

# PLS-II 현황 및 향후 전략

## : Part1 PLS-II 가속기부

김창범 부장 (PLS-II 가속장치부)

2023.10.12(목)



## Outline

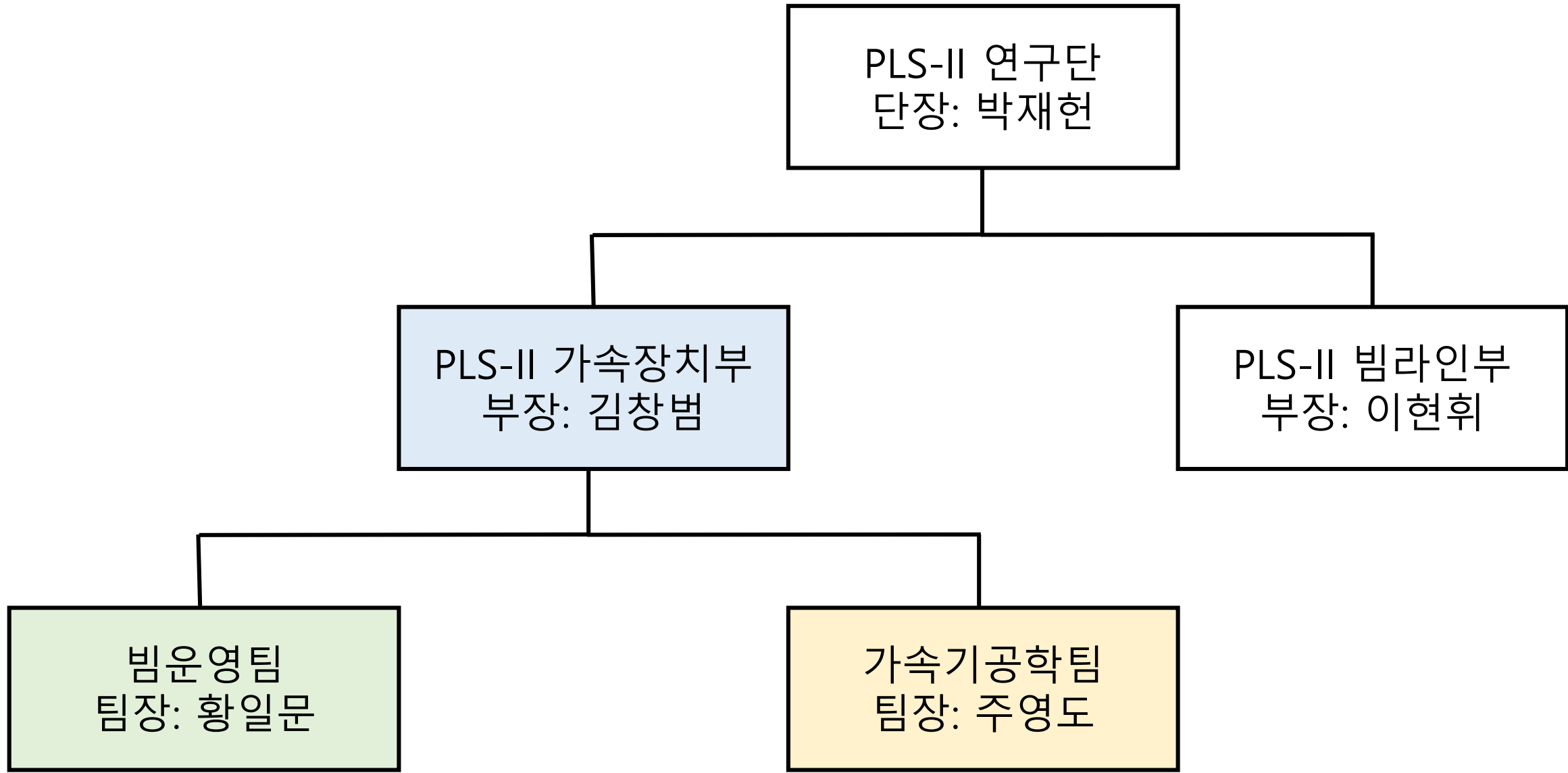
### ❖ PLS-II 가속장치부

- ❖ 부서 현황 및 업무목표
- ❖ 부서 주요 이슈 및 향후 계획

### ❖ PLS-II 빔라인부

- ❖ 부서 소개 및 업무계획
- ❖ 부서 주요 이슈 및 향후 계획 (MUST)

# PLS-II 가속장치부 조직



## 가속장치부 빔운영팀 (총 25명)

구분	PLS-II	4GSR 검직	위촉
팀장	황일문		
빔물리	김문경, 박용운	이재유, 김재현, 장경수	
진단	김도태, 송동현	장시원	
제어	김경화, 윤종철, 이은희	조우성	
운전	곽경훈, 박홍집, 김덕한, 김윤호, 손종하, 유재욱, 윤수환, 이동우		조형력, 윤태웅
행정			김효은
기타		김동언	



## 가속장치부 가속기공학팀 (총 16명)

구분	PLS-II	4GSR 검직	유급위촉
팀장	주영도		
SRF	김정훈, 박세환, 박인수, 이무진, 이용석, 이찬경		
Linac	김성철, 손윤규, 황운하, 장성덕, 공형섭		
가스안전			김형균, 윤성훈
기타		하태균, 홍광욱	

## 가속장치부 업무 목표

- 연간 246일 운전 (이용자 빔 제공 190일)
- 빔 제공율 97% 이상 유지
  - 선형가속기, 저장링 유지보수 필수
- 3 GeV Top-up Operation
  - 안정적인 Linac 운전 필요
- 250~400 mA 빔 운전
  - SRF 유지보수 필수
  - CM#4 설치, CM#1 Spare 준비
- 저장링 빔 안정도 < 1  $\mu\text{m rms}$  유지
  - Slow Orbit Feedback 운영
- 광자빔 안정도 < 2  $\mu\text{m rms}$  유지
  - PBPM 14기 운전, Feedback 운영
- ID Gap 조정 시 빔 안정도 < 6  $\mu\text{m rms}$  유지
  - ID Feedforward, Fast Orbit Feedback 운영
- 다양한 운전모드 제공 (Hybrid Single bunch 5 mA)
  - Transverse Feedback System 운영

## 가속장치부 Issue I

### ■ 선형가속기

- 열화장비 교체 및 예비품 확보 (열화 Klystron 교체 등) => 10B Klystron, HB03 교체 완료
- 전자빔 에너지 부족으로 인한 Top-up 운전 중단
  - 2A 가속관 교체, LLRF 추가 설치 => 2A 가속관 2개 교체 완료
  - Klystron & Modulator 추가 설치 및 가속관 분리 => 장기 과제로 추진
- 입사빔 안정화
  - 입사부 Injection Chamber 제어 문제 => LVDT를 활용한 Chamber 위치 모니터링 강화
  - 입사부 New Kicker 모듈레이터 운전 적용 => 2024년 2월 운전 적용 시도
- SLED 및 Klystron 방사선 발생 관리 => 방안실 협력으로 현장 모니터링 및 개선

## 가속장치부 Issue II

### ▪ 저장링

- 400 mA 빔 운전
  - CM#4 설치 및 CM#1 수리 비용 예산 확보 => CM#4 설치 완료
- Hybrid Mode 개선
  - Single Bunch Current 3 mA => TFS 최적화로 5 mA 이상 제공
- 빔 안정성 개선
  - Long Term 빔 안정화 => PBPM Feedback 개선, Gas PBPM 개발 및 운전 적용
- 고압가스 관리 강화 방안 필요 => 운전실 모니터링 시스템 구축 예정

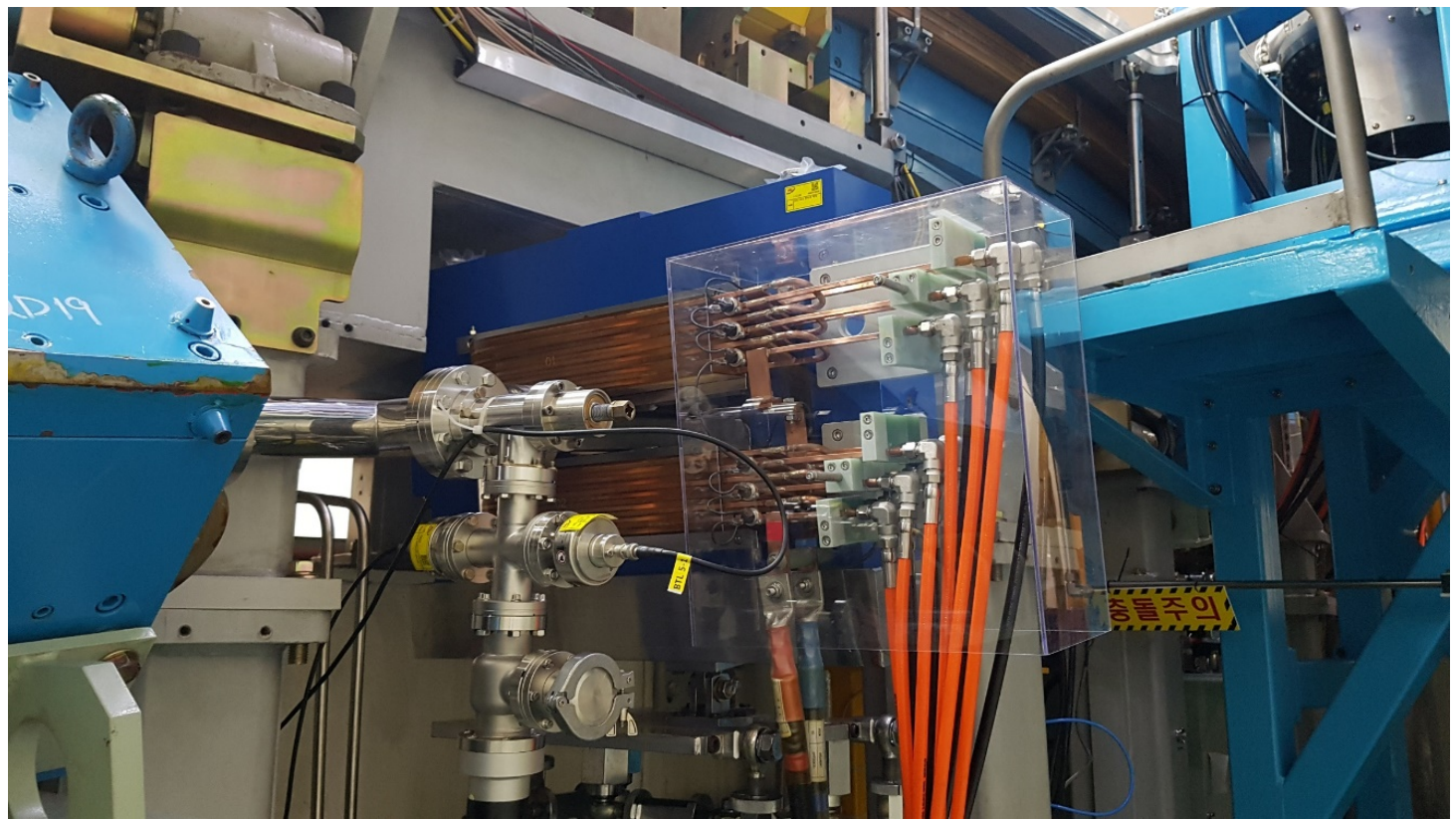
# 2023 하계정비 추진 내용



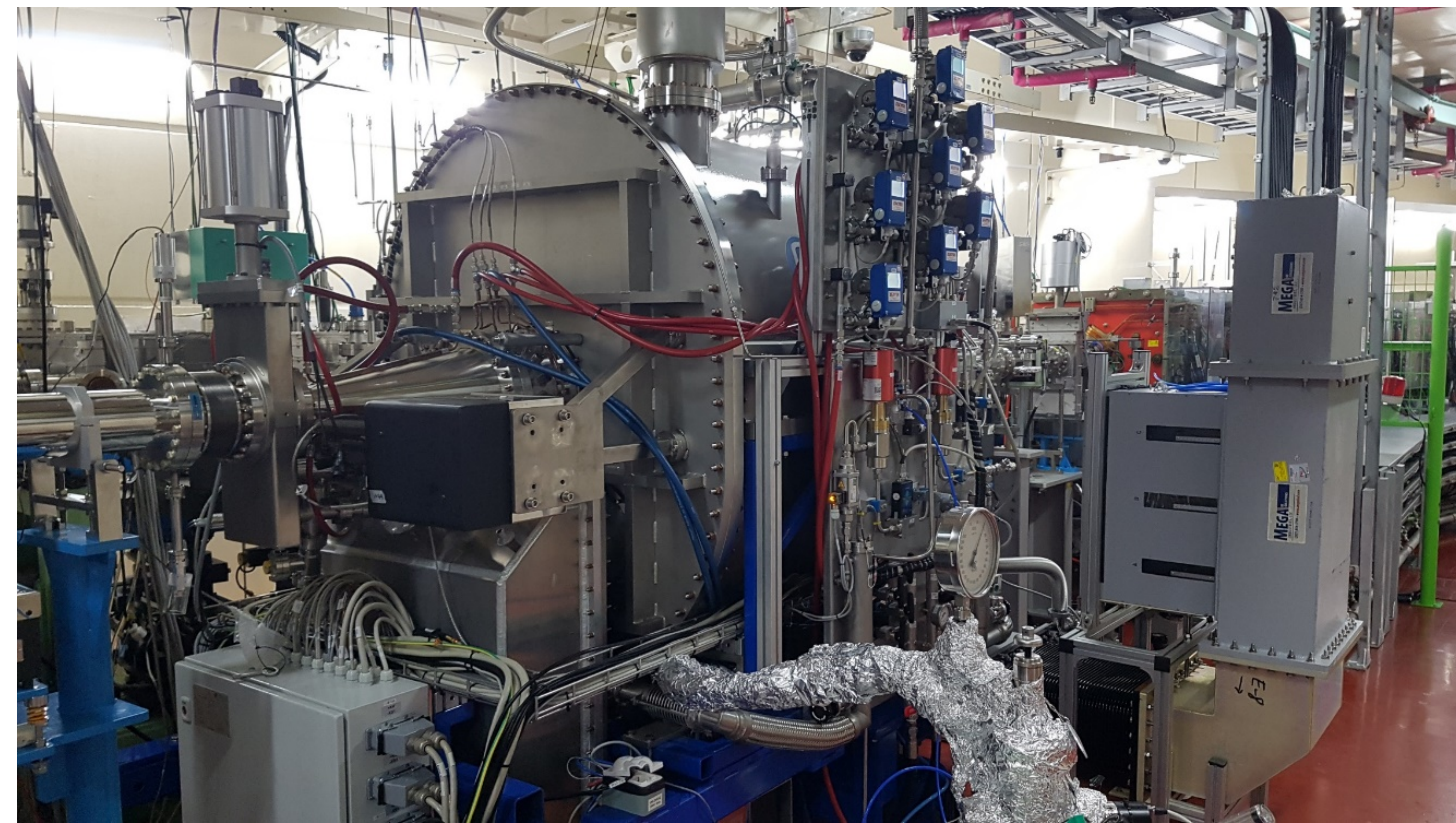
2A 가속관 2기 교체 후 모습



## 2023 하계정비 추진 내용



신규 설치된 BTL HB03 Magnet



신규 설치된 SRF Cryomodule #4

## 추가 소요 내용

### ■ 가속장치 운영비 증가분

- 측량 및 정렬 등 고정 유지보수 비용은 매년 약 3%이상 증가
- PLS-II 가속장치부 운영비는 2019년 이래 29억 8천만원으로 고정
- PLS-II 가속장치의 안정적 성능 확보를 위하여 운영비 증액 필요
- 2025년 부터 연간 5억원 운영비 증액 요청

### ■ 선형가속기 전자빔 에너지 향상

- 현재 클라이스트론에 문제 발생 시 Top-up 운전 불가
- 하나의 클라이스트론이 4개의 가속관을 구동하는 구조에서 2개의 가속관을 구동하는 구조로 변경
- 2027년 부터 3년간 총 50억원 지원 요청 (Klystron & Modulator 2 set 추가)



