

---

# 포항가속기연구소 국내 자문위원회 사전 참고자료

---

2023. 10.

# 목 차

<b>I. 3세대 방사광가속기(PLS-II) 현황</b>	<b>1</b>
(1) 빔라인 현황 및 이슈	1
(2) 협약 빔라인 현황 및 개선	6
(3) 다목적 방사광가속기 빔라인과의 비교 및 대응방향	8
<b>II. 4세대 방사광가속기(PAL-XFEL) 현황</b>	<b>10</b>
(1) 빔라인 현황 및 이슈	10
(2) 4세대 방사광가속기(PAL-XFEL) 경X-선 빔라인 증설	12
<b>III. 인력 양성 및 연구환경 개선</b>	<b>13</b>
(1) 가속기 활용지원사업	13
(2) 포항가속기연구소 연구소모임 제도 운영	16
(3) 포항가속기연구소 방문연구원 제도 운영	17
<b>IV. 포항가속기연구소 중장기 발전 전략</b>	<b>18</b>
(1) 포항가속기연구소 중장기 발전 전략(안)	18
(2) 포항가속기연구소 중장기 인력운영 계획 도출	23
<b>V. 포항가속기연구소 주요 현안</b>	<b>24</b>
(1) 전력료 부족 관련 대응방향(안)	24
(2) 극자외선(EUV) 가속기 시운전 현황 및 일정 조정	26
(3) 다목적 방사광가속기 구축사업 총사업비 관리 대응	30
<b>[참고] 추가 요청 자료</b>	<b>31</b>

# I. 3세대 방사광가속기(PLS-II) 현황

## 1 빔라인 현황 및 이슈

### □ 빔타임 활용 현황

○ (경쟁률) '22년 과제 배정 경쟁률 1.58:1, 과제 신청 대비 63.2% 배정

구분		'18	'19	'20	'21	'22	계
과제수 기준	이용신청(A)	2,152	2,271	2,545	2,897	3,177	13,042
	배정과제(B)	1,686	1,768	1,802	1,871	2,011	9,138
	실제 수행과제	1,592	1,607	1,224	1,538	1,883	7,844
	배정 경쟁률(A/B)	1.28 : 1	1.28 : 1	1.41 : 1	1.55 : 1	1.58 : 1	1.36 : 1

\* '20~'21년도 COVID-19 대 확산에 따른 실험수행일수 축소

○ (산업체 활용) 포항 방사광가속기 산업체 활용 비율은 약 10% 수준

항목		'18	'19	'20	'21	'22	비고
산업체 방사광 이용 저변 확대	기업초청 간담회 등	22	29	21	22	22	• 대기업, 중소기업 등
	산업체 지원 서비스	70	42	26	15	30	• 산업체 양산 제품 및 신규 개발 제품 분석(심사과정 없음) : 철강, 디스플레이, 기능성 고분자 재료, 화장품 등
	산업체 공개 및 비공개 과제	121	115	91	99	117	• 산업체가 직접 또는 대학 등의 명의로 공용빔타임으로 접수되었으나 산업체의 요청 및 재원으로 수행
	선도기술 공동개발	10	8	14	14	11	• 산업체 과제 수행
산업체 지원 인프라 확충	산업체 특화 실험시설 구축	4	5	4	4	2	• 산업체 특화 실험장치 구축
계		249	228	156	154	182	

**< 3세대 방사광가속기(PLS-II) 빔라인 현황 >**

구분	빔 라 인	이 용 분 야		착공	완공	포트 No.
1	협약 시분해 엑스선 (TR-XRS)	물리, 화학 반응 동역학 연구	에너지소재	'17	'20	1C
2	협약 엑스선산란/흡수분광 KIST(XRS_KIST)	결정의 구조분석	그린소재	'06	'08	1D
3	협약 자성분광(MS_MPK)	자성재료 연구	공간분해분광	'97	'01	2A
4	공용 초분자결정학(SMC)	단분자 및 초분자 구조분석	구조생물학	'03	'05	2D
5	공용 물질물리 엑스선산란(MP-XRS)	물질구조분석 및 결정의 분석	그린소재	'03	'05	3A
6	공용 소각엑스선산란(SAXS I)	고분자화합물, 금속재료의 상분리	화학소재	'96	'97	3C
7	공용 엑스선산란(XRS)	박막, 분말시료구조분석	그린소재	'92	'94	3D
8	공용 마이크로빔광전자분광( $\mu$ -ARPES)	초전도체 및 자성체의 전자구조연구	산업체	'98	'02	4A1
9	협약 스핀각도분해 광전자분광(SARPES_IBS)	나노구조물 물성분석	산업체	'13	'15	4A2
10	협약 엑스선미세회절(XMD_GIST)	미세회절 분석 및 미세형광 분석	화학소재	'99	'02	4B
11	공용 소각엑스선산란II(SAXS II)	고분자화합물연구	화학소재	'00	'01	4C
12	공용 광전자분광(PES)	표면/계면전자구조, 표면동역학	나노소재분광	'97	'98	4D
13	공용 엑스선 소재과학(MS-XRS)	NT 및소재분야연구	그린소재	'02	'04	5A
14	협약 단백질 결정학 II(SB II_KRIBB)	단백질결정 구조분석	구조생물학	'01	'03	5C
15	전용 엑스선산란 GIST(XRS_GIST)	박막 및 표면연구용 X-선 회절	그린소재	'96	'97	5D
16	협약 중에너지 엑스선 분광학(MPK)	자성체 및 중에너지 흡수 분광 분석	산업체	'12	'16	6A
17	공용 생명의학영상(BMI)	생체조직, 재료, 소자결함구명	산업체	'10	'12	6C
18	협약 엑스선 다목적연구(UNIST-PAL C&S)	생명, 재료분야 X-선 현미경	화학소재	'13	'14	6D
19	협약 단백질결정학 I(SB I_KRIBB)	단백질 결정 구조 분석	구조생물학	'98	'99	7A
20	공용 엑스선 나노영상(XNI)	극미소량 원소 분석	산업체	'95	'96	7C
21	공용 엑스선 흡수분광(XAFS)	에너지소재 국부구조 연구	에너지소재	'97	'99	7D
22	공용 분광현미경(SPEM)	표면박막재료의 고공간분해 분광	공간분해분광	'96	'98	8A1
23	협약 대기압 광전자분광학(AP-XPS)	반도체, 금속재료 전자구조 분석	공간분해분광	'16	'18	8A2
24	공용 나노 엑스선 흡수분광(Nano XAFS)	국소구조의 공간분해적 측정	에너지소재	'95	'96	8C
25	전용 엑스선 산란 POSCO(XRS_POSCO)	철강재료 내 구조동적연구	그린소재	'99	'00	8D
26	공용 극소각 엑스선 산란(U-SAXS)	구조변이의 실시간 측정	화학소재	'05	'09	9A
27	공용 고분해능 분말회절(HRPD)	복합분자형 결정구조 분석	그린소재	'00	'01	9B
28	공용 결맞은 엑스선 산란 (CXSS)	단결정 및 박막의 결정구조분석	그린소재	'02	'03	9C
29	공용 백색 엑스선 (White X-ray)	백색광 엑스선 지형, 형광 활용연구	산업체	'98	'99	9D
30	공용 연 엑스선 나노현미경(STXM)	나노소재, 나노패터닝 기술연구	공간분해분광	'10	'12	10A1
31	공용 고분해능 광전자분광II(HR-PESII)	반도체, 금속재료 전자구조 분석	공간분해분광	'16	'18	10A2
32	공용 고선속 엑스선 흡수분광(Wide XAFS)	흡수 및 형광 스펙트럼 측정	에너지소재	'05	'09	10C
33	협약 고분해능 광전자분광/엑스선흡수분광 KIST(HR-PES I/XAS KIST)	복합 다체계 및 표면/계면	나노소재분광	'00	'03	10D
34	공용 마이크로 결정학( $\mu$ MX)	단백질 결정 구조 분석	구조생물학	'13	'16	11C
35	공용 적외선 분광학(IRS)	물질의 구조 및 반응 특성 연구	산업체	'13	'16	12D
36	공용 펨토초테라헤르츠분광(fs-THz)	물질의 구조 동역학 연구	나노소재분광	'05	'09	-

※ 포트 B,D → BM 빔라인 / A,C → ID빔라인

※ BM : 휨자석 빔라인 (Bending Magnet Beamline), ID : 삽입장치 빔라인 (Insertion Device Beamline)

※ 극자외선선편인쇄(11B EUM)는 운영 종료, 엑스선 영상 (6D XM)은 UNIST-PAL 포트로 변경

※ 최신 동향을 반영한 전략적 활용 위해 명칭 변경 (9D XNMM(X-ray Nano/Micro-Machining) → 9D WX(White X-ray))

## 참고 : 산업체 활용현황

### □ 기업지원 실적

구분	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23 (8월말)	소계
방사광이용자과제 <sup>(1)</sup>	131	122	119	91	114	176	163	916
방사광융합분석 <sup>(2)</sup>	37	70	42	17	10	25	8	209
합계	168	191	157	108	124	201	171	1,120

(1) 방사광이용자과제 제안서를 접수하고 이용자협회와의 심사과정을 거친 빔타임 중 산업체가 직접 또는 대학 등의 명의로 공용빔타임으로 접수되었으나 산업체의 요청 및 재원으로 수행

(2) 이용자협회와의 심사과정을 거치지 않고 산업기술융합센터가 과제 접수 및 실험, 분석까지 수행

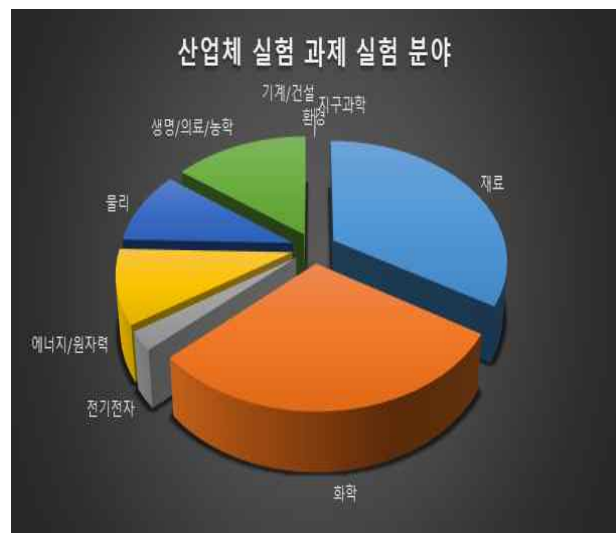
### □ 방사광가속기 이용과제 현황 ['23년 빔타임 실험수행과제 현황, 8월말 기준]

구분	국내			외국	계
	대학	연구소	산업체*		
'23년도	1,056 (76.4%)	145 (10.5%)	163 (11.8%)	18 (1.3%)	1,382 (100%)

\* 산업체는 산업체 소속 이용자 및 산업체 자원 과제를 대상으로 집계



< 방사광 활용 과제 실험 분야 (8월말) >



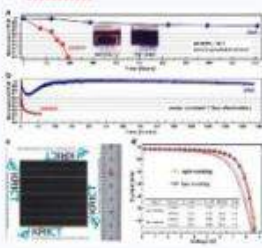
< 산업체 실험 과제 분야 (8월말) >

## □ 빔라인 활용 대표 연구성과

**3세대 6D**

**신개념 페로브스카이트 태양전지 박막기술 'DHA' 개발**

화학연 사장원 연구팀

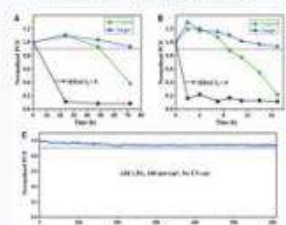


*NATURE* ('19, I.F. 43.0)

**3세대 6D**

**첨가물 교체를 통한 페로브스카이트 태양전지의 효율성 및 안정성 강화 연구**

UNIST 석상일 연구팀




*SCIENCE* ('19, I.F. 41.1)

**3세대 10C**

**규칙적 배열되어 성능 향상된 나노 다결정 소재 합성 성공**

IBS(서울대) 현택환 연구팀

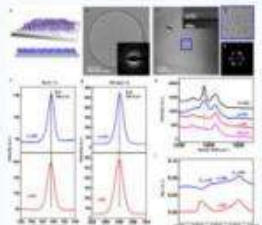


*NATURE* ('20)

