Introduction of the shielding and personal protection in KOMAC

2017. 10. 25
박 성 균

양성자가속기연구센터
방사선 안전실

KAERI
한국원자력연구원
Korea Atomic Energy Research Institute

Outline

- KOMAC 연혁
- 주요 시설 소개
- 방사선 안전 관리
  - 방사선 관리구역 설정
  - 개인 안전 연동 시스템 (Personal Safety Interlock System)
  - 방사선 모니터링 시스템 (Radiation Monitoring System)
  - 관리 구역의 주기적 방사선/능 감시
- KOMAC에서 운영 중인 표적실
  - 20/100 MeV 범용 빔라인 표적실 (TR23 / TR103)
  - 동위원소 생산용 표적 조사시설 (TR101)
  - 저선량 빔 조사시설 (TR102)
  - 테스트빔 수송계 표적실 (TR105)
  - 이온빔 장치

KOrea Multi-Purpose Accelerator Complex

연구센터 연혁

❖ 주요 연혁(연구센터 구축 ~ 현재)

- **100 MeV 양성자가속기 개발 및 연구센터 건설(2002. 7 ~ 2012. 12)**
  - 주관 기관 : 한국원자력연구원 (양성자기반공학기술개발사업단)
  - 유치 기관 : 경상북도 경주시 (방사성폐기물처리장사업과 연계)
- **양성자기반공학기술개발사업 완료 및 사업성과 이관 ('12.12.31)**
  - 교과부 미래기술과-4932(사업이관 및 협약변경 승인 통보, '12.12.17)
- **양성자가속기연구센터 운영 착수 (원자력(연) 연구부서) ('13.1.1)**
  - 제158차 국가과학기술연구회 이사회 승인 ('12.12.28)
- **양성자가속기연구센터 원자력(연) 분원 승인 • 운영 착수 ('13.4.1)**
  - 제161차 국가과학기술연구회 이사회 승인 ('13.03.27) – 타당성 평가 결과 반영
- **양성자가속기 빔 서비스 개시 ('13.4.1)**
- **빔이용연구동 및 산업체 R&D 통합지원센터 개관('15.5.27)**
- **양성자/이온빔 조사서비스 관련 ISO9001:2015 인증 획득 ('16.12.4)**

연구센터 주요시설 (1/4)

❖ 부지 및 건축물

- **부　지 : 44만 m^2** (13.6만평, 경주시 제공)
  - 1단계 사업 부지 18만 m^2, 2단계 사업 부지 26만 m^2
- **건물 및 시설**
  - **가속기동 등 8개 시설**
  - **가설건물 1동** (연면적: 27,322 m^2)