# PLS-II 현황 및 향후 전략

: Part2 PLS-II 빔라인

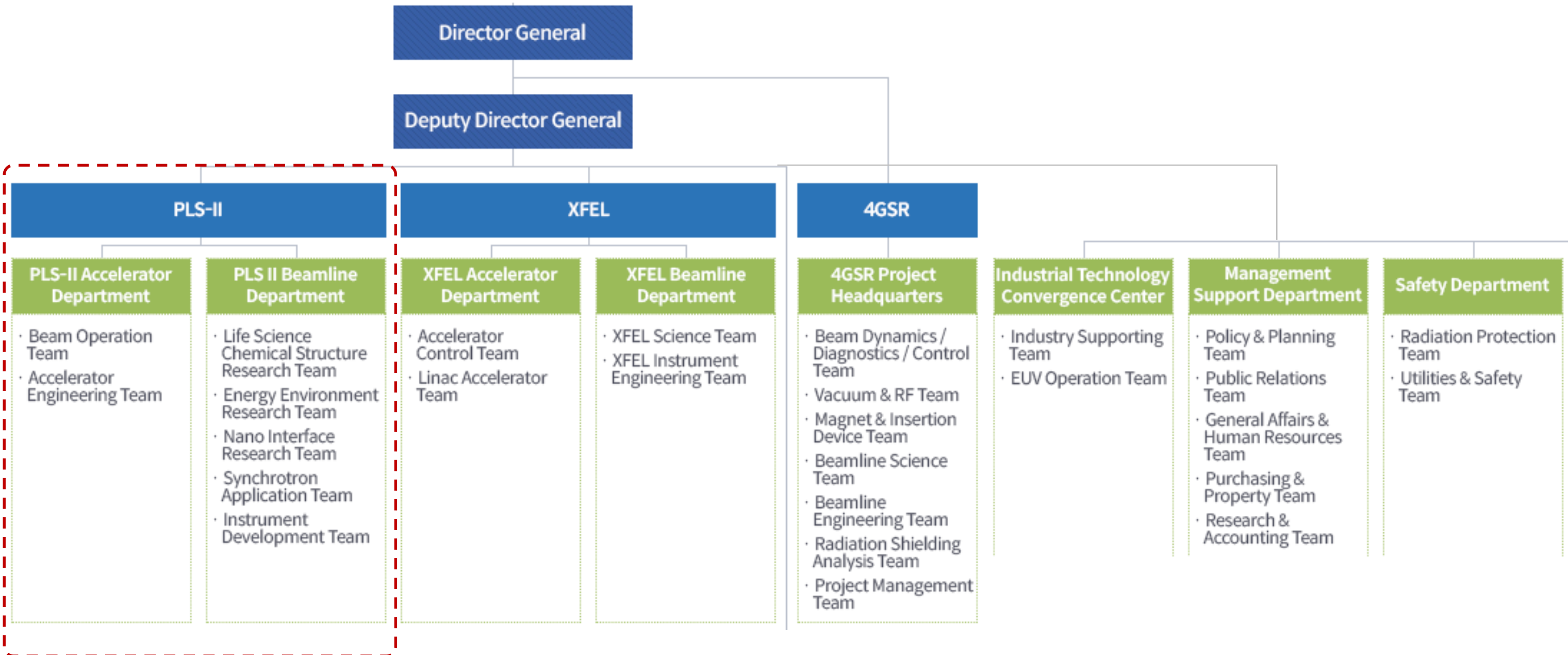
이현휘 부장 (PLS-II 빔라인부)

2023.10.12(목)





# PAL과 PLS-II 조직도



## PLS-II 빔라인부 주요 목표

- 2023년도 이용자실험지원을 위한 안정적 빔라인 운영 및 X-선 실험기법 제공
- PLS-II 저장링 내, 경 X-선/연 X-선 빔라인의 체계적인 운영, 성능개선 및 효율적인 유지보수로 연간 1800 과제 이상의 이용자 실험지원 및 우수 연구결과 도출
- 실시간 분석을 위한 시간분해 및 공간분해 실험기법 개발과 빔라인 적용함으로 방사광 이용자 연구의 질적향상

### ■ 빔라인 운영

- ✓ 운영빔라인의 fault-free 운영을 통해 이용자 실험의 안정적 지원
- ✓ 시분해빔라인 신규이용자 / Automated FBDD 빔라인의 안정적 운영
- ✓ 초기 기획 대비 저효율 빔라인을 경쟁력 있는 X-선 실험기법 빔라인으로 전환 및 신규 빔라인 구축 (**4B HRPD-II 및 융합분석 2C 빔라인**)
- ✓ 광학장치, 진단장치 및 제어/DAQ 등의 빔라인 기술개발과 4GSR 빔라인 광학장치 개발을 위한 RnD facility 빔라인 계획수립 (11B)

### ■ 신규 실험기법개발 및 빔라인 경쟁력 강화

- ✓ 4GSR 빔라인 대비 경쟁력 강화

### ■ 핵심장치개발

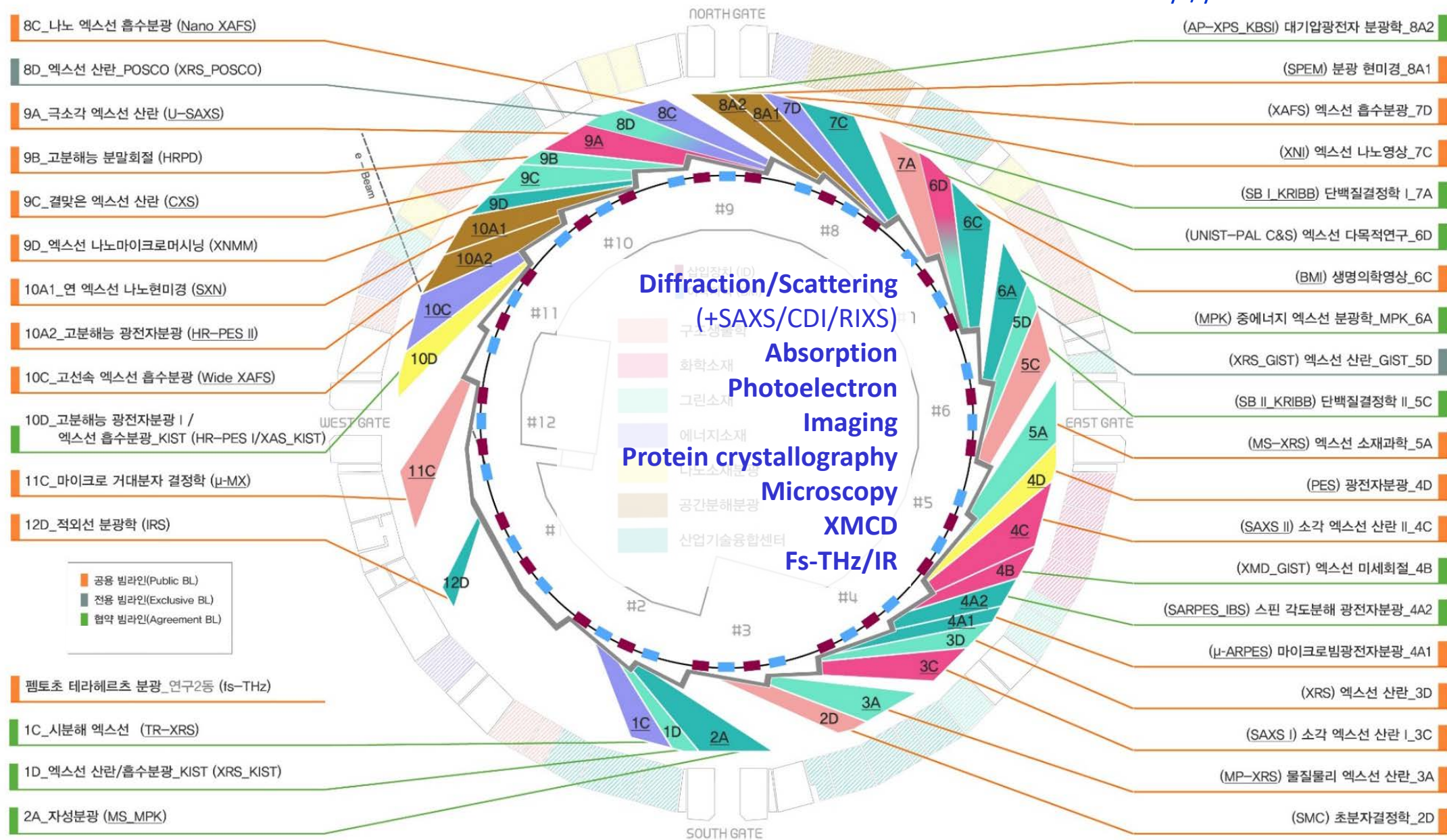
- ✓ 방사광 활용 핵심장치 국산화 개발 사업 연계
- ✓ DCM/Mirror 광학장치 고도화 (**방사광 광학실 - 연구소연구실**)
- ✓ 진단장치와 제어/DAQ의 표준화

# PLS-II 빔라인 현황 및 연구분야

## 3세대 빔라인 현황 (36기)

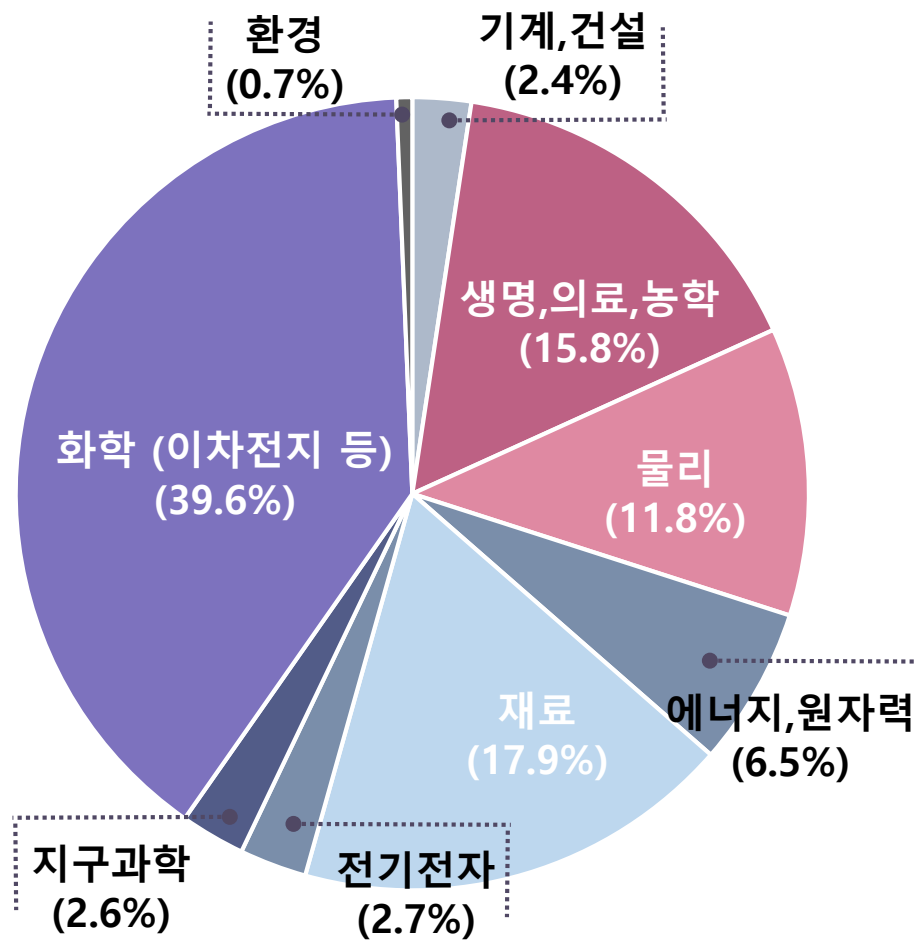
## Storage Ring

- Electron beam energy: 3 GeV
- Ring current: 400 mA, Top-up mode
- User beamtime: 190 days/year



▶ '22년 배정 기준

## 3세대 연구분야



## 3세대 사용기관 (배정)

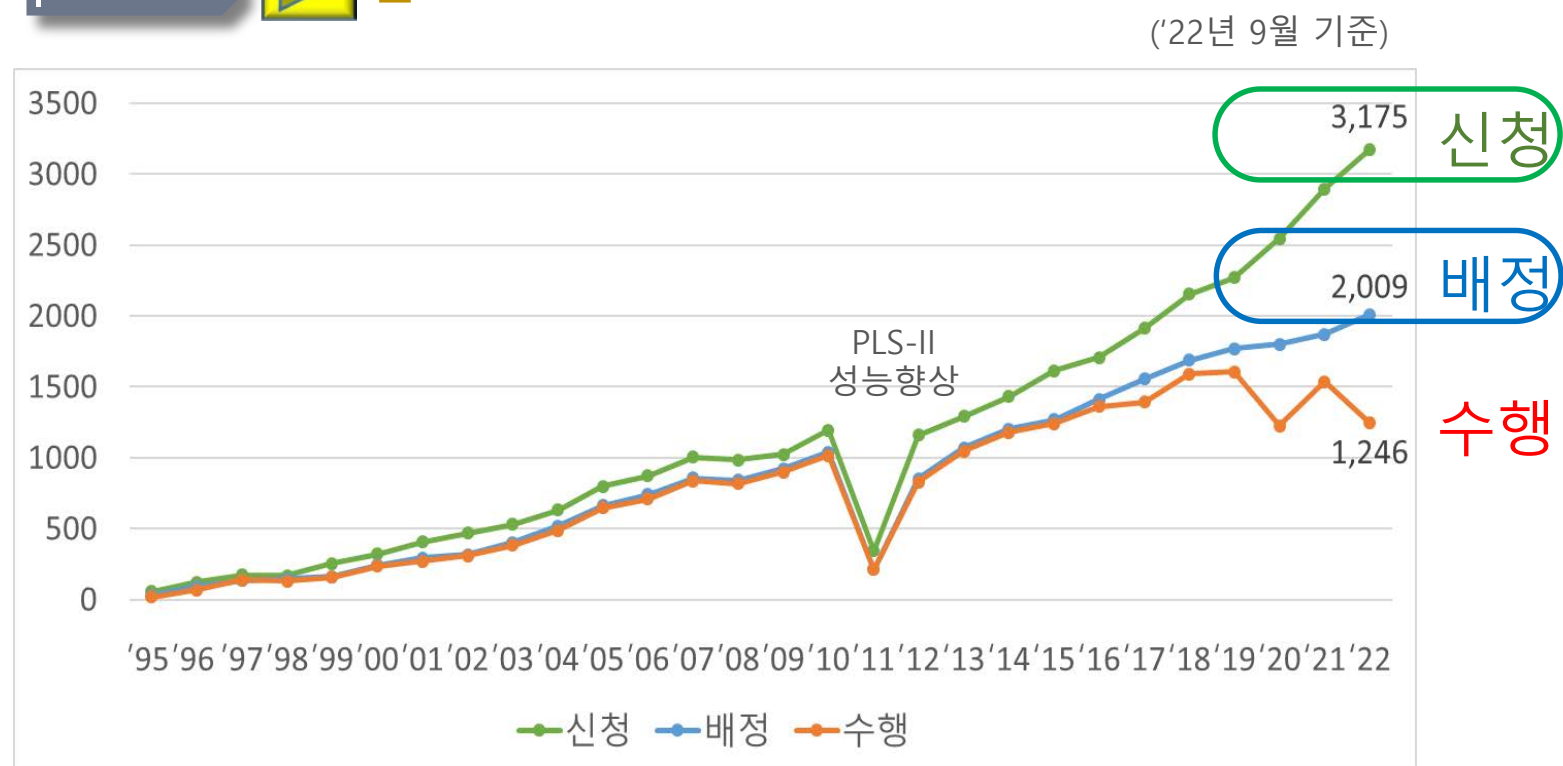
구분	국내			외국	계
	대학	연구소	산업체		
'21	1,539 (82.3%)	234 (12.5%)	52 (2.8%)	46 (2.4%)	1,871
'22	1,691 (84.2%)	220 (11.0%)	73 (3.6%)	25 (1.2%)	2,009