**3세대 4D, 6D, 10A2**

**반도체 소자 소형화 기술인 '비정질 질화붕소' 절연체 개발**

삼성전자 신현진 + UNIST 신현석 연구팀

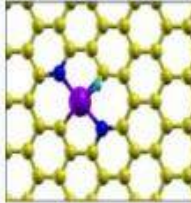


*NATURE* ('20)

**3세대 6D**

**수소 생성 활성도 100배 높은 새로운 수소 생산 촉매 개발**

UNIST 김광수 연구팀

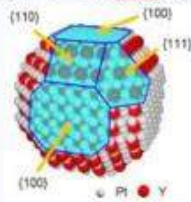


*NATURE ENERGY* ('18, I.F. 46.9)

**3세대 10C**

**합금 작용을 위한 메조포러스 제올라이트의 희토류-백금 합금 나노입자 개발**

IBS(카이스트) 유희용 연구팀



*NATURE* ('20)

## □ 빔라인 별 연구성과 현황

순번	빔라인	'20년도		'21년도		'22년도			비고
		논문수	평균F	논문수	평균F	논문수(a)	평균F(b)	성과(a×b)	
1	1C	2	3.8	2	4.4	5	12.4	62	협약
2	1D	15.4	10.6	18.4	13.8	21.6	12.5	270	협약
3	2A	19.3	7.6	7.8	7.6	5.2	12.7	66	협약
4	2D	48.2	7.8	43.5	7.5	36.2	9.7	351.1	
5	3A	7.2	7.6	3.8	7.3	2.8	13.1	36.7	
6	3C	62.7	10.6	38.5	9.7	38.4	12.6	483.8	
7	3D	12.8	10.2	8.9	12.7	7.5	18.6	139.5	
8	4A1	0.5	1.8	3	2.8	4.5	14.3	64.4	
9	4A2	0.7	10.5	1	20	1	14.4	14.4	협약

순번	빔라인	'20년도		'21년도		'22년도			비고
		논문수	평균F	논문수	평균F	논문수(a)	평균F(b)	성과(a×b)	
10	4B	0.5	9	0.8	9.9	1.8	3.2	5.8	협약
11	4C	28.7	7.7	32.8	8.9	20.5	8.6	176.3	
12	4D	12.8	12.5	14.4	11.3	10.8	15.3	165.2	
13	5A	29.6	9	21	13	24.3	11.3	274.6	
14	5C	15.8	4.7	16.5	6.4	15.5	8.2	127.1	협약
15	5D	14	6	4.7	4.5	3.3	6	19.8	협약
16	6A	0.7	15.7	0.3	13.3	1.3	11.4	14.8	협약
17	6C	15.5	4.4	8	5.5	8	11.1	88.8	
18	6D	47.6	13.2	30	12.3	12	16.5	198	협약
19	7A	23.5	4.8	22	6.3	15	7	105	협약
20	7C	7.1	3	3.3	12.1	3.1	10.5	32.6	
21	7D	38.5	12.7	43.3	12.5	31.6	14.3	451.9	
22	8A1	4.8	13.9	3.8	10.4	6.8	17.6	119.7	
23	8A2	2.5	13.1	6.2	7.7	3	15.9	47.7	협약
24	8C	50.7	10.3	58	10.6	53.7	16.3	875.3	
25	8D	3	8	2	7.4	2.7	12.6	34	협약
26	9A	62.2	9.5	61.3	11.2	57.2	11.5	657.8	
27	9B	24.5	12.3	20.1	14	22	14.5	319	
28	9C	2	3	7.3	6.5	1	2.6	2.6	
29	9D	5	2.7	4	4.2	3	3.8	11.4	
30	10A1	2.3	14.4	6	13.6	5	28.7	143.5	
31	10A2	11.4	10.6	8.7	14.7	8.7	15.1	131.4	
32	10C	46.2	13.2	65	16.3	53.7	18.8	1,009.6	
33	10D	18.2	5.7	23.5	8.8	9.9	11	108.9	협약
34	11C	20.7	5.4	20	5.7	10.8	9.5	102.6	
35	12D	9.3	7.1	6.8	7.9	5	5.8	29	
36	fsTHz	6	6.1	2.5	5.6	3	8	24	

\* 협약빔라인은 3년간('20~'22) 빔라인 당 성과(평균 논문수 10.2건, 평균 I.F 9.6)가 공용 빔라인 성과 (평균 논문수 20.4건, 평균 I.F 10.8)대비 저조하여 방사광가속기 운영위 등에서 개선 요구 지속 중

## 2 협약 빡라인 현황 및 개선

### □ 3세대 방사광가속기 협약빡라인 현황 및 개선

○ (현황) 3세대 방사광가속기 36기 빡라인 중 전용·협약빡라인 13기 운영

구분 (빡라인명)		협약 기관	경과년수	비고
1	협약 X-선 미세회절 (4B)	광주과학기술원	협약 종료	빡라인개선 추진('23~)
2	전용 X-선 산란 (5D)	광주과학기술원	26	협약 종료 추진
3	협약 X-선 산란/흡수분광 (8D)	포스코(RIST)	23	협약 종료 추진
4	협약 자성분광 (2A)	막스플랑크 한국/ 포스텍연구소	22	협약 종료 추진
5	협약 고분해능 광전자분광 (10D)	한국과학기술연구원	20	협약 종료 추진
6	협약 단백질결정학 II (5C) 단백질결정학 (7A)	한국생명공학연구원	20	
7	협약 X-선 산란/흡수분광 (1D)	한국과학기술연구원	15	
8	협약 X-선 다목적 연구 (6D)	울산과학기술원	9	
9	협약 스핀 광전자분광 (4A2)	기초과학연구원	8	
10	협약 중에너지 X-선 분광학 (6A)	막스플랑크 한국/ 포스텍 연구소	7	
11	협약 대기압 광전자분광(8A2)	한국기초과학지원연구원	5	
12	협약 시분해 X-선 (1C)	한국표준연구원 기초과학연구원	3	

○ (개선방향) 협약 체결이 20년 이상 경과한 전용·협약빡라인에 대해 단계적 협약 기간 조정 및 노후 빡라인 개선 추진 계획

- 빡라인 개선 : X-선 미세회절 빡라인(4B)의 경우, 빡라인개선 예산 확보하여 '23년부터 추진(고분해능 분말회절 빡라인)
- 협약 개선 : 투자규모 등을 고려한 빡타임 배분비율 등 조정을 통해 현 제한없는 협약기간에 따른 부작용 최소화 추진

\* (방향) 100% 투자 빡라인 (단계적 축소 : 70%(7년간) → 50%(~12년간) → 30%·종료(~15년간))  
50% 투자 빡라인 (단계적 축소 : 35%(7년간) → 20%·종료(~12년간))



**참고 : 협약빔라인 관련 지침 정비**

□ **협약빔라인 관련 지침 개정 [23.7]**

관련 지침	주요 개정내용	비고
빔라인 운영 및 협력에 관한 지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>빔라인 건설·운영 위원회</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>관장사항</b> : 빔라인 건설 및 협력 관련 제반사항의 평가·자문</li> <li>· 건설빔라인에 관한 사항</li> <li>· 협약빔라인 운영평가 및 재협약</li> </ul> </li> <li>- <b>구성</b> : 가속기연 외부전문가 5인 이상 포함하여 12인 이내로 구성</li> </ul>	빔라인 건설·운영 위원회 재정비
빔라인 건설 및 운영에 관한 대외협약 체결 기본 지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>빔타임 배분 조정</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 협약빔라인의 운영기간 동안 연구소 및 정부의 추가 자원 지원이 있는 경우, 빔타임 비율 조정 가능</li> </ul> </li> <li>○ <b>협약의 갱신과 재협약</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 협약 종료 6개월 전까지 빔라인 건설·운영 위원회에 운영보고서 제출</li> <li>- 평가결과를 반영하여 재협약 여부 및 빔타임 비율 조정·결정</li> <li>- 협약 종료 시 빔라인 시설·장비를 최대 3년간 유지하는 내용을 협약서에 반영하여 이용자 빔타임 손실 최소화</li> </ul> </li> </ul>	<p>빔타임 배분 조정 근거 마련</p> <p>협약 빔라인의 활성화와 개선 근거 마련</p>

### 3

## 다목적 방사광가속기 빔라인과의 비교 및 대응방향

### □ 빔라인 성능 비교 및 차별성 (PLS-II/4GSR)

- 다목적 방사광가속기 건설 후, 기존 시설과의 연계운영/경쟁을 통하여 다양한 연구분야의 이용자 실험수요 체계적 대응 추진

< 3세대 방사광가속기 및 다목적 방사광가속기 빔라인 비교 >

연번	후보 빔라인	3세대 방사광가속기	다목적 방사광가속기
1	신약 및 바이오 소각산란	<ul style="list-style-type: none"> <li>다목적 방사광가속기의 향상된 밝기와 결맞음으로 정밀도 및 분석효율 증가</li> </ul> <p>(주로 기초연구에 활용)</p>	(신약 / 약 전달 개발 등 산업체의 응용연구 지원)
2	소재 구조분석 (신소재/에너지 구조분석 플랫폼)	<ul style="list-style-type: none"> <li>다목적 방사광가속기의 기술 발전과 성능 향상된 광원 개발로 한 빔라인에 여러 실험기법을 적용하는 것이 가능하여 산업체의 다양한 요구 만족 가능</li> </ul> <p>신규 융합분석 빔라인 구축중 (개별 기법 빔라인으로 지원)</p>	(산업체가 요구하는 실제 동작환경에서의 실험지원)
3	연엑스선 나노 프로브	<ul style="list-style-type: none"> <li>기본 분석기법인 XPS, XAS 기법의 경우 자동화하여 분석 효율 향상, 분광현미경의 경우 3세대 가속기 대비 100~1,000 배 효율이 높아지며, 넓은 에너지 영역(150 ~ 3000 eV) 제공</li> </ul> <p>(주로 기초연구에 활용, 산업활용에는 제한적)</p>	(높은 사양의 기능, 빠른 실시간, 다양한 실험 환경에서 연구 가능, 넓은 에너지 영역으로 활용 분야 확장)
4	나노 스케일 각분해 광전자분광	<ul style="list-style-type: none"> <li>3세대 가속기 대비 에미턴스가 작아, X-선이 시료에 수십 nm로 집속됨에도 시료에 충분한 밝기(flux)를 제공하여, 기존에 불가능했던 높은 공간분해능으로 AR-PES 정보 획득</li> </ul> <p>(유사 기법의 300 nm 이상 분해능 AR-PES 활용중)</p>	(광전자 분광의 백미인 AR-PES를 수십~100 nm 분해능으로 구현)
5	결맞음 X-선 산란	<ul style="list-style-type: none"> <li>다목적 방사광가속기에서는 결맞음이 10-100 배 증가, 결맞음을 활용한 시료 연구의 새로운 영역 개발하여 편광 기능을 통한 전자구조에 대한 정보도 확보</li> </ul> <p>(편광과 결맞음 모두 만족하는 광원 없음)</p>	(편광 및 편광 기능으로 첨단 과학 가능하게 함)
6	결맞음 소각 산란	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 3세대 가속기에도 있는 범용 실험기법이나 입사하는 광원의 결맞음을 좋게 하여 보다 명확한 정보를 제공하며, 그 결과 활용 범위가 넓어짐</li> </ul> <p>(스침각/투과 소각산란 기법은 있으나 X-선의 결맞음성 부족)</p>	(결맞음을 이용하는 명확한 분석 기능이 추가)
7	실시간 엑스선 흡수분광학	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 3세대 가속기에도 있는 범용 실험기법이나 입사하는 광원의 세기가 강하고 넓은 에너지 영역을 가지게 되어, 실시간 실험을 경쟁력 있게 수행할 수 있으며 응용 범위가 넓음</li> </ul> <p>(실시간-시분해 실험의 한계)</p>	(빠른 시간 대의 실시간 실험 가능)