※ 부지 : KTX 신경주역 / 경부고속도로 인접

▪ 관리동 : '17년 말 완공 예정

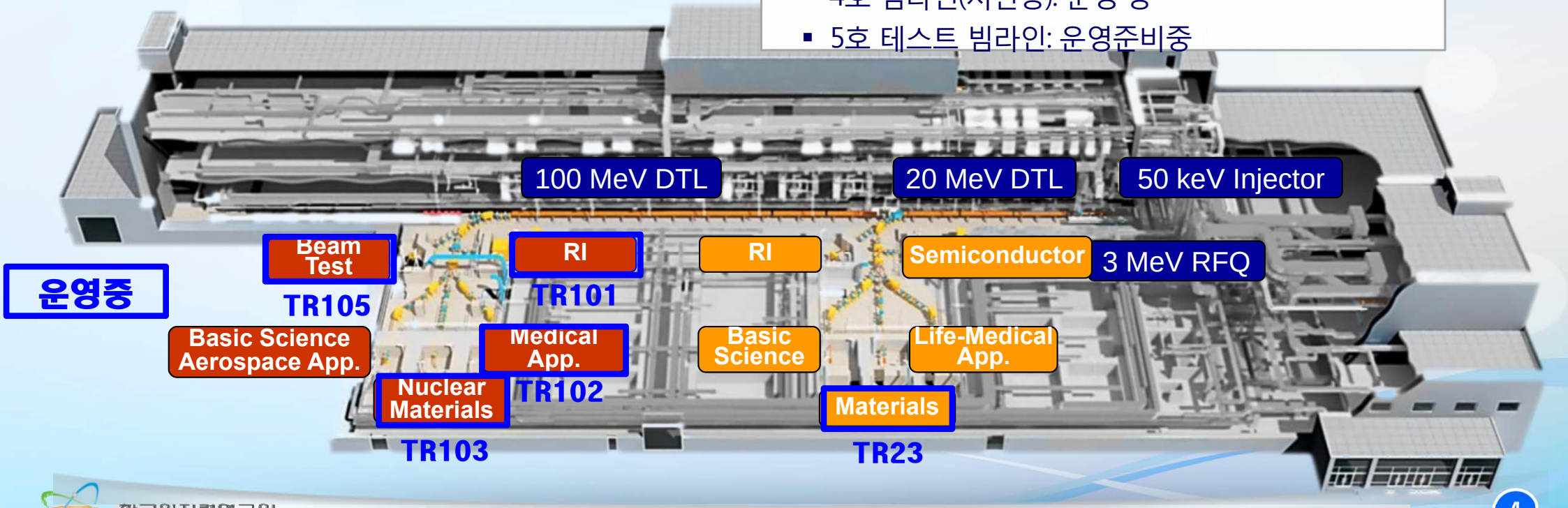
연구센터 주요시설 (2/4)

KOMAC 100MeV 선형 가속기 특징

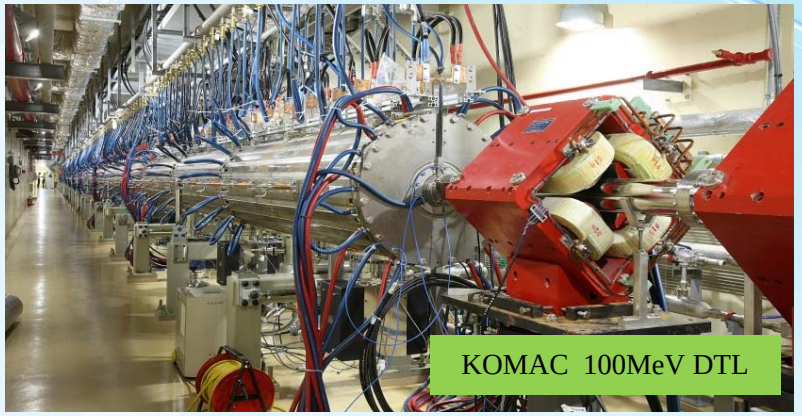
- 50 keV Injector (Ion source + LEBT)
- 3 MeV RFQ (4-vane type)
- 20 & 100 MeV DTL
- RF Frequency : 350 MHz
- Beam Extractions at 20, 33, 45, 57, 69, 80, 91, or100 MeV

- 시운전 · 시설검사 완료: 2013년 상반기
- 시범운영: 2013년 하반기
- 정상운영: 2014년 부터

- **빔라인 구축·운영 현황**
  - 당초 계획: 10기 (20/100 MeV 각 5기)
  - 범용 빔라인 2기 (20·100 MeV 각 1기): 2014년 부터 운영 (이용자 서비스)
  - 3호 빔라인(RI 생산용): 시범 운영 중('16.10~)
  - 4호 빔라인(저선량): 운영 중
  - 5호 테스트 빔라인: 운영준비중