# PLS-II 이용자 현황 및 활용성과

## 이용자 지원

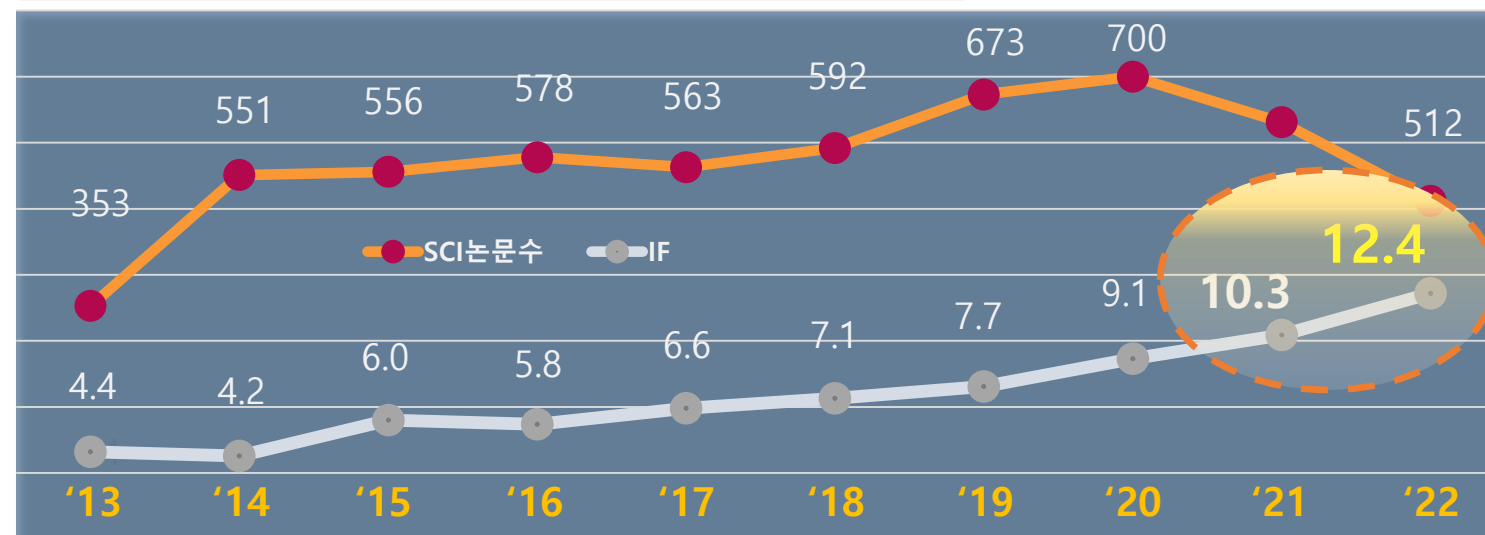
3세대 참고1



구분	'18	'19	'20	'21	'22
목표과제	1,500	1,600	1,600	1,600	<b>1,600</b>
신청과제 (공용비타입)	2,152 (외국 112)	2,271 (외국 122)	2,545 (외국 100)	2,897 (외국 92)	<b>3,175</b> (외국 48)
배정과제	1,686 (외국 71)	1,768 (외국 81)	1,802 (외국 57)	1,871 (외국 46)	<b>2,009</b> (외국 25)
수행과제 (수행인원)	1,592 (5,877명)	1,607 (6,096명)	1,224 (3,109명)	1,538 (5,132명)	<b>1,246</b> (3,717명)
배정율	1.3:1	1.3:1	1.4:1	1.5:1	<b>1.6:1</b>

## SCI 논문성과 (활용+장치/3,4세대)

참고2



- 국내 전체 논문 평균 IF는 3.9 수준
- 22년도 논문감소는 코로나-19 및 운전일정 감소영향 (SRF 이슈)

## 이용자 만족도 조사

3세대 만족도 조사('22)

\* '22년 440명(~9/30) 조사

구분	매우 만족	만족	보통	불만족	매우 불만족	만족도 (만족이상)	(비교) '18~'21 만족도			
							'18년	'19년	'20년	'21년
빔상태	69.0%	20.2%	9.6%	0.5%	0.7%	89.2%	80.2%	85.8%	85.6%	85.9%
빔라인	72.5%	18.3%	8.2%	0.7%	0.2%	90.8%	86.8%	89.0%	88.0%	87.1%
실험결과	61.0%	27.5%	11.0%	0.2%	0.2%	88.5%	84.4%	87.0%	87.1%	85.6%
지원인력	73.9%	15.5%	9.6%	0.5%	0.5%	89.4%	85.1%	87.0%	88.0%	87.8%
서비스 전반	66.9%	22.8%	9.4%	0.5%	0.5%	89.7%	83.1%	87.3%	86.4%	87.5%
평균	68.7%	20.8%	9.6%	0.5%	0.4%	89.5%	84.0%	87.2%	87.0%	86.7%

보통 이상 만족도 : **99.1%**

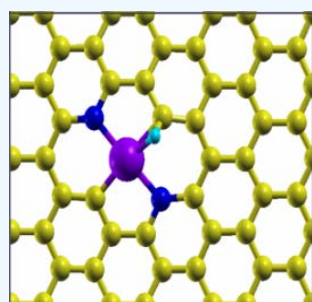
# PAL 3세대-4세대 방사광 활용 우수연구 성과

## 우수 활용 논문

### 3세대 6D

수소 생성 활성도 100배 높인 새로운 수소 생산 촉매 개발

UNIST 김광수 연구팀

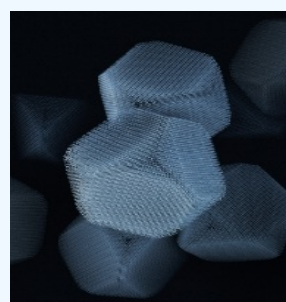


NATURE ENERGY ('18)

### 3세대 10C

규칙적 배열되어 성능 향상된 나노 다결정 소재 합성 성공

IBS(서울대) 현택환 연구팀

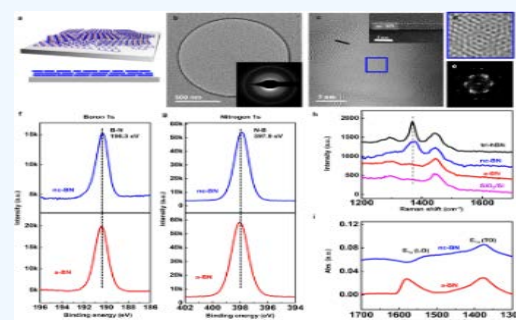


NATURE ('20)

### 3세대 4D, 6D, 10A2

반도체 소자 소형화 기술인 '비정질 질화붕소' 절연체 개발

삼성전자 신현진 + UNIST 신현석 연구팀

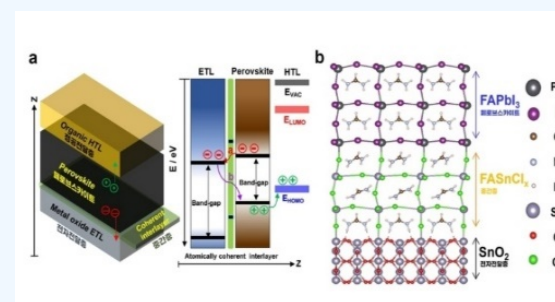


NATURE ('20)

### 3세대 10C

세계 최고 효율(25.8%) 페로브스카이트 태양전지 개발

UNIST 석상일 연구팀

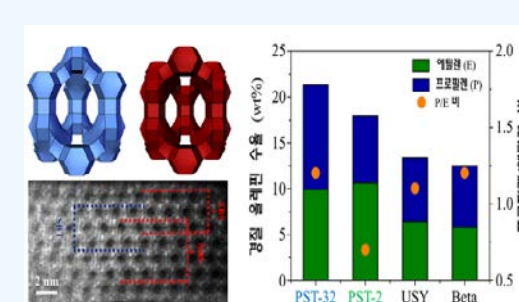


NATURE ('21)

### 3세대 9B,5A,2D

새로운 석유 접촉분해용 제올라이트 촉매 발견

POSTECH 홍석봉 연구팀

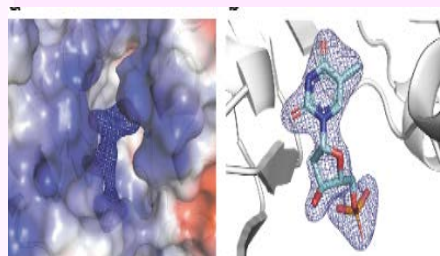


SCIENCE ('21)

### 4세대 NCI

XFEL을 이용한 DNA 구조분석

고려대 송현규 연구팀



Scientific Reports ('19)

### 4세대 XSS

영하 70°C에서 얼지 않는 물 및 상변이 순간 관측

포스텍 김경환 연구팀

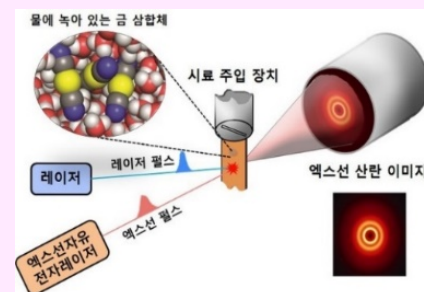


SCIENCE ('20)

### 4세대 XSS

분자가 탄생하는 모든 순간(35펨토 초) 포착

IBS(카이스트) 이효철 연구팀

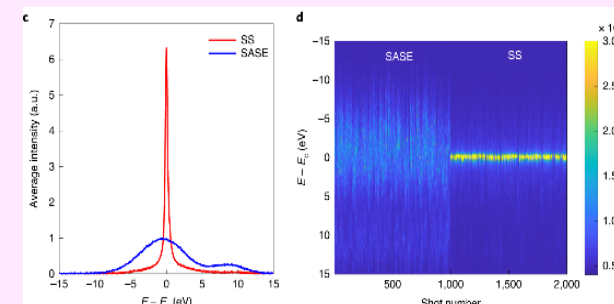


NATURE ('20)

### 4세대 NCI-SFX

Self-seeding 활용 세계 최고 밝은 빛 생성

포항가속기연구소+美ANL

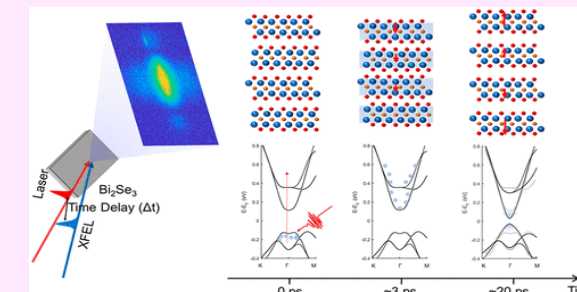


Nature Photonics ('21)

### 4세대 XSS-FXS

들뜬 전자에 의한 결정 격자의 초고속 구조 변화 실시간(펨토초) 측정

서강대 김현정 연구팀



Nano Letters ('21)

## PLS-II와 4GSR 관계 및 향후 계획

### Machine

M

**Machine: PLS-II와 4GSR 시설의 특성, 차별성/중복성**

- 빔라인 에너지 영역의 일부 중복성은 있음
- PLS-II는 **중저-에너지영역 특성화** 필요 → **EUV 및 tender 빔라인** 구축

### Users

U

**Users: 이용자 실험 제안서 변화 추이**

- PLS-II의 경우 3단계 거동 특성을 보임.
- 일본의 PF와 SPring-8 사례 및 해외 시설의 과제수 → **PLS-II와 4GSR 모두 필요**

### Science

S

**Science: 국가 핵심 산업 B-B-C 및 PLS-II의 성과**

- 국가 및 글로벌 핵심 산업과 PLS-II의 역량 → **중점적 투자 필요**

### To Do

T

**Things to Do: 주요 이슈 및 향후 계획**

- 절대 인원수 유지 및 우수 인력 확보
- 주요 이슈들

M

O

R

E

### PLS-II vs 4GSR

단순 경쟁보다는 협력이 중요  
**" 건전한 경쟁과 협력 "**



Machine

M

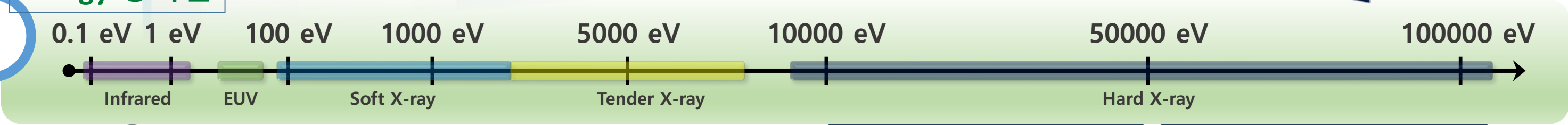
U

S

T



Energy 영역별



1.4 Infrared Micro-spectroscopy

8.0.1 RIXS

9.3.2 AP-XPS

10.0.1 ARPES

12.0.1 EUV Lithography

5-BM-C XRD/Scattering

6-ID-D High-E XRD

5-BM-D XAFS/XRD

35-ID-B Time-Resolved Scattering

15-ID-B Resonant Diffraction

11-ID-B PDF/XRD

13-BM-D Tomography/High-Pressure Multi-Anvil Press



미국 ALS (1.9 GeV)



미국 APS (7 GeV)

Machine

M

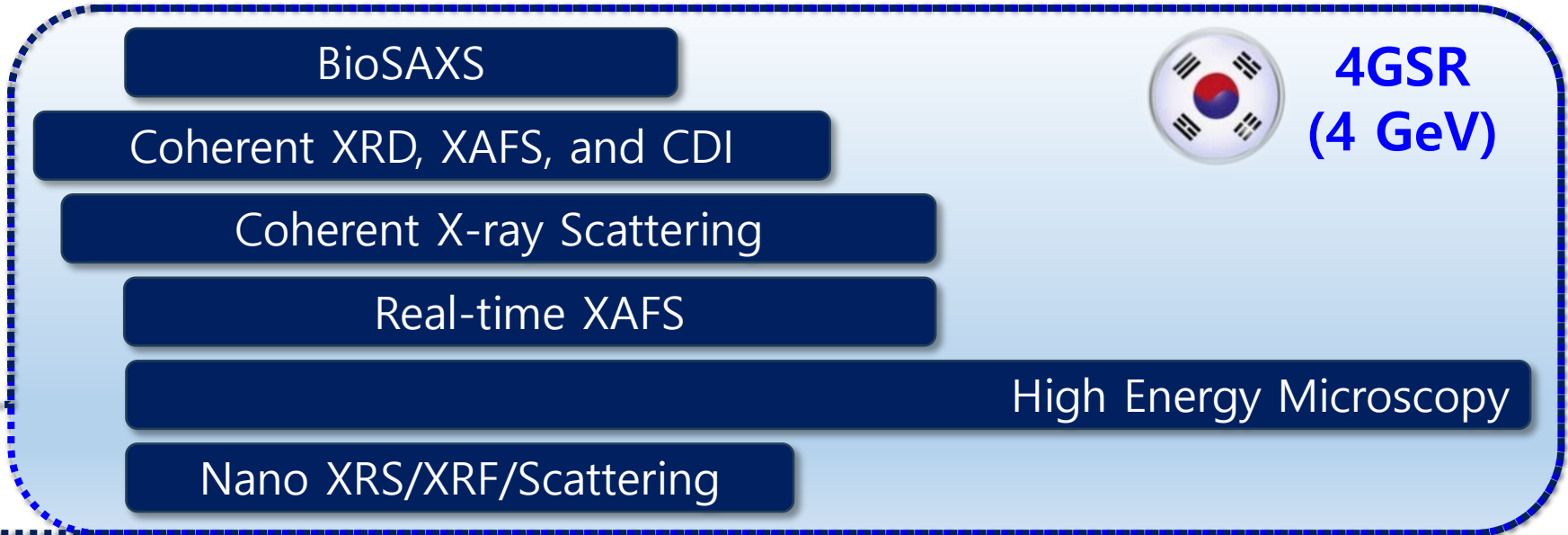
U

S

T

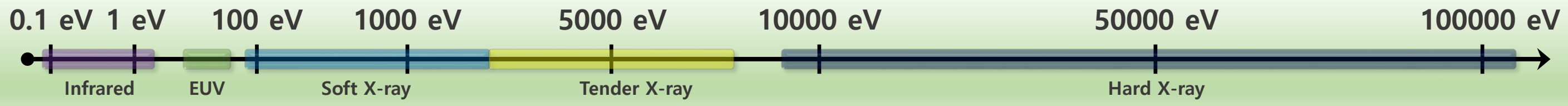


- **PLS-II (3 GeV)**
  - 중-저 에너지 영역 역량강화
  - 전범위 에너지 영역 측정 구현
  - EUV 및 tender 빔라인 구축\*
- ▶ 참고3