연번	후보 빔라인	3세대 방사광가속기	다목적 방사광가속기
8	생체분자 나노 결정학	<ul style="list-style-type: none"> <li>3세대 가속기에서는 30<math>\mu</math>m 크기 이상의 단백질 결정에 대한 연구가 가능하나, 다목적 방사광가속기는 10<math>\mu</math>m 이하의 단백질 결정 시료 연구도 가능</li> </ul>	(10 $\mu$ m 정도로 결정화된 막단백질도 연구 가능)
		(50 $\mu$ m 크기 이상의 결정 시료 필요)	
9	고에너지 X-선 현미경	<ul style="list-style-type: none"> <li>3세대 가속기는 에너지의 한계로 높은 투과율이 필요한 시료 연구에 부적합한 반면 4세대의 높은 에너지와 높은 공간분해능을 이용하여 다양한 시료의 정밀 연구 가능</li> </ul>	(높은 에너지 가능하며 해상도와 투과율 모두 만족)
		(제한적 높은 에너지로 투과율이 부족)	
10	나노 프로브	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 X-선 기법을 적용하여 실험을 수행함으로써 세계적인 경쟁력을 확보, 특수환경물질 연구 등에도 활용</li> </ul>	(10nm급 분해능 X-선 기법 적용가능)
		(30nm급 분해능으로 실시간 영상분석)	

### □ 다목적 가속기 대비 경쟁력 확보 방향

빔라인	PLS-II 경쟁력 확보 방안
바이오신약/바이오소각산란	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간 융합 분석 solution SAXS 환경 구축</li> <li>고속(High-Throughput) SAXS 환경 구축</li> </ul>
소재구조분석 (신소재/에너지 구조분석 플랫폼)	<ul style="list-style-type: none"> <li>융합분석 빔라인(2C) 및 HRPD-II 빔라인(4B) 구축</li> <li>고분해능 분말회절 데이터 지속 제공 (10년간 유일)</li> <li>Tender 영역(2~6keV) 신규 빔라인 구축 추진 (공통)</li> <li>다수 빔라인의 광학장치 및 검출기 성능 개선</li> </ul>
연X-선 나노프로브 (반도체/디스플레이/ 전자소재 분석 플랫폼)	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중 실험환경 제공을 위한 시스템 개발</li> <li>SX- 및 HX- 이미징 빔라인 성능개선 (2D 및 3D 영상)</li> <li>다수 빔라인의 광학장치 및 검출기 성능 개선 (공통)</li> <li>EUV 빔라인 구축 추진</li> </ul>
나노 스케일 각분해 광전자분광	<ul style="list-style-type: none"> <li>PES 신호크기 및 에너지 해상도 향상</li> <li>실험설비 개선 및 복합 실험지원 체계 구성</li> </ul>
결맞음 X-선 산란	<ul style="list-style-type: none"> <li>CDI 분석기법 종료(경쟁력 확보 어려움)</li> <li>In-situ 마이크로빔 회절 연구 다양화</li> </ul>
생체 고분자 결정학	<ul style="list-style-type: none"> <li>빔 특성 개선(DCM, Optics 등)으로 FBDD 성능향상 및 실시간 데이터 분석 프로그램 구축</li> <li>거대분자 분석 프로그램 및 SMC 프로그램 융합</li> </ul>
고에너지 현미경	<ul style="list-style-type: none"> <li>정량 위상차 영상 기법 개발로 의학영상 분야 특성화</li> <li>장치 성능향상 (SC-3pW 광원 및 long-beamline 전환 검토)</li> </ul>

## II. 4세대 방사광가속기(PAL-XFEL) 현황

### 1 빔라인 현황 및 이슈

#### □ 빔타임 활용 현황


- (경쟁률) '22년 과제 배정 경쟁률 1.99:1, 과제 신청 대비 50.3% 배정

구 분		'18	'19	'20	'21	'22	계
과제수 기준	이용신청(A)	84	146	119	152	163	664
	배정과제(B)	45	54	61	68	82	310
	실제 수행과제	45	53	60	60	77	295
	배정 경쟁률(A/B)	1.87 : 1	2.70 : 1	1.95 : 1	2.24 : 1	1.99 : 1	1.36 : 1

#### □ 빔라인 활용 대표 연구성과

4세대 XSS

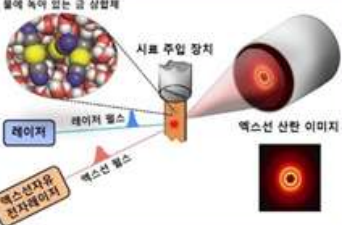
영하 70°C에서 얼지 않는 물 및 상변이 순간 관측  
포스텍 김경환 연구팀



*SCIENCE* ('20)

4세대 XSS

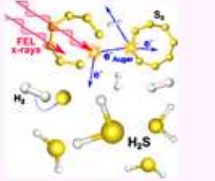
분자가 탄생하는 모든 순간(35펨토 초) 포착  
IBS(카이스트) 이효철 연구팀



*NATURE* ('20)

4세대 XSS

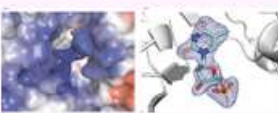
고압상황에서 황-수소 혼합물 반응 포착  
(영)에딘버러대 McWilliams+ 연세대 이용재 연구팀



*JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS* ('20)

4세대 NCI


XFEL을 이용한 DNA 구조분석  
고려대 송현규 연구팀



*Scientific Reports* ('19)

4세대 XSS

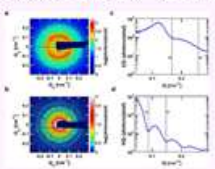
초고속 충격 상황 속 철의 상전이 현상 규명  
연세대 이용재 연구팀



*Science Advances* ('20)

4세대 NCI

PAL-XFEL에서 발생한 X-선 펄스의 결맞음성(0.85) 및 펄스폭(12.6fs) 측정  
- 서강대 김현정 연구팀 -



*Scientific Reports* ('19)

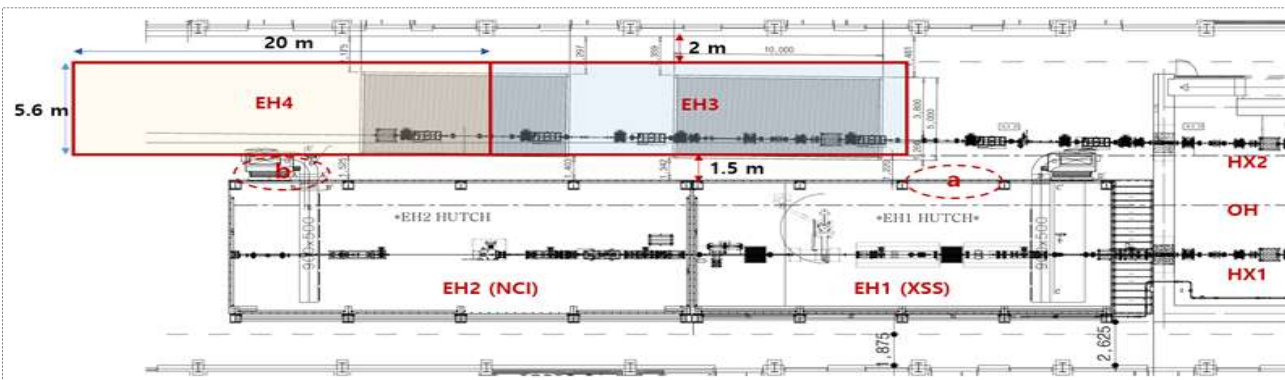
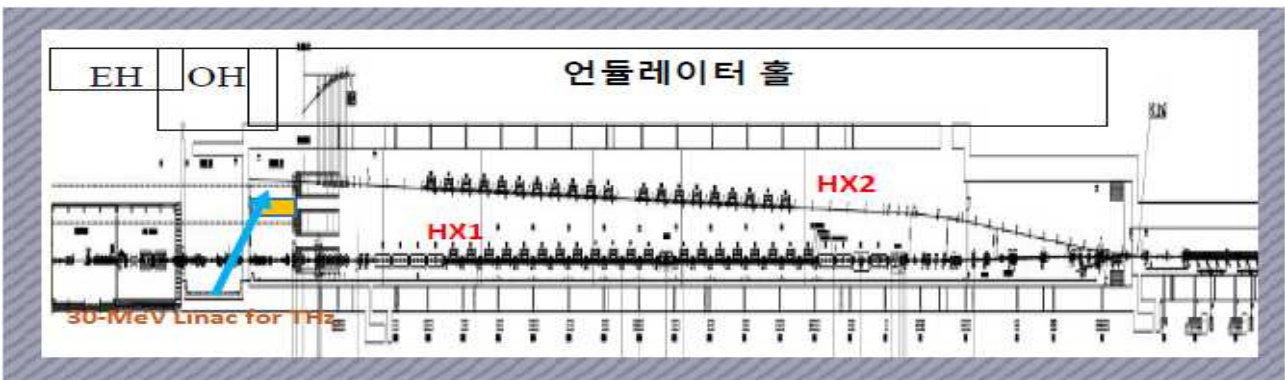
**< 4세대 방사광가속기(PAL-XFEL) 빔라인 현황 >**

빔라인	실험장치명	실험방법	활용분야
<b>X-선 산란 및 분광학(XSS)</b> - X-ray Scattering & Spectroscopy	<b>펨토초 X-선 용액산란</b> (Femtosecond X-ray Liquidography, FXL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>액체상에서 펨토초 단위 초고속 화학 반응을 관찰</li> </ul>	촉매, 생체모방 기술 등
	<b>펨토초 X-선 산란</b> (Femtosecond X-ray Scattering, FXS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>고체의 펨토초 단위 초고속 화학 반응을 관찰</li> <li>카메라 셔터속도가 3세대보다 1,000배 빨라 물질의 물리적인 변화 (온도, 압력, 자성성질, 전자구조 변화, 새로운 결합)를 관찰</li> </ul>	반도체, 전자소자 등
<b>나노 결정학 &amp; 결맞음 이미징(NCI)</b> - Nano Crystallography & Coherent Imaging	<b>연속 펨토초 결정학</b> (Serial Femtosecond Xtallography, SFX)	<ul style="list-style-type: none"> <li>단백질 미세 결정을 이용한 구조 분석 (막 단백질 연구에 유리)</li> <li>펨토초 X선 펄스를 이용하여 상온에서도 방사선 손상 없이 생명 상태에 근접하게 작용기작에 관한 동역학 연구 가능</li> </ul>	신약개발
	<b>결맞음 X-선 이미징</b> (Coherent X-ray Imaging, CXI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오, 나노 구조물 등 비결정 시료의 이미지 측정</li> <li>바이오 및 나노구조들이 방사광에 의해 손상되기 전에 구조 분석이 가능</li> </ul>	첨단신소재 개발
<b>연X-선 산란 및 분광학 (SSS)</b> - Soft X-ray Scattering & Spectroscopy	<b>연X-선 흡수 분광학</b> (X-ray Absorption Spectroscopy, XAS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>흡수 스펙트럼으로 원자내부 전자분포를 분석</li> <li>펨토초 단위의 전자 구조 변화 분석</li> </ul>	반도체, 초전도체
	<b>공명 연X-선 산란</b> (Resonant Soft X-ray Scattering, RSXS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>공명 에너지 준위에서의 산란 신호 분석</li> <li>구조 및 분광 정보를 동시에 획득</li> </ul>	양자물질, 전이금속, 희토류
	<b>연X-선 방출 분광학</b> (X-ray Emission Spectroscopy, XES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>조사된 시료에서 방출되는 X-선의 에너지 분포를 측정하여 시료의 전자구조를 분석</li> <li>펨토초 단위의 전하 이동 현상 관찰</li> </ul>	인공 광합성용 광촉매, 고온 초전도체, 위상차 부도체

## 2 4세대 방사광가속기(PAL-XFEL) 경X-선 빔라인 증설

- (목적) 세계 최고 성능을 보유한 4세대 가속기(PAL-XFEL)의 활용 확대 및 미래 선도형 최첨단 연구 지원을 위한 경X-선 빔라인 증설
- (방향) 차세대 에너지, 환경, 미래소재 특화형 빔라인 구축(펨토초 동역학 분석)을 통해 혁신 연구환경 제공 및 미래 원천기술 확보
- (추진계획) 기존 경X-선 빔라인 좌측 공간에 신규 경X-선 빔라인 설치
  - \* 에너지/환경 미래소재 및 바이오 연구에 특화된 실험허치 구축(EH3/EH4)

항목	내용	비고
4세대 방사광가속기(PAL-XFEL) 경X-선 빔라인 증설	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 언듈레이터 라인</li> <li>■ 진단/제어/진공장치</li> <li>■ 광학 레이저</li> <li>■ 제어/DAQ 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ '24년도 20억원 반영 (설계비)</li> </ul>



