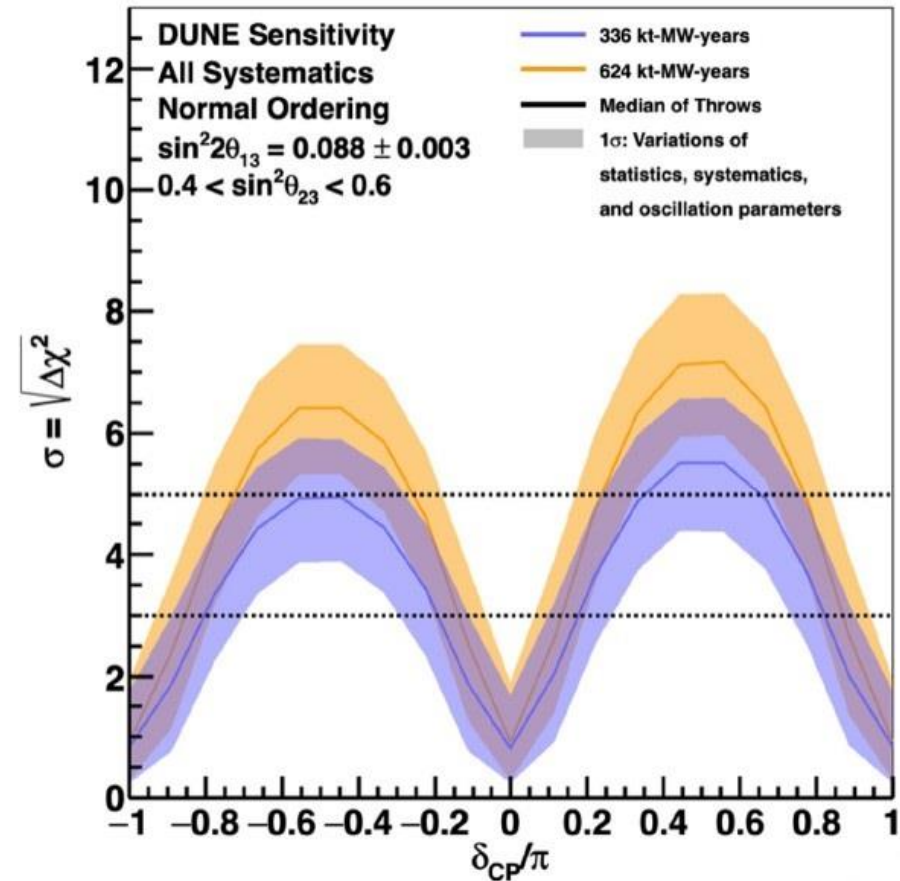
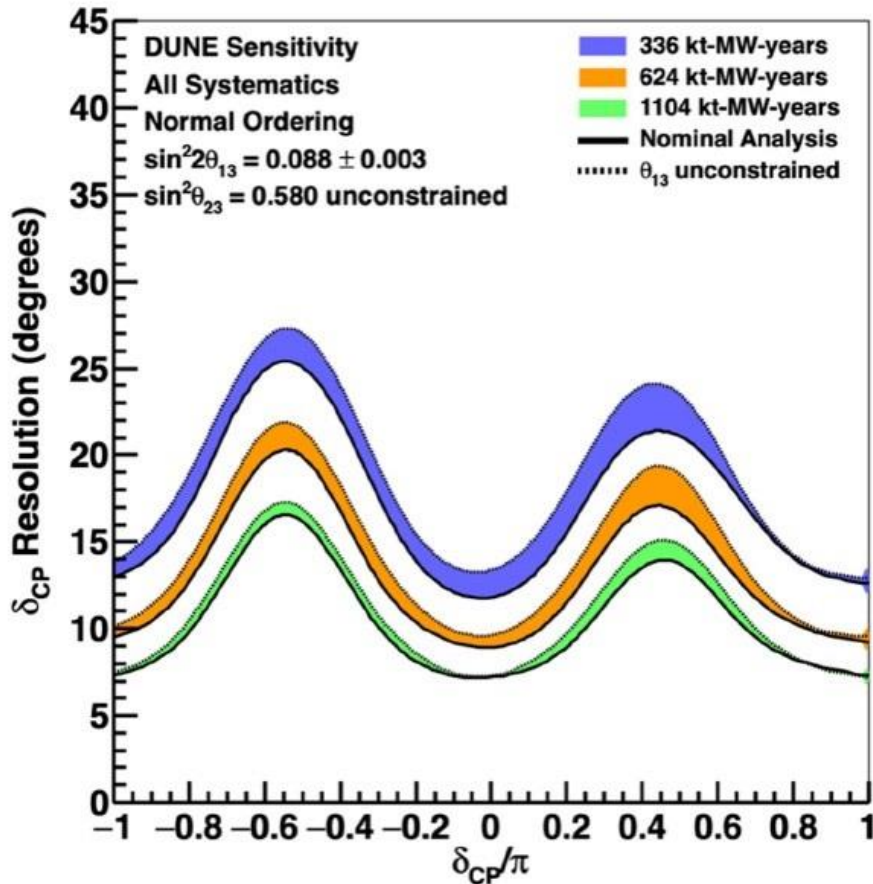


Phase 1 (2031년 ~)



Phase 2 (미정)

Status of DUNE



- 326 kt·MW·years = 34 kt X 1.2 MW X 8 years (Phase I)