4GSR (4 GeV)

Energy 영역별



- 1.4 Infrared Micro-spectroscopy
- 8.0.1 RIXS
- 9.3.2 AP-XPS
- 10.0.1 ARPES
- 12.0.1 EUV Lithography



미국 ALS (1.9 GeV)

- 5-BM-C XRD/Scattering
- 6-ID-D High-E XRD
- 5-BM-D XAFS/XRD
- 35-ID-B Time-Resolved Scattering
- 15-ID-B Resonant Diffraction
- 11-ID-B PDF/XRD
- 13-BM-D Tomography/High-Pressure Multi-Anvil Press



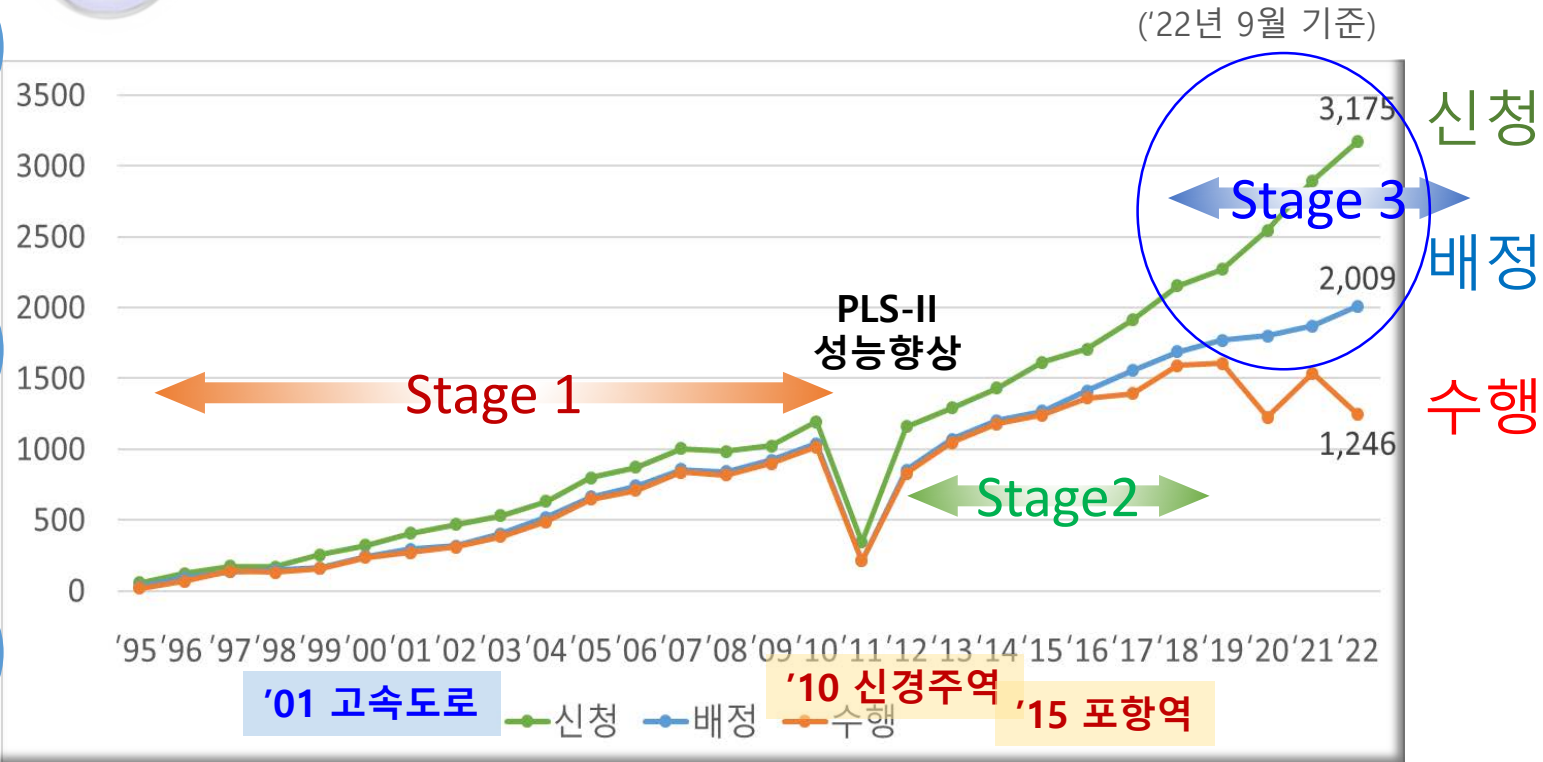
미국 APS (7 GeV)



PLS-II와 4GSR 관계 (MUST) - 이용자 통계(예측)1



PLS-II 이용자 과제수



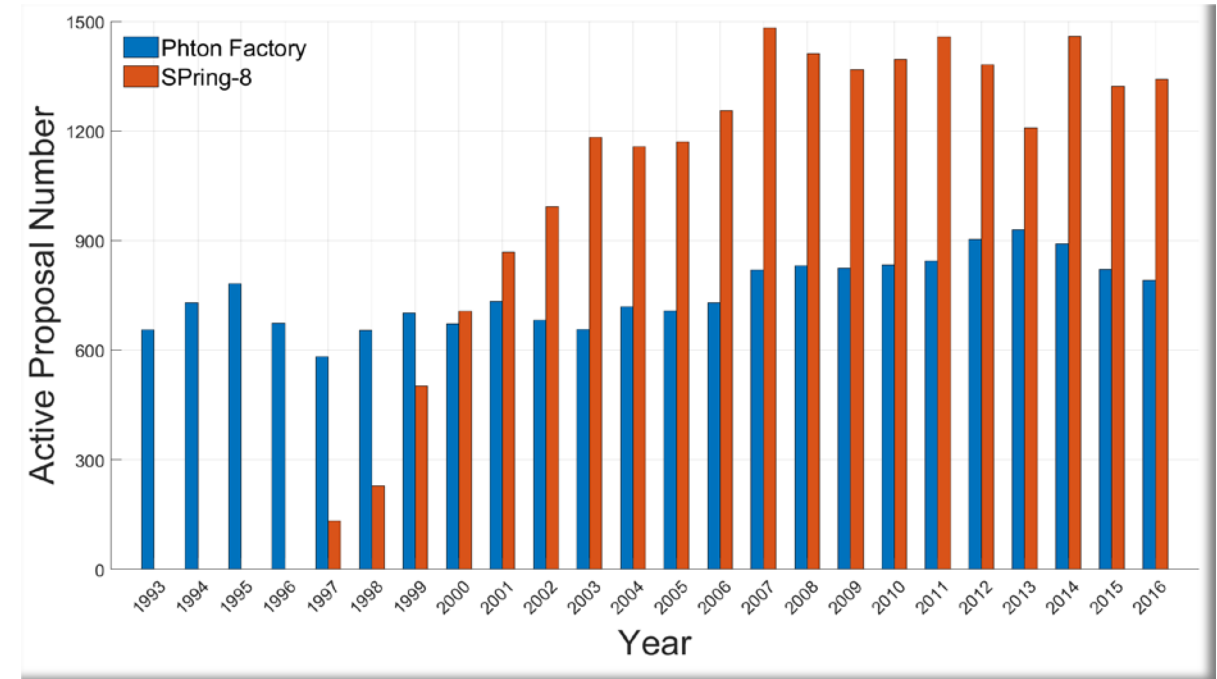
PLS-II 이용자 과제수 변화 추이

- Stage 1: PLS-I 에서는 빔라인수의 증가와 이용자 동반 성장
- Stage 2: PLS-II 성능향상에 따라 경쟁력이 증가함
- Stage 3: 이용자+산업계 수요의 급속한 성장

PLS-II + 4GSR  
단순 경쟁보다는 협력이 중요

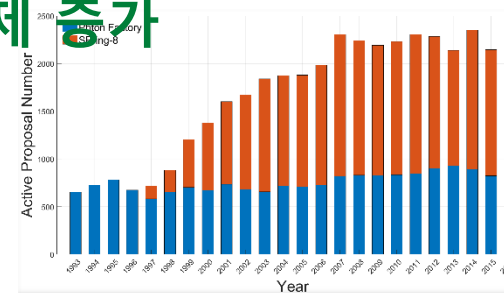


일본 PF와 SPring-8의 과제수 변화 추이



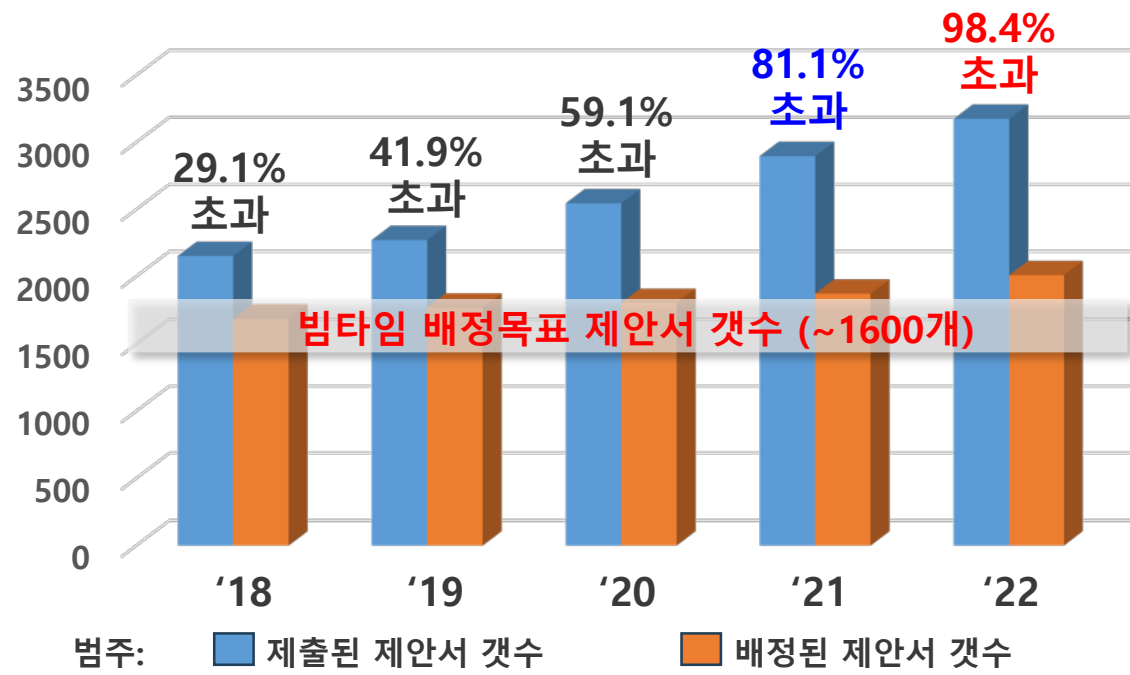
일본의 주요 3세대 방사광 과제수 변화 추이

- SPring-8의 구축에 따라 PF 이용자의 과제수 일시적 감소 (1997) → 2~3년후 이용자 과제수 복구
- SPring-8의 이용자 과제는 점진적 증가 → 일본 전체 3세대 이용자 과제 증가



PLS-II와 4GSR 관계 (MUST) - 이용자 통계(예측)2

최근 5년간 빔타임 제안서의 경쟁률 추이

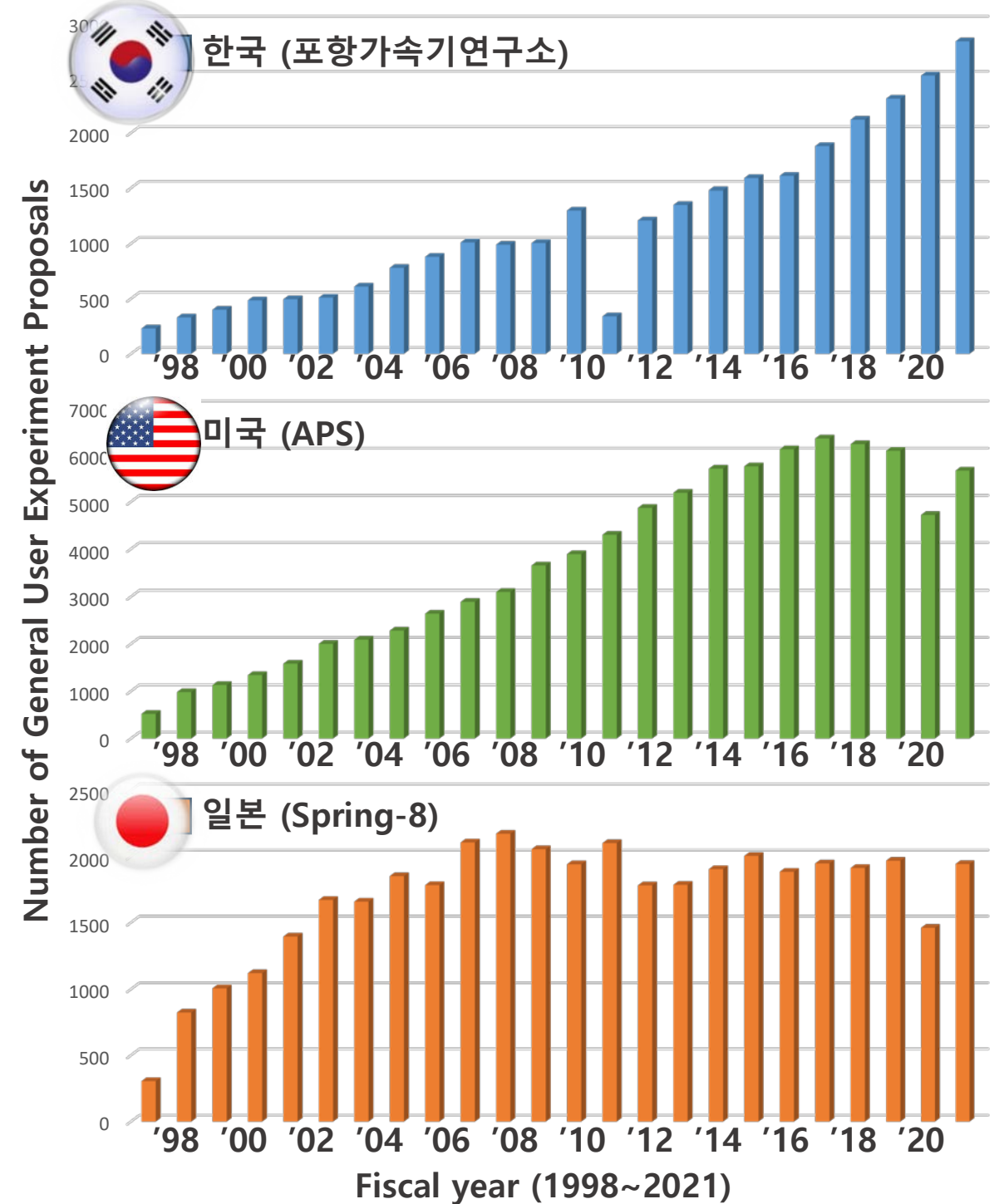


• PLS-II 이용자 과제 경쟁률의 급속한 증가

- PLS-II 빔라인 수는 포화됨 (~1800과제/년)
- 4GSR 초기 10기 빔라인의 (예상) 과제수: ~600과제/연
- PLS-II+4GSR 최소 800과제 이상 배정이 불가능