< 4세대 빔라인 증설 개념도 >

### Ⅲ. 인력 양성 및 연구환경 개선

#### 1 가속기 활용지원사업

- (사업목적) 박사후 연구원 및 가속기 인력양성사업 배출인력의 대형 가속기(방사광, 중이온) 실무 연수를 통해 현장 중심형 전문가 육성
- (사업기간) '22.05 ~ '27.12
- ('23 예산) 총 8.16억원(현장연수지원 5.76억원, 활용연구 2.4억원)
- (지원내용) 가속기 및 빔라인 구축에 필요한 장치개발 전문기술 인력 양성 프로그램 운영 및 가속기를 활용할 잠재 이용자를 육성하고 산업적 활용 확대를 위한 전문인력 양성
  - \* 사업목적 및 지원내용 특성상 방사광가속기, 중이온가속기 운영기관 정책지정
  - (현장연수지원) 가속장치, 운영, 유지보수 등 실무지식 습득 및 경험 축적
  - (활용연구) 실험 원천기술 확보, 실험경험 습득 및 결과 도출, 실험의 최적화를 위한 장치 및 기술개발 수행
- (지원성과) 장기·단기 연수를 통한 전문인력 양성 프로그램 운영, 잠재적 가속기 활용 연구자 육성을 위한 활용연구 과제 운영

구분	'22		'23	
	목표	실적	목표	실적
실무실습 교육인원	10	7	13	13
활용연구 과제수	8	8	12	21

**참고 : 가속기 활용지원사업 지원현황**

**실무실습 교육인원 현황**

연번	성명	소속	연구분야	연수기간
1	최OO	XFEL 빔라인부	X-선 분광학	'22.6~'24.6
2	Manish OOOOO	PLS-II 빔라인부	X-선 산란 빔라인 지원(XRS)	'22.6~'24.6
3	이OO	XFEL 빔라인부	검출기 장치 개발	'22.12~'24.12
4	박OO	XFEL 빔라인부	펨토초 X-선 산란(FXS)	'23.3~'25.3
5	문OO	XFEL 가속장치부	빔물리	'23.4~'25.4
6	성OO	XFEL 가속장치부	빔물리	'23.4~'25.4
7	김OO	산업기술융합센터	빔라인 활용	'23.5~'25.5
8	강OO	XFEL 빔라인부	결맞음 X-선 이미징	'23.7~'25.7
9	강OO	XFEL 빔라인부	펨토초 연X-선 공명 산란	'23.8~'25.7
10	김OO	PLS-II 빔라인부	각도 분해 광전자 분광학	'23.9~'25.8
11	장OO	PLS-II 빔라인부	fs-THz	'23.9~'25.9
12	서OO	PLS-II 빔라인부	MX 활용	'22.6~'23.2 (종료)
13	권OO	XFEL 가속장치부	입사기, 레이저	'22.10~'23.4 (종료)

**활용연구 지원현황**

연번	과제명	소속	지도교수	Supervisor (연구소원)
1	아토초 FEL 생성용 레이저 시스템의 시드 오실레이터 개발	경북대학교	여OO	권OO
2	멀티모달 엑스선 프로브스테이션을 활용한 스트론튬 코발타이트 박막의 상전이 연구	광주과학기술원	문OO	이OO
3	e-LABs 가속기 시운전을 위한 전자빔 진단 시스템 구축	광주과학기술원	석OO	조OO
4	Strain이 V2O3 상전이에 미치는 역할 규명	광주과학기술원	문OO	박OO
5	리튬이차전지용 고안정성 수계 전해질 개발을 위한 방사선 가속기 기반 전극/전해질 계면 분석 연구	동국대학교	손OO	임O



연번	과제명	소속	지도교수	Supervisor (연구소원)
6	고속 방사광 X-선 영상법을 이용한 상변화 가시화 실험기법 최적화를 위한 실험장치 구축	부경대학교	유OO	김OO
7	고속 방사광 X-선 영상법 이용을 위한 PEMFC 백색광 가시화 실험 최적화	부경대학교	유OO	곽OO
8	In-situ GIWAXS/SAXS를 이용한 태양전지소자 특성 연구	부산대학교	김OO	김OO
9	Green solvent 기반 진공공정을 통한 무항용매 고품질 페로브스카이트 박막 형성 매커니즘 연구	부산대학교	김OO	이OO
10	실시간 전고체 전지 양극 입자 내 리튬 조성 및 변형을 변화 이미징	서울대학교	임OO	김OO, 이OO
11	입자 morphology에 따른 Ni-rich 양극재의 셀 구동 중 산화가 변화 실시간 분석	성균관대학교	윤OO	임O
12	금속-모노칼코게나이드계 2차원소재의 표면 산화 매커니즘 분석	성균관대학교	임OO	임OO
13	차세대 광/전자 소자를 위한 비결합성 이종에피구조 연구	송실대학교	오OO	이OO
14	고반복율 콤팩트 플라즈마 기반 방사광원 개발을 위한 캐필러리 구조 최적화 연구	울산과학기술원	정OO	남OO
15	2차원 기능성물질의 압력하에서의 거동 규명 및 방사광가속기를 이용한 실시간극한환경실험장치개발	전남대학교	성OO	이OO
16	제올라이트 및 유사구조체의 수열환경하에서의 오염물 흡착 및 방사광 가속기를이용한실시간고온함수환경실험장치 개발	전남대학교	성OO	이OO
17	연X선흡수 관찰을 통하여 다양한 물리/화학적 구배를 가지는 올리빈계 양극 소재의 반응기구 규명	충남대학교	김OO	이OO
18	SPEM 장치내 분광학적-실시간 분석기법 개발을 통한 전고체 Lithium Ion Battery내 계면 특성 연구	충북대학교	신OO	백OO
19	X-선 분광-현미경을 활용한 대면적 박절 시료의 화학상 분석	충북대학교	유OO	김OO
20	2차원 유기 금속 ( $\alpha$ -(BEDT-TTF) <sub>2</sub> I <sub>3</sub> ) 의 밴드 별 이동 전류 및 주입 전류	포항공과대학교	김OO	신OO
21	육각형 LuMnO <sub>3</sub> 내의 스핀, 전하, 격자구조 상호작용 연구	포항공과대학교	김OO	신OO

## 2 포항가속기연구소 연구소모임 제도 운영

- (운영목적) 연구소원 연구의식 고취 및 자발적 연구활동 장려를 위해 연구소모임 제도를 도입·시행하여 연구그룹 육성 및 소통과 협력에 기반한 창의적 연구환경 조성
- (운영방향) 연구소내 과제 공모 및 접수 후 기획연구위원회 심의를 거쳐 연구소장의 승인을 통해 추진하는 방향으로 실시
  - 연구소원 5인 이상의 연구그룹(동일 소속팀원 2명 이하 제한)으로 구성
- (기간 및 예산) 1년('23.8~'24.7) / 총 35백만원
- (선정과제) 평가를 통해 접수한 10과제 중 7과제 선정

연번	과제명	연구책임자
1	MeV UED 펌프-프로브 실증연구	민○○
2	2차원 전이금속 칼코겐 화합물의 광유도 상전이 현상 연구	천○○
3	정밀 공조구역 설계지표 도출을 위한 실험적 연구	최○○
4	극자외선 반도체 소재·공정기술 개발을 위한 방사광가속기 첨단 분석기술 발굴 및 발전방향 수립	이○○
5	PLS-II 광학계 성능 향상을 위한 X-선 거울 표면 형상 수정	김○○
6	이차전지 소재 미세분석 전용 STXM 개발 (1단계) 장치구상 및 구동 소프트웨어 설계	김○○
7	소각 X-선 산란 실험용 원격 실험 및 자동화를 위한 협동 로봇 플랫폼 개발	안○○

### 3

## 포항가속기연구소 방문연구원 제도 운영

- (추진배경) 국내·외 연구기관 간 교류 및 공동연구 활성화, 우수 전문인력 양성 등을 통해 과학기술 경쟁력 제고 및 세계적 위상 확보
- (추진방향) 「포항가속기연구소 방문연구원 운영지침」 제정('23.9.20)을 통해 방문연구원의 임용방식 및 기간, 처우 등 제도적 기반 마련
- (제도 주요내용)

- 지원자격 : 박사학위 취득 후 5년 이상 해당 분야 연구 경력, 연구역량 또는 연구업적이 우수한 자 등
- 임용기간 : 3개월 이상 1년 이내(소장 승인시 1년 이하 연장 가능)
- 임용방법 : 방문연구원 신청 → 인사위원회 → 소장 승인(별도 교류협정 체결에 따라 절차 변경 가능)
- 복무처우 : 무보수이나, 연구업무 수행에 필요한 제반경비(항공권, 출장비 등) 및 체재비(월 200만원 상한) 지원 가능
- 복무기준 : 연구과제 해당 부서장의 지휘·감독, 임용 종료 15일 전 연구결과 보고서 제출 등
- 업무보안 : 연구소 중요 운영사항 및 정보자산 등 보안 및 비밀유지 방안 마련

- (기대효과) 국내·외 우수연구자 초빙을 통해 공동연구, 연구협력, 선도적 실험기법 개발 등 연구능력 향상 기대, 다양한 연구경험 및 노하우 공유를 통해 신진연구자 육성 등 전문인력 양성 기대

## IV. 포항가속기연구소 중장기 발전 전략

### 1 포항가속기연구소 중장기 발전 전략(안)

- (추진배경) 제64차 방사광가속기 운영위('23.2) 부대의견에 따라, 포항 방사광가속기 중장기 발전계획의 수립방향 보고
  - \* 근거 : 방사광가속기등공동이용연구사업지원규정(훈령11호) 제3조
- (추진방향) 정부 중장기계획, 미래 원천기술 확보, 인력 운용, 제도적 지원(자문위원회 등) 등을 고려하여 중장기 발전계획 수립방향 설정

구분	중장기 발전방안 검토 방향
정부 중장기계획의 세부계획 및 추진방안 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ '대형가속기 장기로드맵 및 운영방안' 등 방사광가속기 관련 정부 중장기계획의 구체적 실현방안 수립·반영                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노후저활용 빔라인 성능향상, 4세대 빔라인 증설, 산업적 활용 확대, 3세대 가속기 성능향상 등</li> </ul> </li> <li>○ 다목적 방사광가속기에 적용 가능한 기술을 검토하여 반영</li> </ul>
미래 원천기술 확보를 위한 중장기 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (3세대) 국가 가속기 기술·인력·과학 역량 증대를 위한 발전계획 수립</li> <li>○ (4세대) 세계적 기술경쟁력 확보를 위한 기술 발굴, 사전 연구개발 추진</li> <li>○ (역할보완) 다목적 가속기와 상보적 영역인 중저에너지 빔라인 연구 역량 강화, 기존 빔라인 경쟁력 강화 등</li> <li>○ (산업지원) 최신연구산업동향에 맞춘 성능향상, 빔라인 자동화 등 추진</li> </ul>
적정인력 규모 점검	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가속기 중장기 발전계획을 고려한 적정인력에 대한 객관적 검토를 위해 노무법인 직무분석 등 전문 컨설팅 추진</li> </ul>
제도적 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (제도지원) 신진연구원의 창의적 아이디어 도출을 위한 지원(조직제도)</li> <li>○ (자문위) 국내외 전문가 의견 수렴을 통해 전문성·과학적 적정성 확보</li> <li>○ (컨설팅) 노무인사·조직·정책 등 전문분야의 컨설팅 활용 및 반영</li> <li>○ (공동연구) 미래기술 확보를 위한 선진연구그룹 협력 추진</li> </ul>