→ 이용자 예측과 해외사례 : PLS-II와 4GSR 모두 운영 필요

한·미·일 주요 3세대 방사광 시설의 과제수



M

U

S

T

Users

국가 핵심 산업 및 '안보지렛대' B-B-C (산학연-정)

M

BBC는

- Bio(바이오), Battery(배터리), Chip(반도체) 등 글로벌 패권전의 핵심산업으로 떠오른 3대 분야
- 미래 산업의 키를 쥐고 있는 핵심 산업군
- 조 바이든 미국 대통령은 취임 후 BBC에 희토류를 더한 4가지 분야에 대한 공급망 점검 행정명령 내림

U

Science

S

T



Biden: Made in USA  
BBC (Bio / Battery / Chips)

동아일보 21-05-17, 22-09-13  
뉴스타운경제 22-09-13 (기사를 발췌한 것임)

• Bio

BBC 의미와 한국의 위상

Bio·바이오

- 의미: 팬데믹 종식의 열쇠
- 한국의 위상: 바이오 생산량 2위

바이오향약품 생산능력 한국의 순위

미국	총 180만 L
한국	총 52만 L
독일	총 27만 L

2018년 연간 생산 기준.  
자료: 보건복지부

• Battery

BBC 의미와 한국의 위상

Battery·배터리

- 미래 모빌리티 기반
- 전기차 배터리 점유율 2위

전기차 배터리 한국 점유율

중국	45.0
일본	18.0
한국	30.9
기타	6.1

단위: %

중국: CATL, BYD, CALB, AESC, 귀슈안  
한국: LG에너지솔루션, 삼성SDI, SK이노베이션

2021년 1분기 기준.  
자료: SNE리서치

• Chips (반도체)

BBC 의미와 한국의 위상

Chip·반도체

- IT·제조업, 방산 핵심 물자
- 메모리 반도체 1위, 파운드리 2위

반도체 공급망 한국 비중

미국	50.8
한국	24.5
대만	15.8
EU	5.9

단위: %

미국: 인텔, 마이크론, 브로드컴, 엔비디아, 퀄컴, TI, 애플, AMD  
한국: 삼성전자, SK하이닉스  
대만: TSMC, 미디어텍  
EU: 인피니온, ST

매출 톱 15 자료를 국가별로 재구성.  
자료: IC 인사이츠



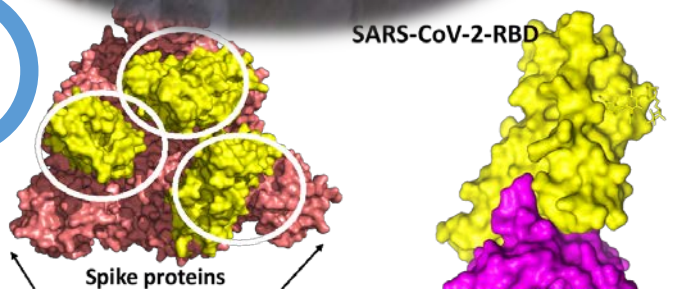
• **Bio 연구분야**

M



**CELLTRION**

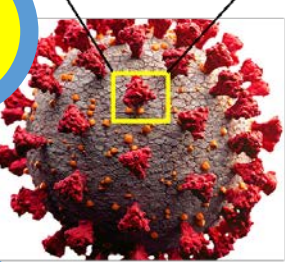
U



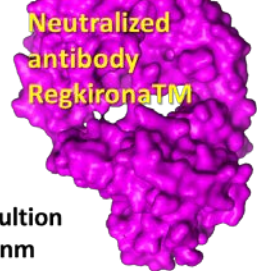
SARS-CoV-2-RBD

~ 5 nm

S



SARS-CoV-2



Resolution 0.27 nm

Neutralization

T

CT-P59)와 COVID-19 단백질 결합구조를 단백질결정학 기법을 활용, 해상도 0.27nm 수준 규명  
 ⇒ 바이러스 세포 부착에 이용하는 스파이크 단백질 표면에 치료제가 정확히 결합하는 것을 확인

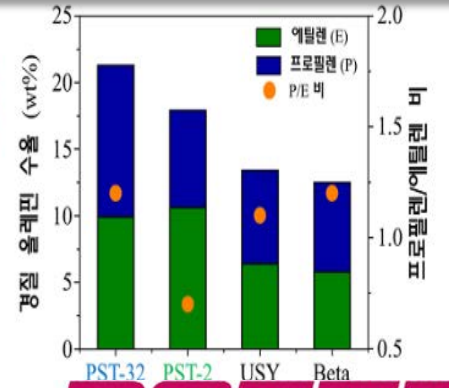
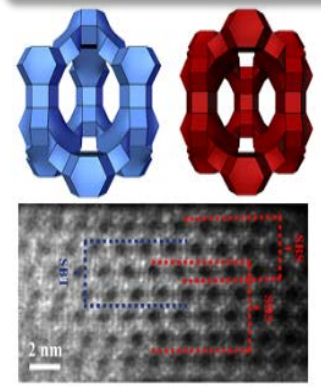
*Nature Commun* ('21)

PAL/PLS-II 의 B-B-C 분야 우수 성과

• **Battery & Energy 연구분야**

새로운 석유 접촉분해용 제올라이트 촉매 발견

POSTECH 홍석봉 연구팀

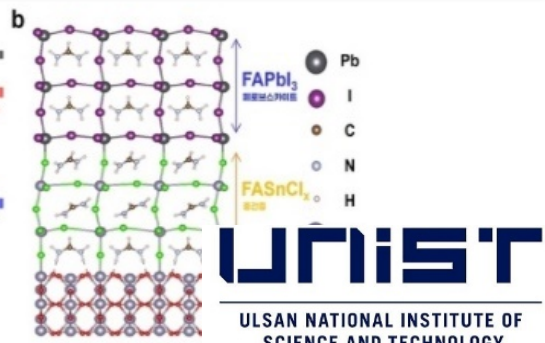
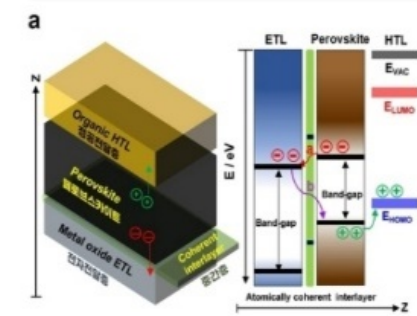


*SCIENCE* ('21)



세계 최고 효율(25.8%) 페로브스카이트 태양전지 개발

UNIST 석상일 연구팀



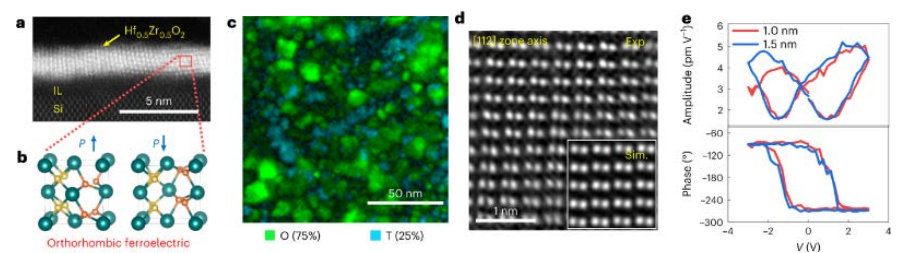
*NATURE* ('21)



• **Chip(반도체) 연구분야**

저전력 반도체 핵심소재 강유전체 'HZO 극박막' 연구 (NDC)

삼성전자 조상현 연구팀

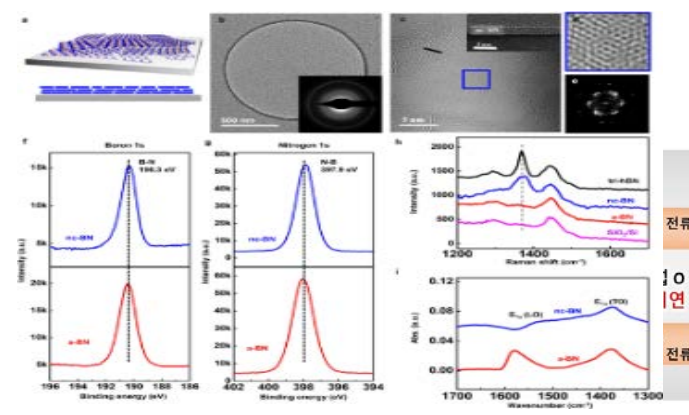


*Nature Elec.* ('23)

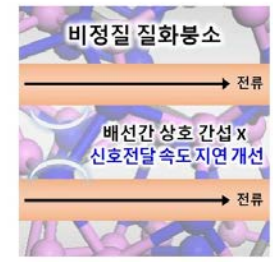


반도체 소자 소형화 기술인 '비정질 질화붕소' 절연체 개발

삼성전자 신현진 + UNIST 신현석 연구팀



*NATURE* ('20)





# 지속 성장을 위한 비전 에너지/바이오/반도체 미래소재 연구 HUB

• 혁신 연구 네트워크 구축 및 토탈 솔루션 제공

**M** 3세대+4세대 융합 연구 (PLS-II+PAL-XFEL)  
포스텍 Cryo-EM 센터

• 국가 연구 핵심 거점

- 국가 방사광 인프라 융합 연계  
- 포스코 및 이차전지 산업체

• 미래 연구자 양성

- 산학연 융합 및 초밀착 연구  
- PAL-포스텍-RIST-포스코  
- 국제 교류

**U**

1) XFEL 빔라인 증설

에너지/환경/반도체  
소재 연구센터

2) 에너지/바이오/반도체  
빔라인 다수 구축

**S**

1) 에너지/바이오  
전용 허치 구축

3) Cryo-EM 센터



- 고성능 전자현미경  
(Krios Tian 300kV 급)

차세대 가속기연구

한국 가속기 메카

방사광 광학실

PLS-II, XFEL, 4GSR  
광학장치 RnD

차세대 광원 연구

초전도, 상전도 광원

인력양성

국제교류

To Do

**T**

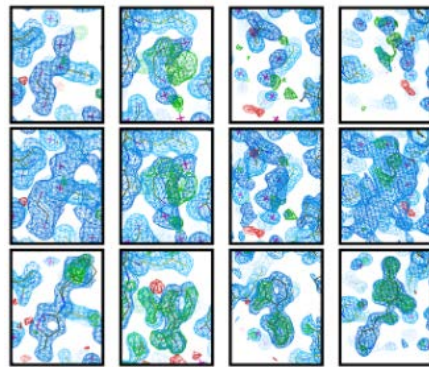
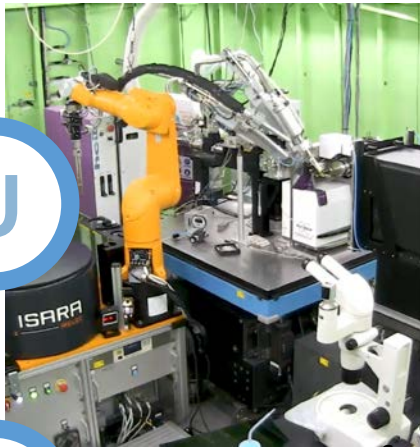
➤ 차세대 에너지소재 분야 세계최고 연구 역량 확보



• **Bio Research**

M

- **FBDD program (5C) / upgrade**
- Micro MX program (11C) /
- General MX program (7A) / Detector



• **FBDD: 300 fragment screening/day**

- **2nd XFEL Beamline ('24~'26)**

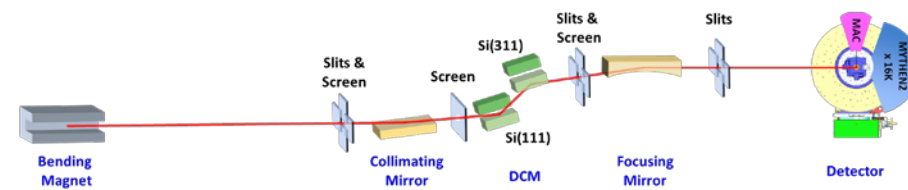


U

S

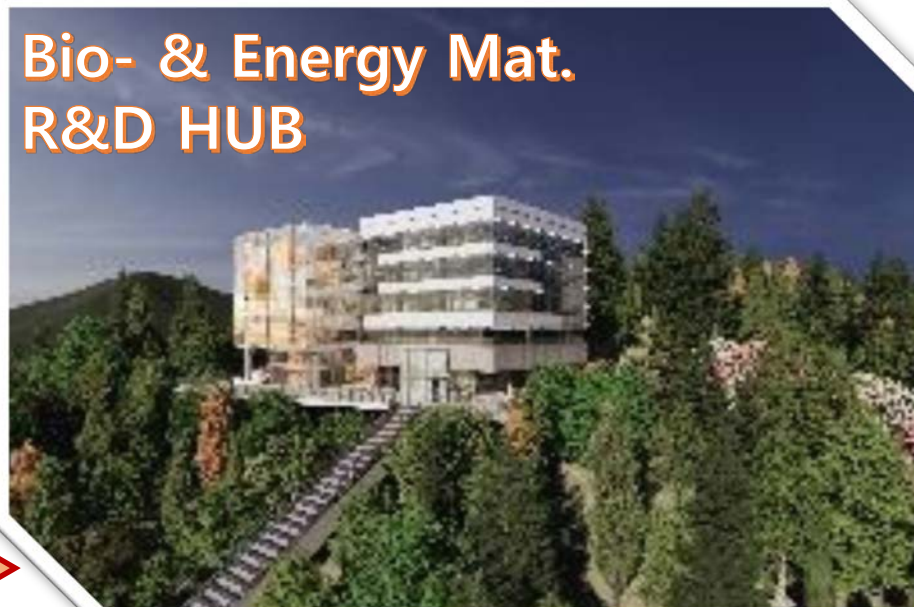
• **Battery & Energy Research**

- New Beamline: **Multimodal program**  
: 2C HEXA (on-going)
- Beamline Renovation: **High-throughput**  
: 4B HRPD-II (on-going)



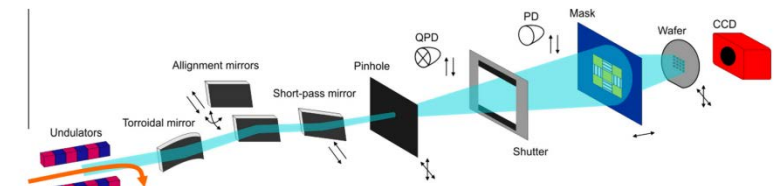
- **Tender X-ray Beamline (planning)**  
: To extend measurable elements  
: Si, P, S, Cl etc  
: New or renovation

**Bio- & Energy Mat. R&D HUB**



• **Chip(semicon.) Research**

- Tender X-ray Beamline: **(planning)**  
: To cover missing elements and doping elements / Si, P, S etc  
: New or renovation (planning)
- EUV Beamline @ PLS-II: **(planning)**  
: New or renovation



• XIL-II beamline at the Swiss Light Source

- **Imaging 빔라인 성능개선**

- **2nd EUV Beamline @ EUV (on-going)**

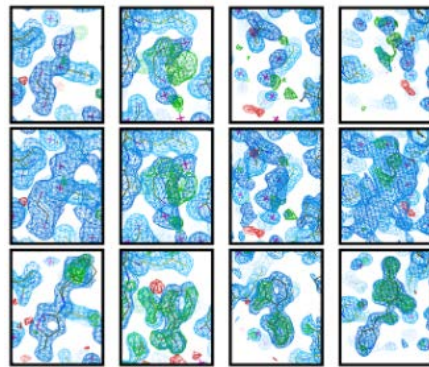


To Do

T

• **Bio Research**

- **FBDD program (5C)** / upgrade
- **Micro MX program (11C)** /
- **General MX program (7A)** / Detector



• **FBDD**: 300 fragment screening/day

- **Solution SAXS**

- **Bio-medical Imaging**

● **FBDD program (5C): 300 crystals → 600 crystals/day**  
 - 빔 flux ~20배 개선 및 자동 이미징 성능향상

● **General MX (7A): 거대분자 분석 + SMC 프로그램**  
 - 광학장치 및 실험장치 성능향상  
 → Supra-molecule Crystallography (SMC) 환경 구축  
 → High throughput 및 원격 데이터 획득 환경 구축

● **Solution SAXS (4C): 실시간 융합 분석 실험**  
 → High-throughput (solution) SAXS 환경 구축 (Radid SDD 변경 장치)  
 → 융합실험기법 개발로 새로운 사이언스 발굴

● **Bio-medical Imaging (4C): 의학영상 특성화**  
 - 신규 기법기술 개발 (경계차 영상 → 정량위상차 영상)  
 - 장기적으로 SC-3pW광원의 long beamline 전환 검토



M

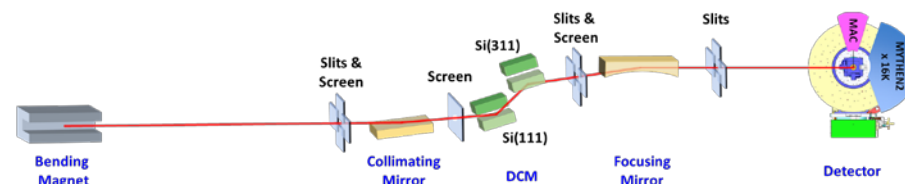
U

S

T

**Battery & Energy Research**

- New Beamline: **Multimodal program**  
: 2C HEXA (on-going)
- Beamline Renovation: **High-throughput**  
: 4B HRPD-II (on-going)



- **Tender X-ray Beamline (planning)**  
: To extend measurable elements  
: Si, P, S, Cl etc  
: New or renovation

- 주요 빔라인 검출기 개선
- 전 빔라인 Optics upgrade

- **증설 빔라인 (2C): 융합분석**
  - 신규 융합분석 빔라인
  - 고에너지 활용 (>30keV)
  - 70억 / 4년 (진행중)

- **개설 빔라인 (4B): HRPD-II**
  - 고속-고분해능 분말회절
  - 노후 빔라인 전환 (4B)
  - 30억 / 4년 (진행중)

- **Tender 빔라인 (신규)**
  - 2.2~7keV (upto 15keV)
  - PLS-II 특성화 전략
  - 전고체 전지 및 차세대 전지 분야
  - 에너지 소재 전분야

▶ **참고3-2**

- **검출기 성능 개선**
  - 고속 2D 검출기 개선
  - 미량 시료 검출기 개선

- **광학장치 성능향상**
  - PLS-II 최적 광학장치 필요+기본 성능 개선
  - 빔라인 전반적 노후화

- **노후 빔라인 개선(전환)**
  - 실험기법 개선
  - 이용자 활용성 제고
  - 노후 협약빔라인 등



M

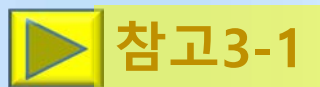
**Tender 빔라인 구축**

- 에너지 소재 분야 신규 빔라인 구축시 공동활용

U

**EUV 빔라인 구축**

- 삽입광원 기반 EUV 전용 빔라인  
 → EUV Metrology(Mask & Pellicle etc.) / 리토그래피 응용  
 → 차세대 photo-resist 소재 개발



S

**SX- & HX-이미징 빔라인 성능개선**

- BL7C Full-field 기반 고해상도 실시간 분석 개선  
 - BL9C CDI 빔라인 프로그램 전환 및 성능개선  
 : HX-마이크로빔 및 ptychography 이미징 활용  
 - 10A STXM 빔라인 성능개선  
 : 주요 실험장치 개선 및 SX-ptychography 이미징

T

**광학장치 성능향상**

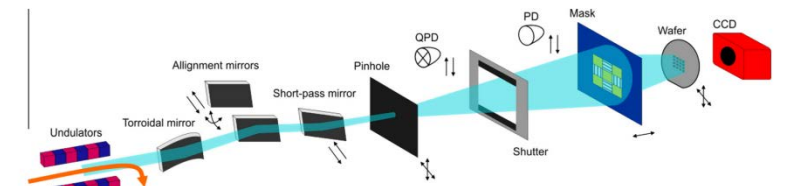
- PLS-II 최적 광학장치 필요+기본 성능 개선  
 - 빔라인 전반적 노후화

**붉은색: 4GSR 대응 빔라인**

**Chip(semicon.) Research**

- Tender X-ray Beamline: **(planning)**  
 : To cover missing elements and doping elements / Si, P, S etc  
 : New or renovation (planning)

- **EUV Beamline @ PLS-II: (planning)**  
 : New or renovation



XIL-II beamline at the Swiss Light Source

**Imaging 빔라인 성능개선**

: Full-field imaging / BL7C XNI (TXM)  
 : Ptychography / BL9C CXS (CDI)  
 : SX- SXTM 및 ptychography / BL10A1

주요 이슈 사항 : 인력 현황 및 인력 확보

M

• 인적 구성

- PLS-II 전담 39명 + 3명  
4GSR 겸직-전담 / ITCC겸직 등  
부장이상 보직자 3명
- 위촉원 18명

현) 빔라인 1.2명 (+위촉 0.5명)

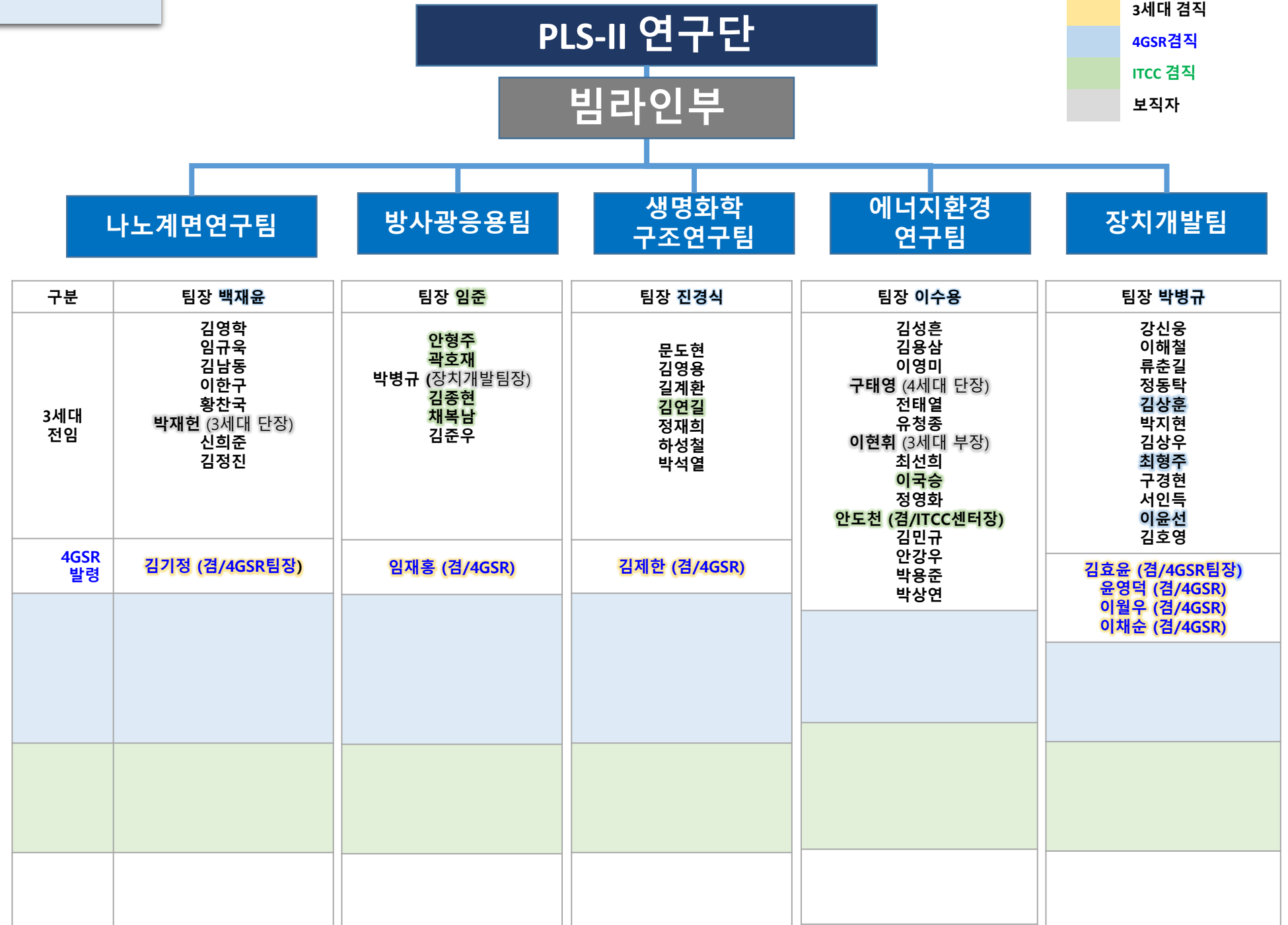
• 안정적 운영(장기) 인력  
전담 2인 + 위촉 0.5명 이상

- 2023~2029년 인력 변동
- 연구직 8명 퇴직 (이직 2명)
- 기술직 8명 퇴직

S

T

To Do



PLS-II 빔라인부 주요 이슈 사항

M

■ **인력: 빔라인 운영인력 및 장치개발 인력**

- 안정적 빔라인 운영인력 → 24년까지 최소 9명 필요 (현 2명 확보) → 29년까지 최소 26명 필요 (은퇴인력 감안)
- 빔라인 장치개발 인력 → 24년까지 최소 4명 필요 (현 1명 확보) → 29년까지 최소 8명 필요 (은퇴인력 감안)
- 인력 부족에 따른 타 부서의 다수 겸직 인력 발생 (4GSR 구축지원단 / 산업융합센터 등)

U

■ **운영: 빔라인 운영 이슈**

- 신규기법 빔라인 → 융합분석 2C (HEXA) → 빔라인 증설/신규 프로그램을 위한 중장기 자원 필요 → 다음 발표
- 저효율 및 노후 빔라인 개선 → 4B 빔라인 전환 (HRPD-II) → 순차적 개선을 위한 안정적 자원 필요 → 다음 발표
- (노후) 협약 빔라인 이슈 → 건설·운영 위원회 구성 (이용자 5인 이상) → 빔라인 운영 평가 및 자문
- 노후 빔라인 개선 및 프로그램 개선 → 핵심 검출기 개선 및 주요장치 개선 → 중장기 자원/계획 필요

S

■ **개발: 빔라인 장치 개발**

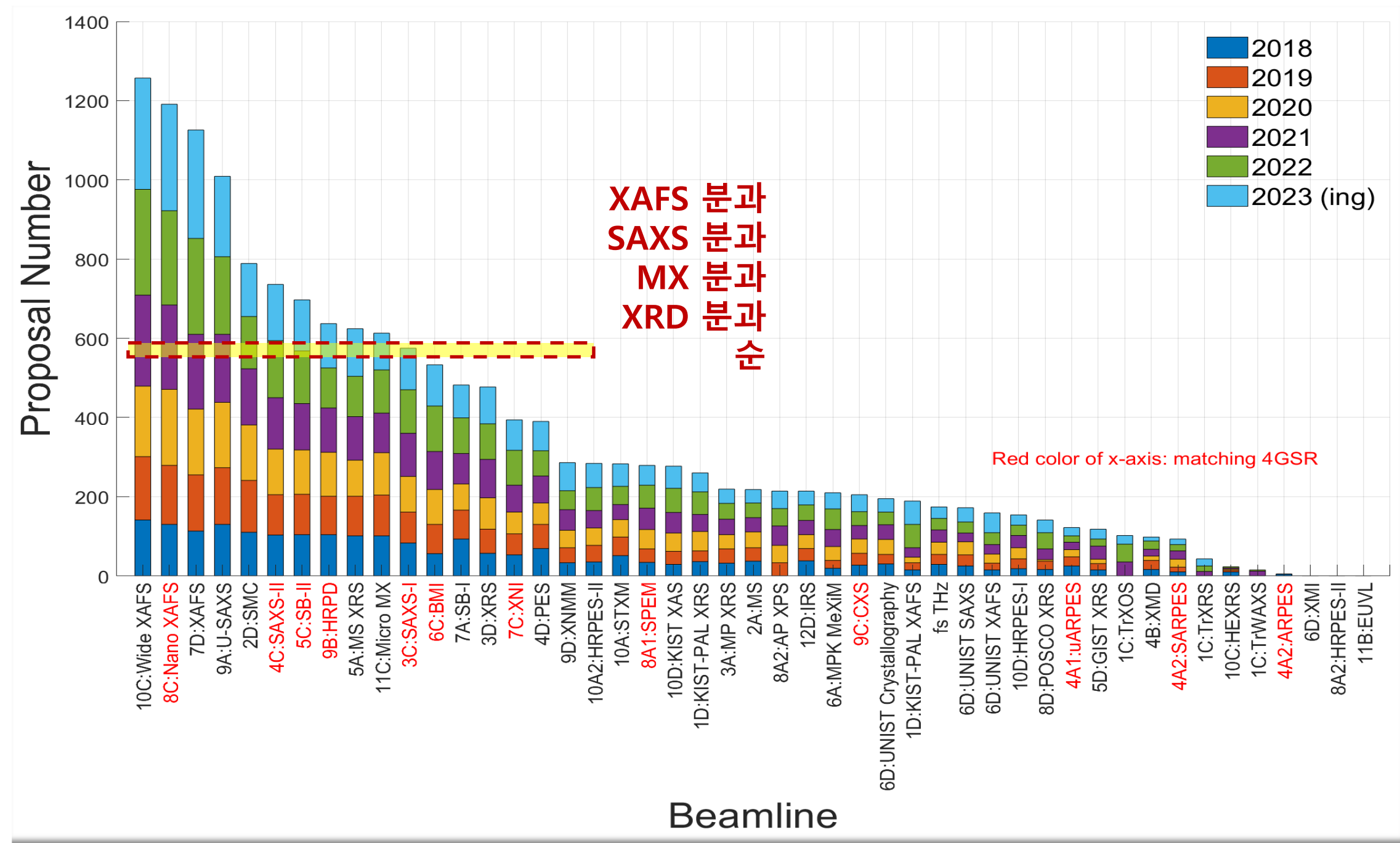
- PLS-II 전빔라인 노후 광학장치 순차적 고도화 → 방사광광학실 (연구소 연구실)  
→ 광학고도화를 위한 중장기 계획/자원 필요 → 다음 발표
- PLS-II, 4GSR 및 PAL-XFEL 빔라인 광학장치 RnD → Optics R&D 빔라인 구축 (11B) → 다음 발표
- 빔라인 자동화, 진단장치 개발 및 DAQ 개발/표준화 등 다수