**참고 : 중장기 발전방안 추진을 위한 검토 방향**

□ **3세대 방사광가속기 가속기 (PLS-III)**

구분	중장기 발전방안 검토 방향
3세대 가속기 핵심성능 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비선형 입사장치로 입사 성능 개선 (입사 중 빔궤도 변화 최소화)</li> <li>○ 선형가속기 에너지 증강 추진 (안정적인 Top-up 운전 유지)</li> <li>○ 초전도 삽입광원 연구개발 (높은 광자에너지에서 광자빔 휘도 개선)</li> </ul>
국가 방사광 가속기 기술· 과학인력 역량을 높이는 가속기 생태계 마련	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 차세대 가속기 연구 거점 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 다양한 가속기들의 연구교류 거점 조성</li> <li>- 에너지 저감·자립형 차세대 가속기(PLS-III 포함) 개발 및 수출용·산업 활용 초소형 가속기 개발을 위한 가속기 연구 거점 마련</li> </ul> </li> <li>○ 방사광 가속기 핵심 과학기술 강화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기반기술 역량 향상을 위한 가속기 핵심기술 특성화 연구실 운영 및 연구개발 추진 (방사광 광학실 및 고온 초전도 광원 연구실 구성 등)</li> <li>- 머신러닝/인공지능을 활용한 가속장치 운영기술 개발과 실험 데이터 분석 활용 연구개발</li> </ul> </li> <li>○ 미래 연구인력 양성 및 국제교류 강화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이용자-대학-산업체-PAL을 아우르는 방사광 미래인력 양성/교육 프로그램 및 교육 인프라 마련과 국제교류 활동 강화</li> </ul> </li> </ul>
다목적 가속기 와 3세대 가속기 협력 및 중저 에너지 특성화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방사광가속기(3세대/4세대/다목적)에 필요한 방사광 광학장치 개발·협력                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공통 광학장치 개발을 위한 연구소 특성화 연구실(방사광 광학실)을 구성</li> <li>- 방사광 광학장치 평가 설비*를 활용하여 3세대 가속기 빔라인과 다목적 가속기에 필요한 광학장치의 검증·개발·성능개선</li> <li>* SuRF : Surface and mirror R&amp;D Facility</li> <li>- 3세대 성능향상과 다목적 가속기 운영에 동시에 필요한 방사광 거울의 국산화 연구 검토</li> </ul> </li> <li>○ 다목적 가속기와 3세대 가속기의 에너지 상보성 영역인 중·저에너지 (적외선 ~연X-선) 빔라인 사이언스 역량강화</li> </ul>

구분	중장기 발전방안 검토 방향	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중-저에너지 영역 빔라인 사이언스 보강으로 전범위 에너지 영역 측정 구현</li> <li>- 자외선(EUV) 빔라인과 중에너지(Tender X-ray) 빔라인 구축 및 활용</li> </ul>	
<b>빔라인 효율성· 접근성 향상 및 산업 활용 확대</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원격실험 점진적 확대와 빔라인 자동화 연구개발로 접근성 및 저변확대</li> <li>○ 산업활용도가 크게 증가하고 있는 분야 지원 확대 (친환경에너지반도체바이오) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업적 활용이 가능한 빔라인의 특성화 개선 추진</li> <li>- 분야별 융합분석, 원격지원 및 실험 자동화 연구개발로 산업활용 확대</li> </ul> </li> </ul>	
	<b>친환경에너지 분야</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 융합분석형 X-선 빔라인 건설 (23~27, 2C)</li> <li>· 고속-고분해능 HRPD-II 빔라인 개설(23~27, 4B)</li> <li>· 중에너지 X-선(Tender X-ray) 빔라인 구축 검토</li> <li>· 이차전지 융합 분석 프로그램 개발 및 미래 소재 분석 센터 구성 검토</li> </ul>
	<b>반도체 분야</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 산업체 원격지원 플랫폼 연구개발 및 EUV 전용 빔라인 검토</li> <li>· SX 및 HX 이미징 빔라인 성능개선</li> </ul>
	<b>바이오 분야</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신약 개발 가속화 시스템(FBDD / Fragment-based Drug Discovery) 성능개선 및 실시간 융합분석 solution SAXS 환경 개선</li> <li>· 의학영상 빔라인 특성화</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내·외의 연구동향에 맞추어 개별 빔라인의 성능향상과 함께 다수의 빔라인 개선에 대한 중장기·전략적 검토 <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>삽입장치 빔라인</b> : 20개의 빔라인이 계속 경쟁력을 유지하도록 지속적 성능개선 추진 (고온 초전도 삽입장치 개발 포함)</li> <li>- <b>힘자석 빔라인</b> : 우수한 연구를 도출하는 빔라인들도 지속적 성능개선</li> <li>- <b>협약 빔라인</b> : 성능 향상 및 운영 제도 개선</li> <li>- 협약기관과 협의로 공동투자 또는 재협약 방법으로 PAL의 재원을 투자하여 연구경쟁력이 높은 실험기법 도입으로 이용자 활용률 개선</li> </ul> </li> </ul>	
<b>산업체분석지원 센터(가칭)의</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 긴급지원빔타임 제도화</li> <li>○ 산업체 요구에 맞는 다양한 분석 서비스 마련</li> </ul>	

구분	중장기 발전방안 검토 방향
<p>산업체 분석 지원서비스 확대</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 긴급 분석 서비스, Mail-in 서비스, 파트너십 서비스 등</li> <li>○ 국가핵심산업분야(이차전지/바이오/반도체 등) 분석전담인력팀 구성</li> <li>○ 가속기과학관을 지자체 및 국가 산업체/방사광(산학연) 허브 공간으로 활용</li> <li>- 산업체 지원 방향 확대</li> </ul>
<p>3세대 가속기 성능향상사업 사전 설계 (PLS-III, '26~'30)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3세대 가속기 성능향상(PLS-III) 추진 방향 확정 ('26)</li> <li>○ 다목적 가속기/빔라인 구축 및 운영일정을 고려하여, 적절한 시점에 사업이 추진될 수 있도록 제반 준비 ('27~'30)</li> </ul>

□ 4세대 방사광가속기 가속기 (PAL-XFEL)

구분	중장기 발전방안 검토 방향
<p>경X-선 빔라인 증설 추진 ('25~'27)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계 최고 성능을 확보한 4세대 가속기 활용 확대 위한 경X-선 빔라인 증설 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경X-선 영역*에서 고강도**의 빔을 제공할 수 있도록 설계</li> <li>* 광자빔에너지 : 1.5 ~ 10KeV / ** 기존 대비 2배(3mJ) 이상</li> <li>- 구축기간 중 방사광이용자 실험을 중단없이 정상 지원하고 단기간에 구축 및 시운전(3년내) 완료</li> <li>* 이미 성능이 검증된 기존 경 X-선 삽입장치/빔라인의 설계와 제작 기술을 승계하여 모든 장치가 도면 수정없이 발주 가능</li> </ul> </li> <li>○ 빔라인 4기*의 실험허치에 빔라인 장치 고도화전문화 추진하여 방사광 이용자 실험의 준비기간(셋업)의 단축 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 기존 경 X-선 빔라인(허치) 2기 + 신규(허치) 2기</li> </ul> </li> </ul>
<p>자유전자레이저 (XFEL) 사이언스 경쟁력 확보</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연X-선 타원 편광 언듈레이터 개발 ('25~'27) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연X-선 삽입장치 라인에 타원편광삽입장치(EPU) 검토</li> <li>- 편광제어 기능을 추가하고 빔강도를 개선하여 연구분야 확대 (자성 나노소재 등)</li> </ul> </li> <li>○ 아토초 XFEL 광원 개발 ('25~'27) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 포함 4세대 가속기의 뛰어난 안정도 성능을 바탕으로 연X-선 삽입장치 라인에 아토초 발생 장치 개발</li> </ul> </li> </ul>

구분	증장기 발전방안 검토 방향
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개선된 방식(ESASE/Enhanced SASE) 적용, 아토초까지 다양한 길이 펄스 제공하여 방사광가속기 연구의 미개척 분야(아토초 사이언스) 선점</li> <li>○ 고출력 테라헤르츠(THz) / 자유전자레이저 연계한 시분해 실험장치 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경X-선 삽입장치 라인에 개발하여 테라헤르츠(THz) 펌프 신호 제공</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>초고속 전자 회절 빔라인 (UED) 검토 ('26~'28)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ XFEL 구축 당시 달성한 낮은 지터(10 fs RMS)의 광전자총 전자빔 생성 노하우 확보로 단기 구축이 가능하며, 저비용으로 초고속 동역학 연구자 집단의 육성, 저변 확대가 가능</li> <li>- 전자의 산란 단면적이 X-선보다 커서 밀도가 낮은 기체액체 실험에 유리</li> <li>* 고분해능 자유전자레이저(XFEL) 회절 실험의 선행연구 역할 수행</li> </ul>

□ 차세대 가속기 기술 확보

구분	증장기 발전방안 검토 방향
<p><b>초전도 선형 가속기 기술 개발</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ CW XFEL 기반기술 연구 ('25~'28)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- CW 전자총(RF-gun) 개발 (750 kV, 162.5 MHz RF-gun)</li> <li>- 초전도 고주파 공동(RF cavity) 개발 (9-cell 1.3 GHz superconducting RF cavity)</li> <li>- 국내 중견 기업과 초전도 가속공동 국산화 추진</li> </ul> </li> <li>○ 초전도 가속기 기반 CW XFEL 구축 ('30 ~ '35)</li> <li>○ 초전도 가속기 기반 반도체 식각공정용 극자외선 자유전자레이저 개발 추진 ('28~'32)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 13.5 nm, 5 kW 출력 EUV lithography</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>차세대 삽입 장치 기술 개발</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고온 초전도 삽입장치 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 선진 연구팀(서울대 연구진)과 협력 연구</li> <li>- 3세대 가속기 저장링에 설치하여 세계 최초 구현</li> </ul> </li> <li>○ 차세대 삽입장치(Advanced concept undulator) 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국 아르곤 국립연(ANL) 연구진과 공동 개발 추진</li> </ul> </li> </ul>



## 2

## 포항가속기연구소 중장기 인력운영 계획 도출

- (추진배경) 연구소 중장기 인력운영 계획 수립을 통해 대내외 경영 환경 변화에 따른 인적자원의 효율적 운영과 미래 인력확대 실행, 기관 역할 및 책임성 제고를 통한 전문성 확보
- (추진방향) 인사노무컨설팅을 위해 외부 전문기관 의뢰 및 연구소 TFT 운영을 통해 과업 공유 및 실무적 협의 진행
- (주요내용)

구분	주요 과업내용
대내외 환경분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (외부환경분석) 사회경제, 기술환경 및 정부정책, 노동법 및 노사관계 환경변화, 기관전략 및 핵심사업 관련 주요 외부환경 분석 등</li> <li>○ (내부환경분석) 기관 전략 및 핵심가치, 조직구조/기능, 인사관리제도 및 인력현황 분석</li> </ul>
직무분석 및 직무평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (직무분석) 직무조사 및 인터뷰 실시, 직무별 직무기술사항 및 직무 수행요건 분석, 단위직무별 업무량 조사·분석, 직무기술서 및 직무 명세서 개발, 직무분류체계 확정 등</li> <li>○ (직무평가 및 직무관리체계 정립) 직무 가치평가측정, 직무관리체계 도출, 직무평가도구 및 직무별 역량측정방법 제시, 직무평가결과에 따른 인사·보상영역 활용방향 제시</li> </ul>
중장기 인력운영방안 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (적정인력 산정) 직무분석평가 결과를 기초로 향후 5년 간의 적정인력 산정</li> <li>○ (인력운영계획 수립) 중장기 인력운영 방향 설정 및 세부 실천계획, 향후 주요업무별 소요인력 규모 예측 및 증원 필요성 도출 등</li> </ul>

- (기대효과) 외부 전문가 컨설팅을 통한 조직 및 직무, 인력 등 진단을 통해 연구소 중장기 인력 증원 전략 수립을 위한 객관적 근거 확보

## V. 포항가속기연구소 주요 현안

### 1 전력료 부족 관련 대응방향(안)

- (배경) 글로벌 에너지 비용 인상 압력과 한국전력공사의 높은 수준의 단가 인상으로 '23년도 전력료 예산의 부족 이슈 발생
  - 입자(전자) 가속, 빔라인 운전 등 방사광가속기 운전은 전력에 의존하고 있어, 전력료 부족이 이용자 지원 단축 등으로 이어질 수 있는 상황
  - 국가적 공동연구시설(국유재산)인 방사광가속기 운영사업임을 고려하면, 대학·연구소·산업체 등 전방위적인 피해 확산 우려

< 연도별 전력료 예산 및 실제 전력료 현황 >

구분	'21년도	'22년도	'23년도(추정)	'24년도(추정)
전력료 예산	9,794	9,794	10,164	12,974
실제 전력료	<b>8,927</b>	<b>10,459</b>	<b>13,854</b>	<b>14,474</b>
연간전력량	99백만(kWh)	104백만(kWh)	110백만(kWh)	110백만(kWh)
전력료 단가	90	101	126	132