To Do

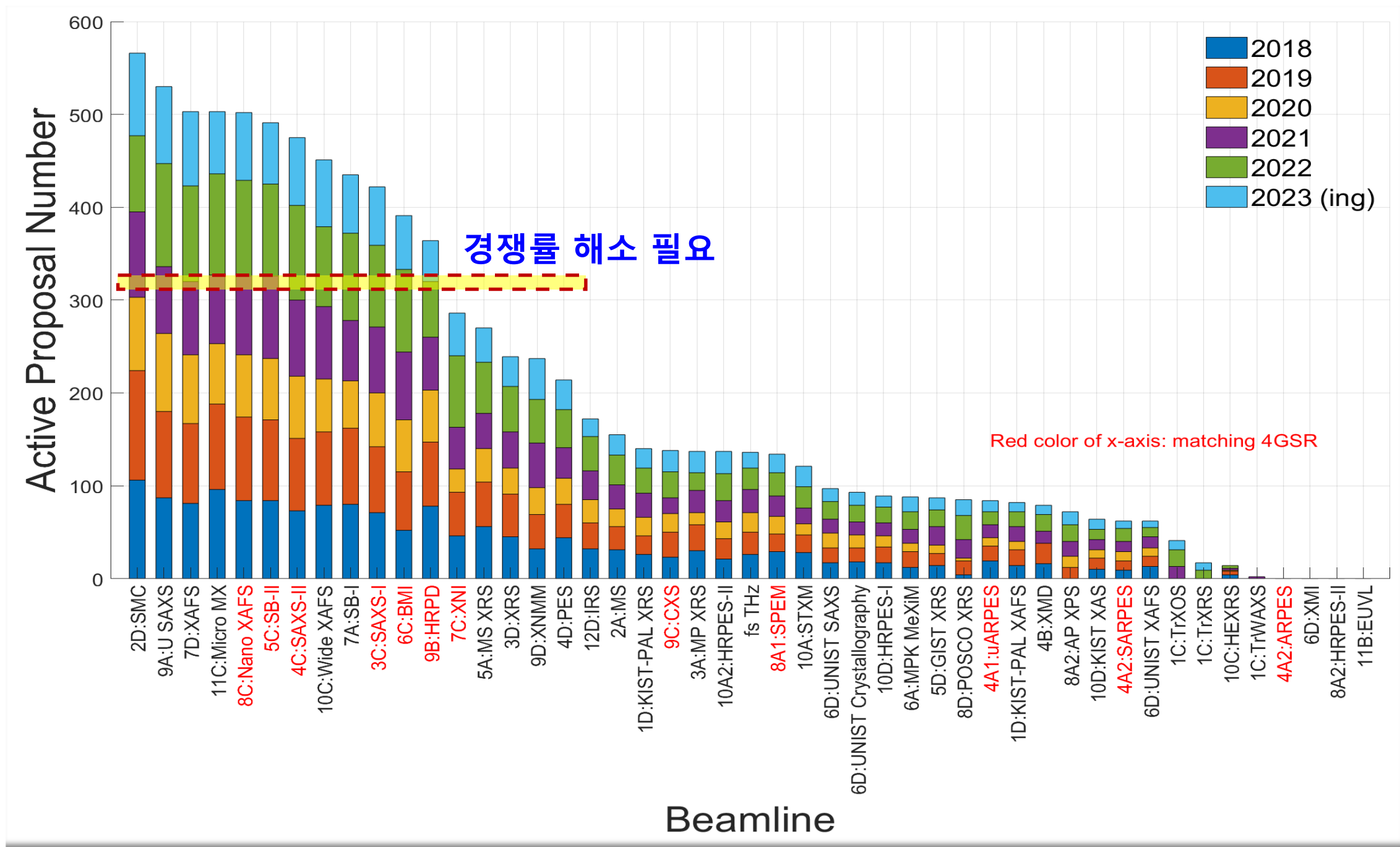
T

# 참고 자료

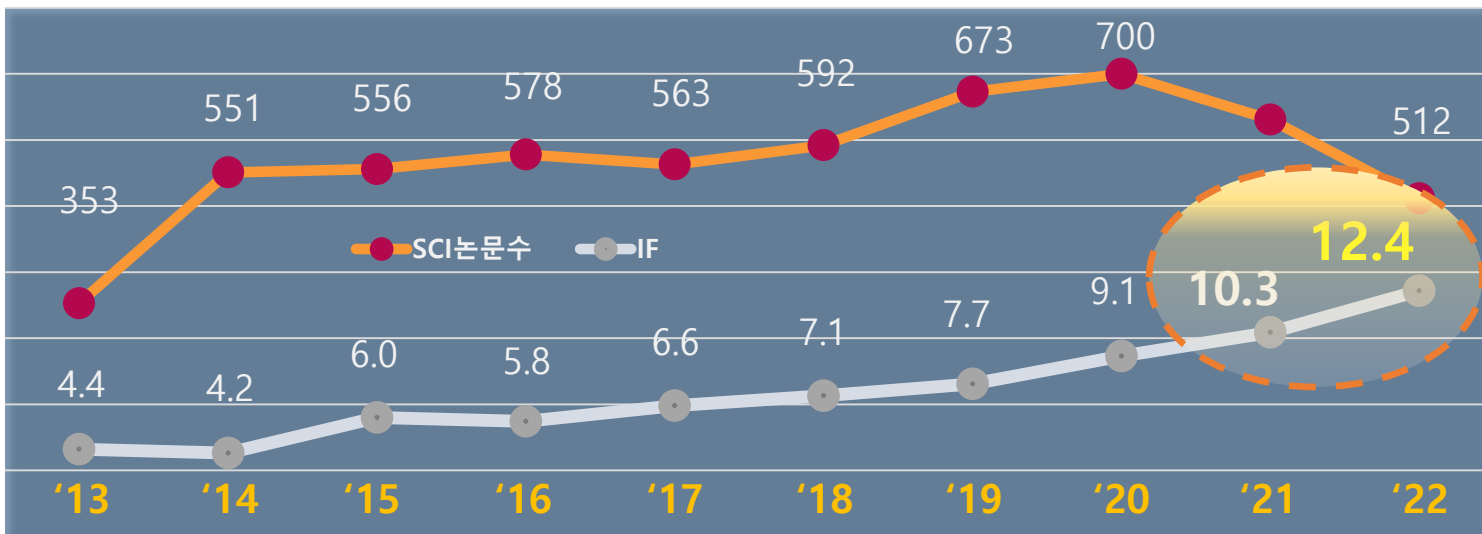
참고1-1) 이용자 실험 제안서 누계 (5년)



참고1-2) 빔라인별 수행 과제 누계 (5년)

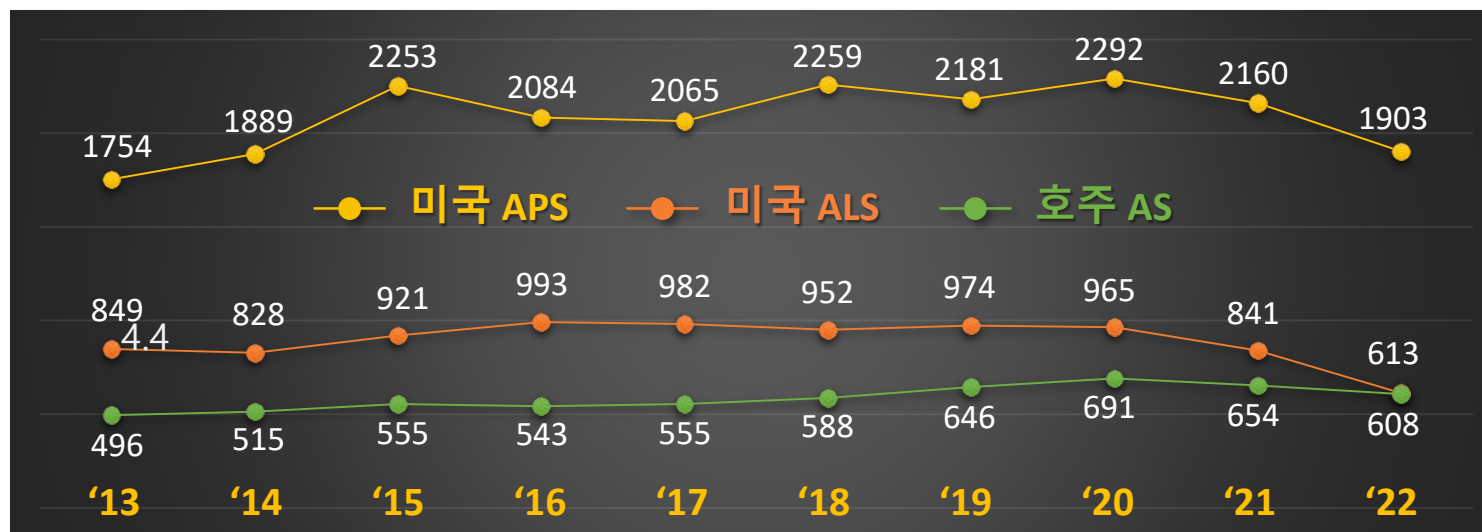


### 참고2) PAL/ SCIE 논문성과 (활용+장치/3,4세대)



- 국내 전체 논문 평균 IF는 3.9 수준
- 22년도 논문감소는 코로나-19 및 운전일정 감소영향 (SRF 이슈)

### SCIE Papers ( APS, ALS, AS )

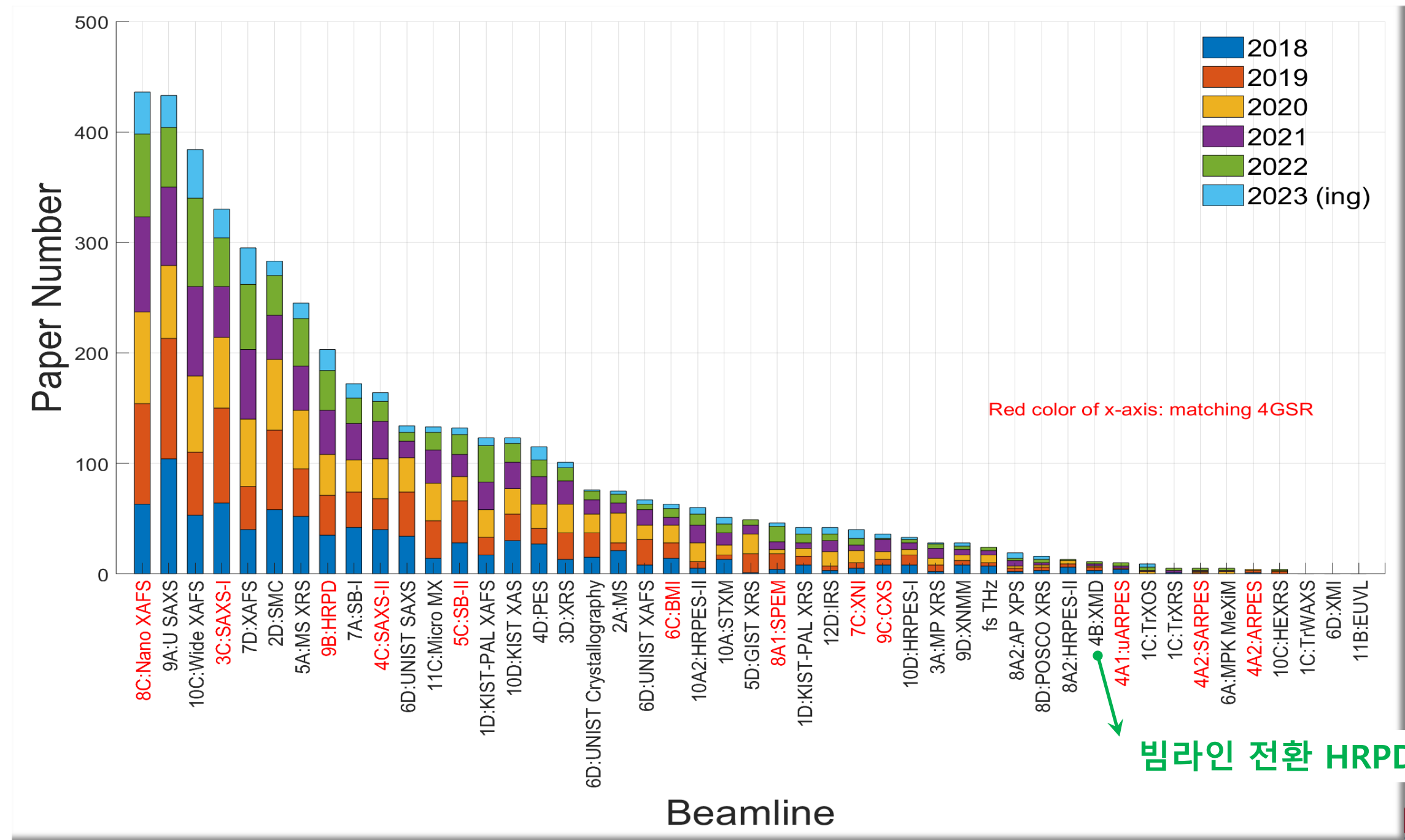


### SCIE Papers Count Ranking (South Korea) – Nature Index

#	Institution	Count 2022
1	<a href="#">Seoul National University (SNU), South Korea</a>	566
2	<a href="#">Yonsei University, South Korea</a>	436
3	<a href="#">Sungkyunkwan University (SKKU), South Korea</a>	373
4	<a href="#">Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), South Korea</a>	364
5	<a href="#">Institute for Basic Science (IBS), South Korea</a>	333
6	<a href="#">Korea University, South Korea</a>	303
7	<a href="#">Pohang University of Science and Technology (POSTECH), South Korea</a>	260
8	<a href="#">Hanyang University (HYU), South Korea</a>	195
9	<a href="#">Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST), South Korea</a>	187
10	<a href="#">Korea Institute of Science and Technology (KIST), South Korea</a>	185
11	<a href="#">Kyungpook National University (KNU), South Korea</a>	142
12	<a href="#">Pusan National University (PNU), South Korea</a>	140
13	<a href="#">Samsung Group, South Korea</a>	128
14	<a href="#">Kyung Hee University (KHU), South Korea</a>	120
15	<a href="#">Chonnam National University, South Korea</a>	117
16	<a href="#">University of Ulsan (UOU), South Korea</a>	105
17	<a href="#">Chung-Ang University (CAU), South Korea</a>	78
18	<a href="#">Inha University, South Korea</a>	73
19	<a href="#">Ewha Womans University (Ewha), South Korea</a>	65
20	<a href="#">Jeonbuk National University (JBNU), South Korea</a>	65

→ 2022년 포항가속기연구소를 통해 출판된 논문 편수는 Index상 **국제 80-90위권, 국내 약2위**에 해당됨

참고2-2) 빡라인별 논문 누계 (5년) 및 분과별 통계





### 참고3-1) 방사광 EUV 빔라인의 필요성

#### ❖ 반도체 foundry 산업의 국가 경쟁력 확보의 교두보

- 국내 산업체 또는 연구기관에 방사광 기반 EUV 광원을 제공하여 7nm 를 넘어 5~3nm 공정을 위한 극한의 환경을 구현할 수 있는 proto-type 실험장치 제공.
- EUV 공정 부품 및 소재에 대한 Metrology & Inspection 테스트 실험장치 제공.