- (검토방향) 전력료 단가 인상으로 인한 부족분 일부('24년도 소요)는 반영('23.8, 기재부)이 되었으나, 시급히 요구되는 예산('23년 소요분)은 여전히 부족하여 자구책 등 대책 마련이 필요
  - \* 이용자지원 운전을 하지 않는 경우에도 시설 유지를 위한 기본 전력소요가 필요함을 고려하면, '23년도 전력료 예산으로는 '23년도 8월까지 지원 가능 예상
  - 사업의 목적, 성과목표·지표 등을 고려한 우선순위에 따라, 예산을 효율적으로 배치·전환하여 이용자 지원 연속성 확보 필요

□ 대응방향

< 가속기연구소 자체 대응방안 >

구분	전력료 부족분	자구책 (가동을 조정)	자체수입 등 (대학투자)	예산 전환배정
				빔라인 성능개선
전력료 (백만원)	3,690	850	720	1,000

① 전력료 추가 절감 대책 마련 ⇨ 3·4세대 가속기 가동률 조정

- 방사광가속기 운전조건 조정(빔전류, 운전반복률 등) 등 자구책\*을 통한 전력료 절감방안을 추진, 약 850백만원 절감 가능

\* (3세대) 빔전류 250mA 운전 (4세대) 운전반복률 60Hz→30Hz 조정

② 대학 투자를 통한 전력료 보전 ⇨ 전력료 보전분 반납을 통해 충당

- 방사광 이용료 등 자체수입 및 '23년도 이자수입을 활용하여 부족한 전력료 확보, 약 720백만원(추정) 충당

\* '23년도 자체수입 및 이자수입의 경우, 제64차 방사광운영위 의결을 통해 대학 전력료 미납금 정산에 보전할 계획이었으나, 대학과의 협의를 통해 조정 추진

③ 우선순위를 통한 예산배분 조정 ⇨ 빔라인 개선 예산 전환배정

\* 해당 신규사업의 연차별 예산액 조정, 일정 순연 등의 방식으로 사업 영향 최소화

- 노후빔라인 개선 관련 예산을 전력료 예산으로 전환배정하여, 약 1,000백만원 충당

< 예산 조정(안) >

(단위 : 백만원)

구분		'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	계
노후빔라인 성능개선	기존	-	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	연간 1,000
	조정(안)	-	-	1,000	1,000	1,000	1,000	

## 2 극자외선(EUV) 가속기 시운전 현황 및 일정 조정

### 1 극자외선 가속기 시운전 현황

◇ 극자외선 가속기 구축 이후, 고주파 길들이기, 빔에너지 증가, 장비 점검 등 시운전을 진행 중이며, **현재 목표 에너지 400MeV** 가속 달성

○ (방향) 극자외선 가속기 공정은 설계 → 제작 → 설치 → 시운전의 순서로 추진 중이며 시운전\*을 통해 방사광이용자 지원을 준비 중

\* 시운전 : 주요장치의 길들이기, 구성장비 정상 구동 여부 확인 및 보완, 가속장치 가동 및 점진적 운전에너지 증가를 통한 이용자지원 준비, 운전기술 확보 등 수행

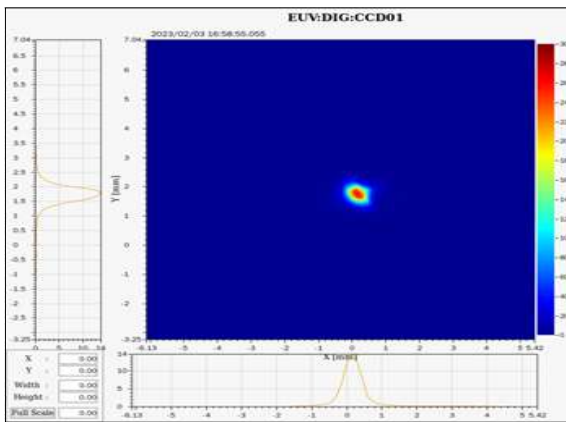
- ① 설계·발주('20) → ② 건물공사 완료 및 장치 제작('21) → ③ EUV 가속기 및 빔라인 제작·설치 완료('22) → ④ 시운전('23)

#### < 극자외선 시운전 추진경위 >

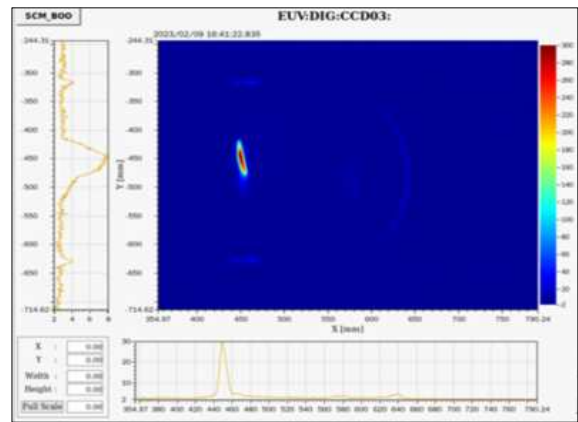
일정	시운전 공정	일정	시운전 공정
2월	<ul style="list-style-type: none"> <li>전자총 구동(2.1) → 선형가속기 가속(2.8) → 부스터 입사(2.14) → 부스터 빔저장* 성공(2말) * 수백만회 회전 확인</li> <li>고주파 길들이기, 제어시스템 적용, 운전 프로그램 제작 등</li> </ul>	3월	<ul style="list-style-type: none"> <li>빔에너지 증가, 고주파 길들이기, 제어 시스템 적용, 운전 프로그램 제작 등</li> <li>구성장비 확인 및 보완 (입사키레이저)</li> </ul>
4월	<ul style="list-style-type: none"> <li>빔에너지 증가, 고주파 길들이기, 제어 시스템 적용, 운전 프로그램 제작 등</li> <li>구성장비 확인 및 보완 (BPM)</li> </ul>	5월	<ul style="list-style-type: none"> <li>빔에너지 증가*, 고주파 길들이기, 제어 시스템 적용, 운전 프로그램 제작 등</li> <li>* 부스터 가속 (~280MeV), 격자구조(lattice) 조정, 전자석 전원장치 조정(waveform)</li> <li>구성장비 확인 및 보완 (모듈레이터 향온력 열교환기)</li> </ul>

일정	시운전 공정	일정	시운전 공정
6월	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 빔에너지 증가*, 고주파 길들이기, 제어 시스템 적용, 운전 프로그램 제작 등</li> <li>* 부스터 가속 (~280MeV), 격자구조(lattice) 조정, 전자석 전원장치 조정(waveform)</li> <li>· 구성장비 확인 및 보완 (모듈레이터)</li> </ul>	7월 ~ 8월	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 빔에너지 증가*, 고주파 길들이기, 제어 시스템 적용, 운전 프로그램 제작 등</li> <li>* 부스터 가속 (~400MeV), 격자구조(lattice) 조정, 전자석 전원장치 조정(waveform)</li> <li>· 구성장비 확인 및 보완 (진공장치)</li> </ul>

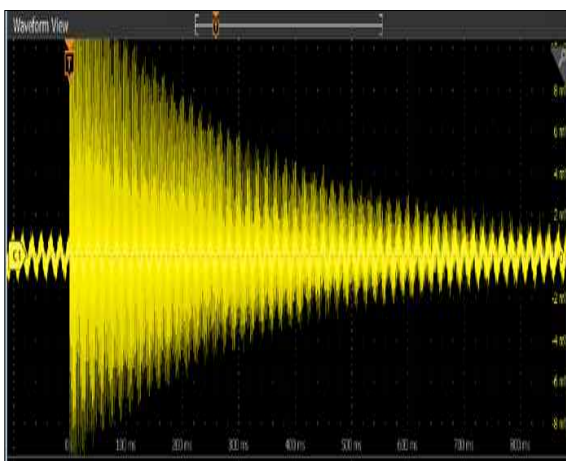
- (성과) 부스터 입사·저장('23.2) 성공 후 빔에너지를 단계적으로 높여가며(現 400MeV), EUV 가속기 최적화 수행



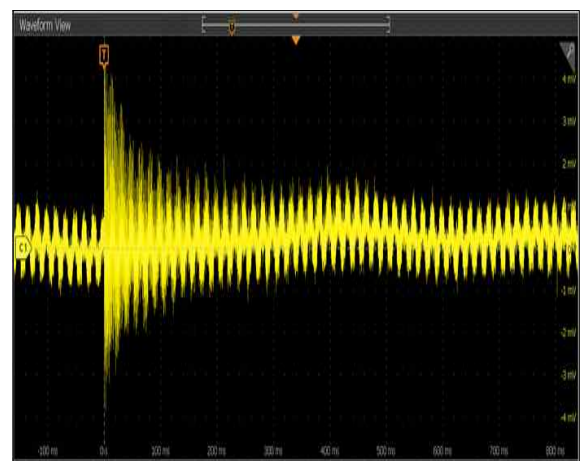
< 전자총 발진 ('23.2.1) >



< 부스터링 입사 ('23.2.9) >



< 부스터링 빔저장 성공 ('23.2말) >



< 부스터링 빔에너지 증가(現 400MeV) >

## ② 문제점 분석 및 대응전략

◇ 시운전 공정이 단계적으로 진행 중이나, 당초 계획 대비 일정지연이 발생 중, 극자외선 가속기 운영계획의 조정이 필요

- '23년 중 방사광이용자 지원 운전은 어려운 상황

○ (문제점 분석) 국내에서 처음 도입되는 형태의 가속시스템(부스터)으로 인한 축적된 자료 부족 등으로, 일정계획 수립 등 오차 발생

### ① 구축단계에서의 코로나-19 대확산으로 업무협업 장애 발생

- 국내외 유관 연구기관과 해외 장비 제작업체 등과의 협업 이슈 등으로 부스터 운전 노하우 확보 등에서 문제 발생

- 국내 최초 도입되는 장비로 해외기관과 연구협력, 자료확보 등 협업이 필요하다고 판단되었으나, 각국의 방역이슈 등으로 무산

\* 코로나-19로 인하여 해외연구기관은 일정기간 운영을 중단하기도 하였으며, 러시아-우크라이나 전쟁상황으로 인하여 물류 역시 곤란한 상황 지속

### ② 전세계적 반도체 부족현상으로 인한 운전제어시스템 구축 장애

- '21년도 이후 두드러진 세계적 반도체 품귀현상으로 제어시스템 수급에 장애가 발생하였으며, 시운전 단계에서도 상당한 지연 발생

\* 운영시스템(EPICS IOC), 인터페이스(GUI) 준비 등에서 장애 발생

### ③ 구성장비의 이상 동작으로 인한 지연 발생

- 레이저 장비의 초기 이상동작 등으로 시운전 지연이 있었으며, 고주파 길들이기\*를 위한 시간 부족으로 모듈레이터의 운전 중단도 빈번하게 발생하여 상당한 지연 발생

\* 현재도 주말·휴일을 활용한 고압 길들이기(HV aging)가 계속 중

④ 국내 최초로 도입되는 부스터 개발로 인한 운전자료 부족

- 국내 최초로 도입\*되는 장비이며, 포함 3세대 가속기 대비 낮은 에너지 운전이 오히려 시운전에 장애요인\*으로 작용 중

\* 전자석 전원장치의 조정(waveform), 부스터 진단장치(BPM) 모드 변경 등 조건 탐색 및 정상화에 상당한 기간 소요

\* 에너지가 낮아 전자석에 의한 영향을 크게 받아 에너지 증강에 어려움 발생

- 다만, 부스터 에너지가 점진적으로 증가하고 있고, 목표에너지에도 달성한 것으로 미루어, 장치의 문제는 없는 것으로 파악

\* 극자외선(EUV) 가속기에는 다목적 가속기에 적용이 예정된 기술(4GSR)이 적용되어 시운전이 일반 부스터보다 난이도가 높음

○ (대응방향) 극자외선 가속기 시운전 일정을 현실화하고, 시운전 과정에 다목적 가속기 지원 인력도 함께 참여하여 노하우 공유 추진

- 다목적 가속기의 선행연구장비 / 테스트베드의 역할도 겸하고 있어, 충분한 시운전기간 확보를 통해 관련 기술 확보 추진

구분	'23					'24											
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
일정	시운전 (데모실험 포함) / 장비안정화												이용자 지원				

· ('23.8) 부스터 전자빔 출사 및 저장링 전자빔 입사 연구

· ('23.9) 부스터 전자빔 에너지 안정화 (400MeV)