### 방사광 기반 EUV의 장점

- ❖ Coherent 광원
- ❖ Narrow band width 광원
- ❖ Beyond EUV의 단파장 광원 가변적 구현

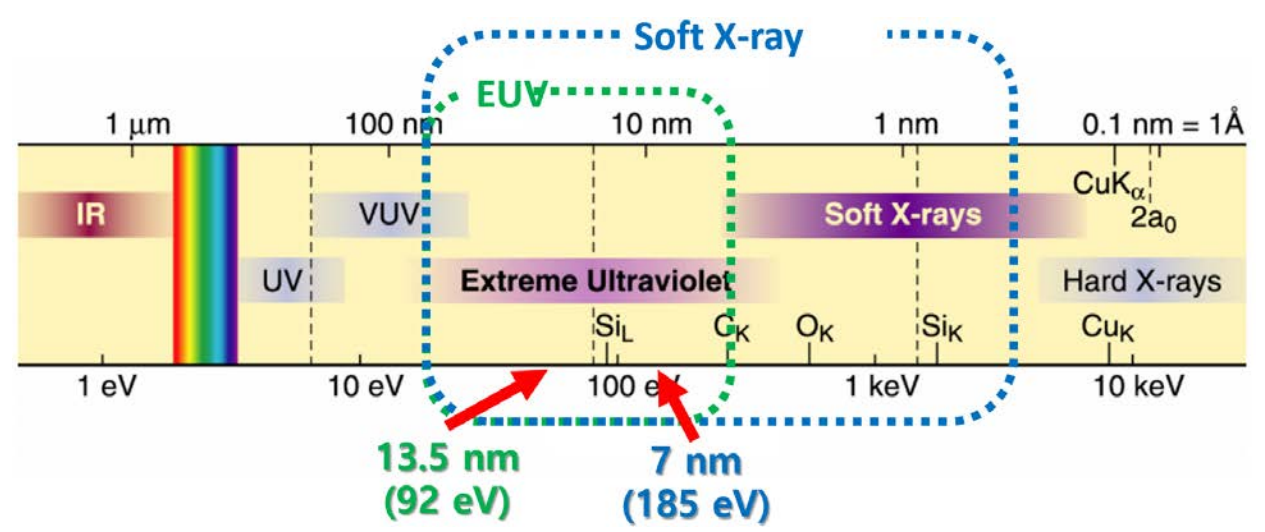


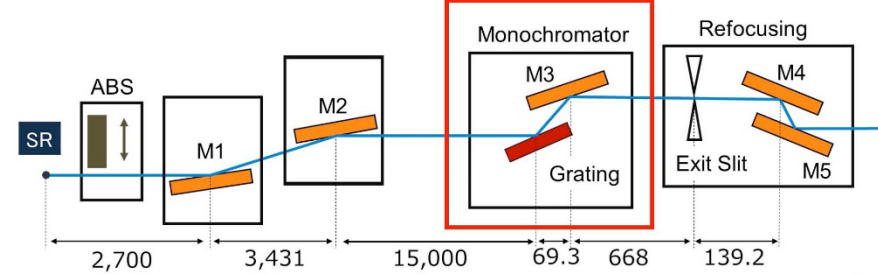
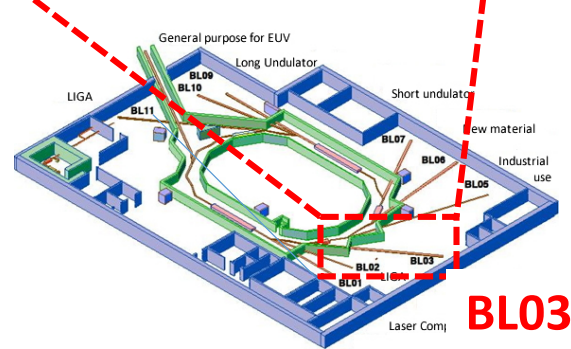
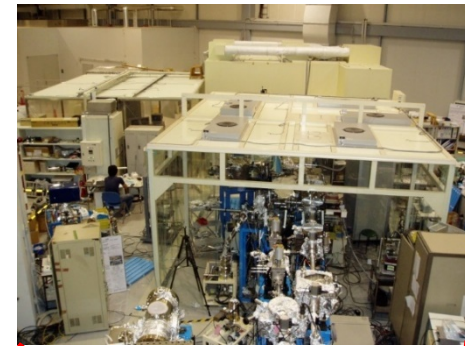
그림 1. EUV 빔라인을 갖춘 해외 방사광 가속기 연구소



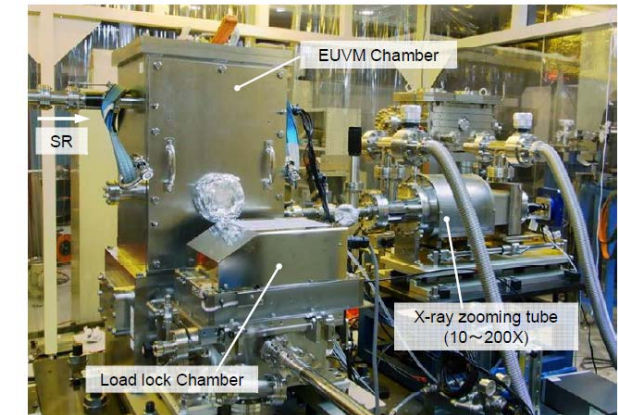
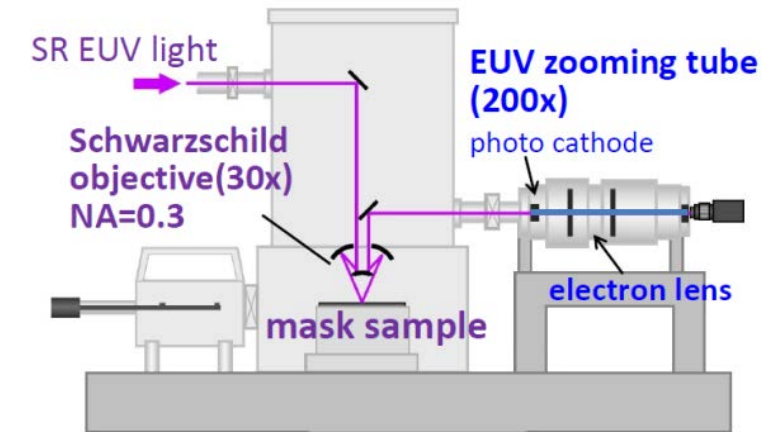


### 참고3-1) 방사광 기반 EUV 빔라인 (힘자석광원)

BL03@NewSUBARU	
Electron Energy	Top-up: 1.0 GeV / Decay: 1.5GeV
Electron Beam Current	Max. 500mA / Top-up: 100mA / Decay: 350 mA
Photon Source	Bending Magnet
EUV wavelength	10 – 80 nm
Photon Power	0.33 mW/cm <sup>3</sup>



EUV Scatterometry Microscope  
EUV Microscope  
EUV Resist Evaluation



### Bending magnet 광원을 이용한 EUV 빔라인 제안

#### ❖ Targets

- EUV Microscope and EUV CSM
- Coherent EUV Scattrometry Microscope  
Inspection of defects on Mask
- Resist Evaluation  
Performance test of Photo-Resist materials

#### ❖ 소요 예산

**총 65억**

- Beamline(including optics) : 20억
- End Station + Clean System : 45억

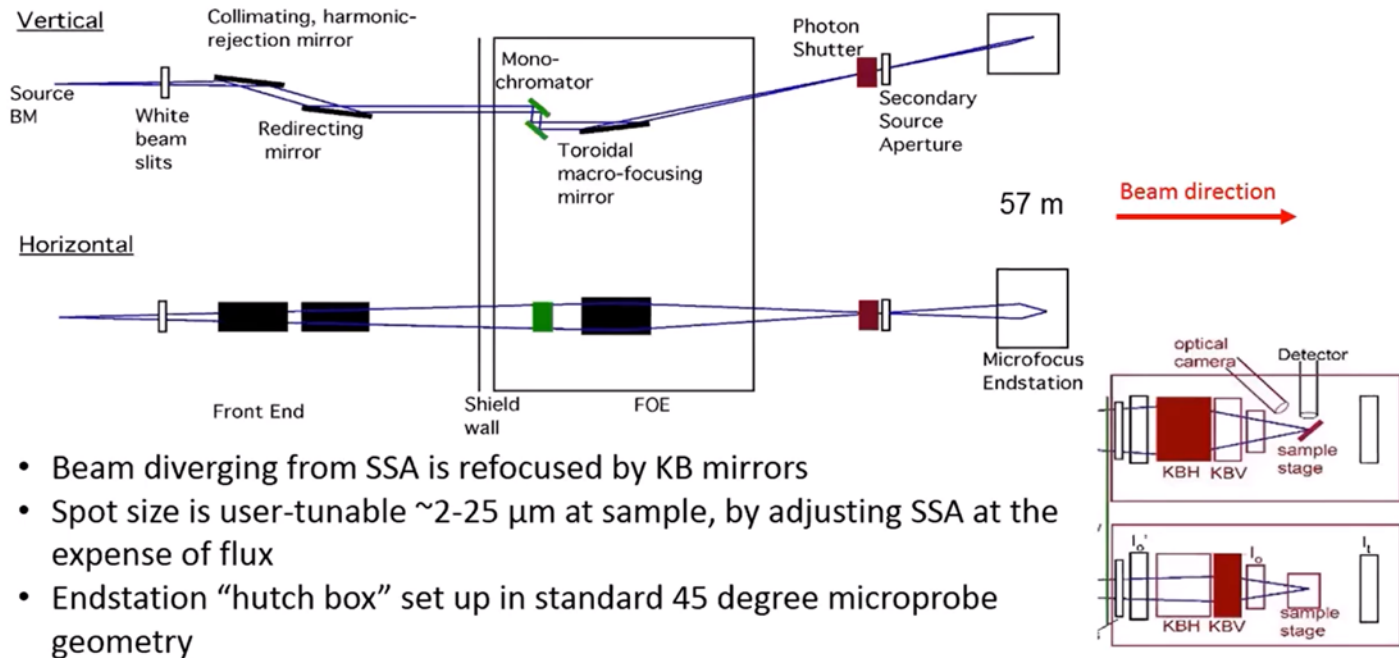
#### ❖ 건설 소요 기간 : 총 4.5 년

- 개념 설계 : 1년
- 구매 (발주 및 입고) : 2년
- 빔라인 건설 및 실험장치 설치 : 1년
- commissioning : 0.5년

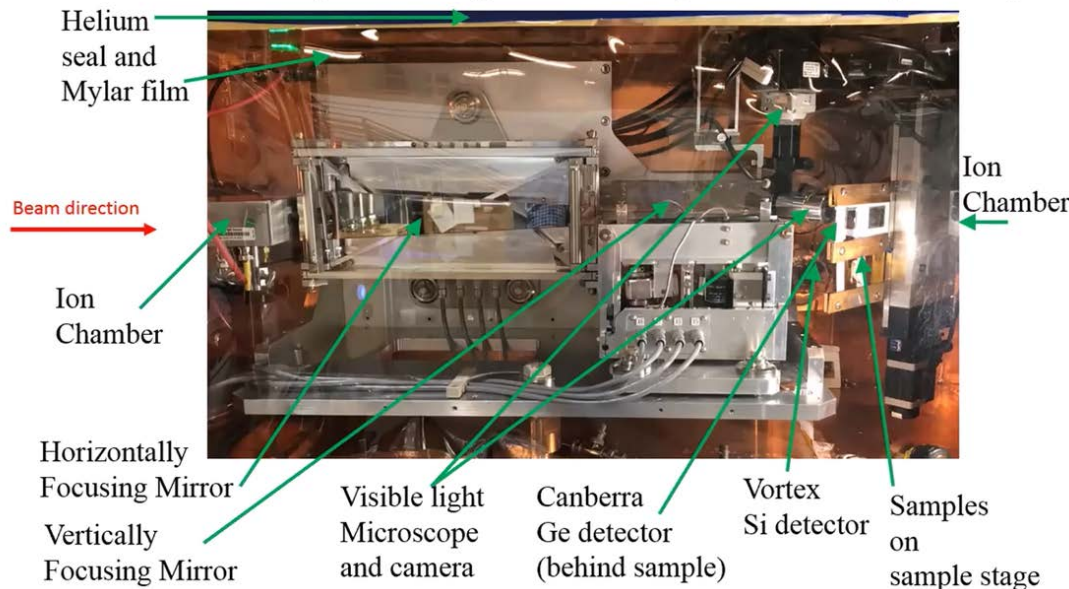


### 참고3-2) Tender 에너지 범위의 빔라인 건설과 그 활용 (NSLS-II)

#### Beamline layout



#### Endstation (1 m long chamber, He atmosphere)

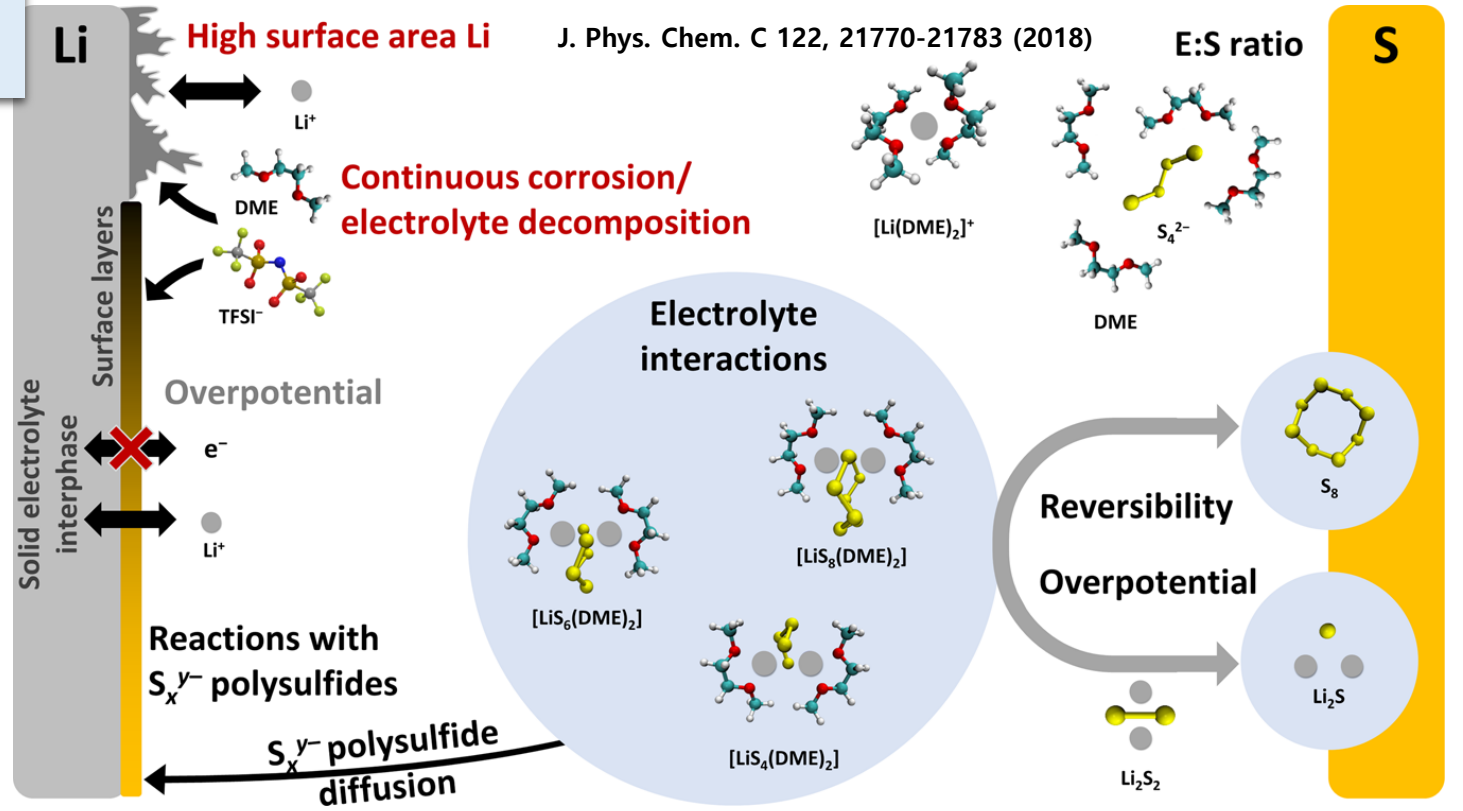


#### 주요특징 (NSLS-II)

- Bend 자석소스
- **2.0~5.5 keV**
- 5~20  $\mu\text{m}$  빔
- XRD 및 XAFS
- 2D XANES
- **P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cd, Ru, Rh, Pd, Sn, U, 등 측정**

#### 빔라인 건설비용

**약 80억원**



<리튬-황 배터리의 에너지전환 과정에서 발생하는 부식과정>

기업명	배터리 종류	상용화 시점
(韓)LG에너지솔루션	전고체배터리 리튬황배터리	2027년 상용화
(韓)삼성SDI	전고체배터리	2027년 상용화
(韓)SK이노베이션	전고체배터리	2030년 이후
(日)TOYOTA	전고체배터리	2025년 상용화
(美)Solid Power	전고체배터리	2025년 상용화
(美)SES	하이브리드 리튬메탈배터리	2025년 상용화
(美)QuantumScape	전고체배터리	2024년 초도 양산



주요 배터리기업들의 차세대배터리 로드맵  
- 산업통상자원부 (2021) -

\*차세대 전고체배터리는 황화물계, 산화물계, 고분자계로 구분