· ('23.10) 부스터 전자빔 빔전하량 증강 (400MeV, 20pC)

· ('23.12) 전자빔 입사 (부스터→저장링) 및 전자빔 저장 (1번치)

· ('24.1) 전자빔 저장 / ('24.2) 광자빔(EUV) 발생 / ('24.3) 빔전류 증강(30mA)

### 3

## 다목적 방사광가속기 구축사업 총사업비 관리 대응

- (배경) 대형연구시설 구축사업인 다목적 방사광가속기 구축사업은 관련 기준에 따라 총사업비 관리대상 사업으로 분류
  - \* 다목적 방사광가속기 구축사업 : (예산) 10,454억원 (기간) '21.7~'27.12
- (구성) 기반시설, 가속장치, 빔라인 3개 영역을 한국기초과학지원연구원 (KBSI)과 포항가속기연구소(PAL)가 분담하여 수행
  - (기반시설) 가속기를 설치할 건물, 관련 유틸리티의 설계 및 구축 등
  - (가속장치·빔라인) 가속장치(1기), 빔라인(10기)의 개발·설계·제작·조립 등
- (총사업비 관리대상) 9,566억원(공사비·설계비·건설사업관리용역비)

(단위 : 백만원)

구분	보상비	공사비	시설부대경비	장치구축비	합계
사업비	200,000	270,431	17,780	468,399	956,610

※ 총사업비 관리대상금액은 낙찰차액 반영, 설계적정성 검토 등으로 변동 중

- (주요 현안) 총사업비 관리대상 사업으로 관련 지침 적용에 따른 사업관리의 애로사항 발생('16년 이후 R&D 사업 장비비 적용)
  - 완성품의 모든 부품 계약 건의 낙찰차액 관리\*(개별 기준금액은 설계 적정성 검토금액 기준)
    - \* 총사업비 관리지침 제26조(낙찰차액의 감액) : 총사업비로 책정된 금액과 실제 계약금액과의 차액 감액
  - 외자계약 이후 환율 변동에 따른 총사업비 관리지침 조항 부재 (관리기관인 NFEC 통한 관리지침 개정 필요)
    - \* 실제로 총사업비 관리지침의 세부조항은 건설사업 위주이며, R&D 사업의 개발품에 대한 적용 어려움



## 추가 요청자료 현황

(1) EUV 광원 현황 및 향후 운영방안

(2) 빔라인 및 활용기업 현황

# I

## EUV 광원 현황 및 향후 운영방안

- (시설 현황) 극자외선 방사광가속기 시설은 포항가속기연 부지 내 위치하며, 극자외선 발생장치 1식, 빔라인, 기반시설로 구성



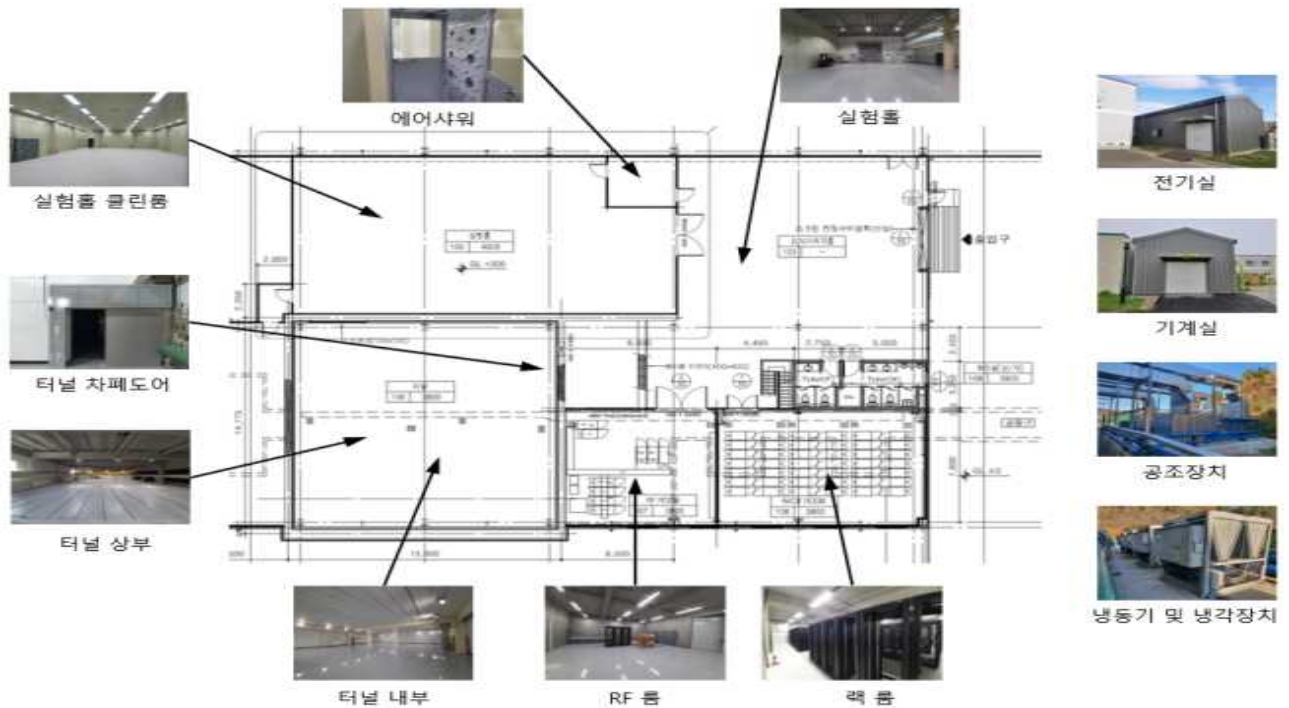
< 극자외선 가속기 위치 >



< 극자외선 가속기 및 기반시설 >

### ① 기반시설 : 건물 3개동(연면적 1,500m<sup>2</sup>) 및 부속시설

EUV 가속기동(1,270m <sup>2</sup> )	EUV 기계실 (79m <sup>2</sup> )	EUV 전기실(151m <sup>2</sup> )
· 부스터, 저장링, 청정실 등	· 정밀온도제어(25±0.1°C) 등	· 수변전 및 제어설비(SCADA)



< 극자외선 방사광가속기의 주요 시설 및 설비 >

② 가속장치 : 극자외선 발생장치

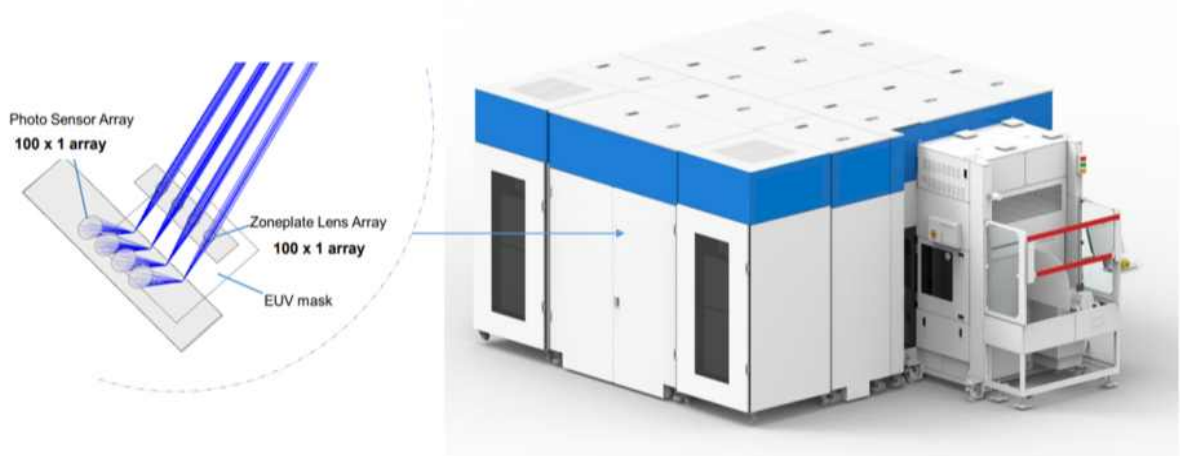
선형가속기(LINAC)	부스터(Booster Ring)	저장링(Storage Ring)
20MeV(빔에너지) / 4m(길이)	0.4GeV(빔에너지) / 22m(둘레)	0.4GeV(빔에너지) / 36m(둘레)



< 극자외선 방사광가속기 가속장치 구조 >

③ 빔라인 : 극자외선 마스크 결함 검사, 패턴 계측, 마스크 성능 평가 (through pellicle), 펠리클 투과도·반사도 측정 등

⇒ 차세대 노광장비 대응 극자외선 마스크 평가의 표준 제공 가능



< 극자외선(EUV) 마스크 검사장비 >

□ (활용 방안) 극자외선 광원을 활용한 이용실험 지원

- 특히, 극자외선 광원을 이용한 반도체 분야 소재·부품·장비 분야 기술개발 등 응용연구에 필요한 방사광원 지원 가능

< EUV 가속기 활용연구의 파급효과 >

분 야	활용사례
EUV 노광공정용 마스크 검사	- 마스크 흡수체 패턴 계측 및 결함 검사 - 블랭크 마스크 결함 검사
EUV 포토레지스트 개발 및 평가	- EUV 레지스트 패터닝 성능 평가 (노광감도, 선단거칠기, 패턴해상도) - EUV 레지스트 박막소재 이차전자 정량 분석
EUV 펠리클 소재 개발 및 평가	- EUV 펠리클의 극자외선 투과율, 반사율 측정 - EUV 펠리클의 수소 플라즈마 가혹 환경 테스트 (전세계 최초)
EUV 광학계 측정 평가	- EUV 미러 반사도 측정 - EUV 미러 광학 상수 측정 - EUV 광학계 위상차 측정

< 참고 : 주요 예상 수요 >

○ (주요 예상 수요) 반도체 분야 국내 산업체 위주의 활용이 예상\*되며, 인프라 설명회 행사를 통해 산업체 수요 확인('23.3)

\* EUV 가속기 활용의향 조사를 통해 국내 학계보다는 산업계 수요가 많음을 확인('12.12, 학계 59%, 산업계 62% 활용의향 회신)

분야	기업명
마스크	SK엔펄스, 에스앤에스텍, 삼성전자, SK하이닉스, 힘스, 대한광통신
미러	Zeiss, KSST, 카이로스페이스, 이슬, 알파ADT, Veeco
박막 소재	TDNJ, IMT, 휴넷플러스, KETI, DNF, 넥스틴, FST, 그래핀랩, 그래핀스퀘어, 알파그래핀, 램리서치

□ (소유관계) 국유재산으로 관리, 국유재산법령에 따라 관리위탁 추진

- 방사광가속기운영위 심의\*에 따라, 포항 방사광가속기 국유재산 관리위탁 주체인 가속기연이 구축하며, EUV 가속기도 국유재산으로 관리

\* 1. 제58차 방사광가속기 운영위('20.1), 반도체 EUV 광원 및 장비기술개발사업 추진계획(안)  
2. 방사광가속기등공동이용연구지원사업규정(훈령11호) 제3조에 따른 심의사항(신규시설 구축)

## 참고 : EUV 가속기 인프라 설명회 행사

### □ 개최 배경

- EUV 가속기 구축이 종료되고 이용자 지원 운전이 예정됨('23)에 따라, 장비 이용·증설 수요 등 동향을 파악하여 사업계획에 반영 필요
- \* 장비의 사용의향 등은 반도체연구조합 등을 통해 1차 의견 수렴('22.12)

### <활용의향 조사 결과>

- 산업계 설문자의 경우 마스크 검사 장비를 갖추고 있는 EUV 가속기 시설에 대한 관심을 보이며 학계(59%) 대비 높은 활용수요(62%) 회신

### □ 행사개요

- 행사일시 : '23. 3. 31(금)
- 주관기관 : 포항공대 가속기(연)
- 행사장소 : 판교 한국반도체연구조합(경기 성남시 분당구 판교역로 182)
- 주요참석자 : 반도체 산업계 임원진\* 등 실수요자, 반도체연구조합 관계자, 가속기연 EUV 인프라 관계자 등 50여명
- \* 삼성전자(글로벌제조, 생산기술연구소, 반도체연구소, 삼성중기원) 임원급 직원(R, 그룹장, 수석, 마스터 등 5~8명, SK하이닉스 임원급 1~2명(펠로우), 기타 소재 기업 대표 등



## 참고 : EUV 가속기 활용의향 조사 및 활용계획

### □ 조사개요

- (배경) EUV 가속기 구축\*이 종료되고 시운전이 착수됨('23)에 따라, 장비 이용·증설 수요 등 동향을 확인하여 사업계획에 반영 필요
    - \* 반도체 검사용 EUV 광원 및 장비기술개발사업 ('20~'23, 290억원)
  - (수행) 다양한 사용자群的 의견을 수합하고 정보의 객관성을 위하여 학계, 산업체 등의 복수 협의체\*를 통하여 조사 수행
    - \* 방사광이용자협회, 반도체연구조합, 극자외선노광기술협의체 등
- 기간 : '22.12.6. ~ 12.12 (7일간) / 응답 : 62건 (학계 28, 산업계 34)

### □ 활용의향 조사 결과

문항	내용	결과요약	
		학계	산업계
2	현재 국내에는 EUV 가속기가 구축되어 시운전 단계에 있습니다. EUV 가속기 시설이 첨부 자료와 같은 성능을 확보한다면, 귀하는 활용 의사가 있습니까?	있음 (57%)	있음 (62%)
2-1	EUV 가속기에 대한 활용 의사가 없다면, 그 이유는 무엇입니까?	분야 무관 (82%)	분야 무관 (67%)
3	현재 구축된 EUV 가속기에 추가시설을 구축하는 경우 가장 우선 추진해야 할 설비는 무엇입니까?	포토리지스트 (50%), 펠리클(34%), 기타(16%)	포토리지스트(48%), 펠리클(36%), 기타(16%)
4	2022년 12월 중 EUV 가속기의 산업적 활용에 대한 설명회 및 간담회를 개최한다면 참여할 의향이 있습니까?	있음 (68%)	있음 (90%)

### □ 향후 지원계획

- 구축된 EUV 광원과 마스크 검사장비 및 빔라인을 활용하여 마스크 소재 개발 및 장비 개발 등 산업계 개발 수요를 지원
  - \* 극자외선 마스크 결함 검사, 패턴 계측, 마스크 성능 평가 등 개발 지원
- 횡자석을 통해 인출 가능한 EUV 광원으로 반도체 공정 연구수요도 지원
  - \* 펠리클 수명평가, 펠리클 열광학적 특성 평가 등

## Ⅱ 빡라인 및 활용기업 현황

- (활용수요) 포항 방사광가속기는 인프라·연구비·인력 등을 충분히 갖춘 대기업을 중심으로 활용수요가 높으나, 산업기술융합센터 설립·활동('13~) 이후에는 중소기업 수요도 점차 증가 중

### < 포항 방사광가속기 주요 활용 업체 및 빡라인 현황 >

순번	활용업체명	활용빡라인 현황
1	진○○○○○	자성분광(2A), 고분해능 광전자분광 II (10A2), 고분해능 광전자분광/엑스선 흡수 분광 (10D), 엑스선 소재과학(5A)
2	LO	단백질 결정학 II (5C)
3	LO○○	광전자분광 (4D), 고분해능 광전자분광 II (10A2), 엑스선 흡수분광 (7D), 극소각 엑스선 산란 (9A)
4	LO○○	소각 엑스선 산란 (3C), 엑스선 흡수분광 (7D), 나노 엑스선 흡수분광 (8C), 고선속 엑스선 흡수분광 (10C), 극소각 엑스선 산란 (9A), 소각 엑스선 산란II (4C), 광전자분광 (4D), 결정학 및 산란 UNIST (6D), 엑스선 소재과학(5A), 분광현미경 (8A1), 고분해능 분말회절 (9B), 초분자결정학 (2D), 단백질 결정학 II (5C), 대기압 광전자분광 (8A2)
5	LO ○○○	소각 엑스선 산란II (4C), 극소각 엑스선 산란 (9A)
6	LO○○○○○	마이크로빡 광전자분광 (4A1)
7	LO○○○○○	소각 엑스선 산란II (4C)
8	LO○○○	엑스선 나노마이크로머시닝 (9D)
9	PO○○○	엑스선산란/흡수분광 (1D), 엑스선 산란/흡수분광 (8D), 고분해능 분말회절 (9B), 광전자분광 (4D), 고선속 엑스선 흡수분광 (10C), 물질물리 엑스선산란 (3A), 엑스선산란 (3D), 엑스선미세회절 (4B), 분광현미경 (8A1), 나노 엑스선 흡수분광 (8C), 엑스선 나노마이크로머시닝 (9D), 적외선 분광학 (12D), 고분해능 광전자분광/엑스선흡수분광 (10D), 자성분광(2A), 마이크로빡광전자분광 (4A1), 생명의학영상(6C), 엑스선 나노영상 (7C), 극소각 엑스선 산란 (9A), 소각 엑스선 산란II (4C)

순번	활용업체명	활용비라인 현황
10	P○○○○○ ○○○○○○	엑스선 미세회절 (4B)
11	P○○○○○ ○○○○	마이크로빔 광전자분광 (4A1)
12	R○○○	엑스선 산란/흡수분광 (8D), 엑스선 나노마이크로머시닝(9D), 고분해능 분말회절 (9B)
13	S○○○○○○	펨토초 테라헤르츠 분광 (fsTHz), 소각 엑스선 산란 (3C), 광전자분광 (4D), 극소각 엑스선 산란 (9A)
14	S○○○○○○○	나노 엑스선 흡수분광 (8C), 소각 엑스선 산란 (3C), 마이크로빔 광전자분광 (4A1), 생명의학영상 (6C), 엑스선산란/흡수분광 (1D), 엑스선 나노영상 (7C), 극소각 엑스선 산란 (9A), 고분해능 광전자분광/엑스선흡수분광 (10D)
15	고○○○	마이크로빔 광전자분광 (4A1), 생명의학영상 (6C)
16	고○○○	고분해능 분말회절 (9B)
17	금○○○○○○	생명의학영상 (6C), 엑스선 나노영상 (7C), 극소각 엑스선 산란 (9A)
18	덴○○	생명의학영상 (6C)
19	단○○○	고선속 엑스선 흡수분광 (10C)
20	사○○○○○○○○○	생명의학영상 (6C), 엑스선 나노마이크로머시닝 (9D)
21	삼○○○○○	엑스선산란/흡수분광 (1D), 소각엑스선산란 (3C), 엑스선 소재과학 (5A), 엑스선 흡수분광 (7D), 고분해능 분말회절 (9B), 연 엑스선 나노현미경 (10A), 고선속 엑스선 흡수분광 (10C), 광전자분광 (4D), 나노 엑스선 흡수분광 (8C), 엑스선 나노마이크로머시닝(9C), 엑스선산란 (3D), 결정학 및 산란 UNIST (6D), 엑스선 나노영상 (7C), 고분해능 광전자분광/엑스선흡수분광 (10D), 극소각 엑스선 산란 (9A)
22	삼○○○○○○○	소각엑스선산란 (3C), 분광현미경 (8A1), 연 엑스선 나노현미경(10A), 극소각 엑스선 산란 (9A), 광전자분광 (4D), 생명의학영상 (6C)
23	삼○○○○○○○○○○○	고선속 엑스선 흡수분광 (10C), 엑스선 소재과학 (5A), 결정학 및 산란 UNIST (6D), 나노 엑스선 흡수분광 (8C), 고분해능 분말회절 (9B), 고분해능 광전자분광/엑스선 흡수분광 (10D), 소각엑스선산란 (3C), 소각 엑스선 산란II (4C), 엑스선 흡수분광 (7D), 극소각 엑스선 산란 (9A), 연 엑스선 나노현미경(10A), 마이크로 결정학 (11C), 자성분광(2A), 단백질 결정학 II (5C), 단백질결정학 I (7A), 적외선 분광학 (12D), 펨토초 테라헤르츠 분광 (fsTHz), 엑스선산란 (3D), 광전자분광 (4D), 분광현미경 (8A1)



순번	활용업체명	활용비라인 현황
24	삼○	자성분광(2A), 엑스선 산란/흡수분광 (1D), 엑스선산란 (3D), 광전자분광 (4D), 고분해능 분말회절 (9B), 분광현미경 (8A1), 고선속 엑스선 흡수분광 (10C), 생명의학영상 (6C), 엑스선 나노영상 (7C), 엑스선 흡수분광 (7D)
25	삼○○○	고분해능 분말회절 (9B)
26	삼○○○	자성분광(2A), 소각 엑스선 산란 (3C), 광전자분광 (4D), 고분해능 광전자분광 II (10A2), 엑스선 소재과학(5A), 엑스선 나노마이크로머시닝 (9D), 엑스선산란/흡수분광 (1D), 결정학 및 산란 UNIST (6D), 고분해능 분말회절 (9B), 엑스선산란 (3D), 엑스선 나노영상 (7C), 분광현미경 (8A1), 극소각 엑스선 산란 (9A), 고분해능 광전자분광/엑스선흡수분광 (10D), 펨토초 테라헤르츠 분광 (fsTHz), 마이크로빔광전자분광 (4A1), 소각 엑스선 산란II (4C), 나노 엑스선 흡수분광 (8C), 고선속 엑스선 흡수분광 (10C), 엑스선미세회절 (4B), 엑스선 흡수분광 (7D), 적외선 분광학 (12D)
27	S○○○	물질물리 엑스선산란 (3A), 소각 엑스선 산란 (3C), 엑스선 산란 (3D), 엑스선 흡수분광 (7D), 엑스선 산란/흡수분광 (1D), 엑스선 소재과학(5A), 분광현미경 (8A1), 고분해능 분말회절 (9B), 연 엑스선 나노현미경(10A), 엑스선 나노영상 (7C), 고분해능 광전자분광 II (10A2), 적외선 분광학 (12D)
28	신○○○	고분해능 분말회절 (9B)
29	쌍○○○○○	마이크로빔 광전자분광 (4A1)
30	세○	생명의학영상 (6C), 엑스선 나노마이크로머시닝 (9D)
31	쓰○○○○○○○	엑스선 나노영상 (7C)
32	아○○○	엑스선 나노영상 (7C)
33	비○○○○	광전자분광 (4D)
34	클○○○○	엑스선 나노마이크로머시닝 (9D)
35	테○○○	광전자분광 (4D)
36	코○○○○○	광전자분광 (4D), 생명의학영상 (6C), 고분해능 분말회절 (9B)
37	코○○○	소각 엑스선 산란 (3C), 소각 엑스선 산란II (4C), 엑스선 나노마이크로머시닝 (9D)

순번	활용업체명	활용비라인 현황
38	코○○○○○○○○○	극소각 엑스선 산란 (9A), 엑스선 나노마이크로머시닝 (9D)
39	풀○○	극소각 엑스선 산란 (9A)
40	한○○○○○	극소각 엑스선 산란 (9A), 엑스선 나노영상 (7C)
41	현○○○○○	생명의학영상 (6C), 엑스선 나노영상 (7C)
42	효○	엑스선 나노영상 (7C), 극소각 엑스선 산란 (9A), 생명의학영상 (6C)
43	LO○○	소각 엑스선 산란제 (4C)
44	GO ○○○	엑스선 소재과학(5A), 결정학 및 산란 UNIST (6D)
45	룩○○○○○	생명의학영상 (6C)
46	동○○○○○ ○○○	단백질결정학 I (7A)
47	롯데○○○○○	고선속 엑스선 흡수분광 (10C)
48	종○○	단백질 결정학 II (5C), 마이크로 결정학 (11C)
49	씨○○	고선속 엑스선 흡수분광 (10C)
50	동○○○	나노 엑스선 흡수분광 (8C)
51	두○○○○○	생명의학영상 (6C)
52	시○○○○○	생명의학영상 (6C)
53	동○○○	단백질 결정학 II (5C), 단백질 정학 I (7A), 마이크로 결정학 (11C)
54	팜○○	단백질 결정학 II (5C)
55	아○○	나노 엑스선 흡수분광 (8C)
56	지○○	엑스선 나노마이크로머시닝 (9D)
57	한○○○○○	엑스선 흡수분광 (7D)
58	B○○○○○	단백질 결정학 II (5C)
59	알○○○○○	단백질 결정학 II (5C)
60	크○○○○○○○○○	단백질 결정학 II (5C)
61	동○○○○○	극소각 엑스선 산란 (9A)
62	IO ○○○○○○○○○○	생명의학영상 (6C)
63	아○○○○○	엑스선미세회절 (4B), 엑스선 나노영상 (7C)