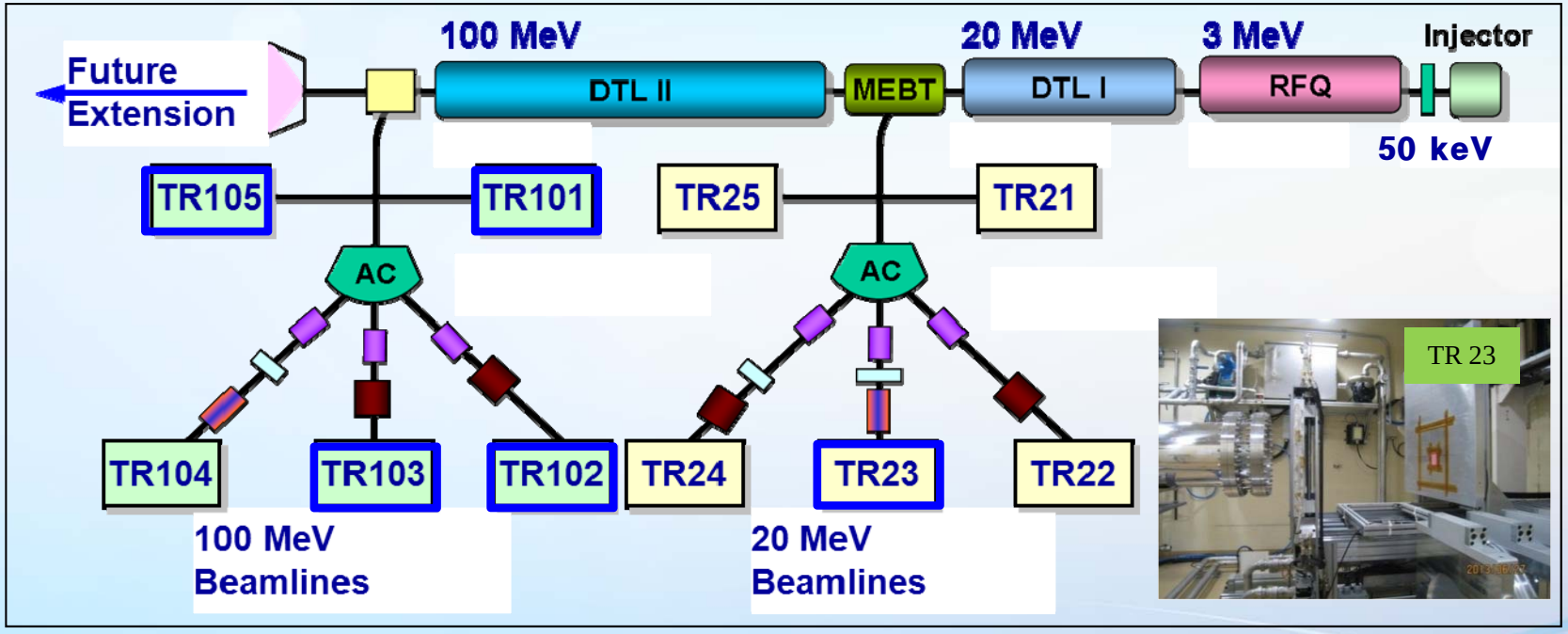
연구센터 주요시설 (3/4)


KOMAC 100MeV DTL

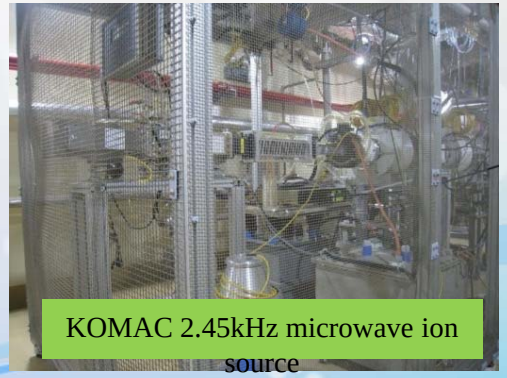
KOMAC MEBT

KOMAC 20MeV DTL

KOMAC 3MeV RFQ



TR 23


KOMAC 2.45kHz microwave ion source

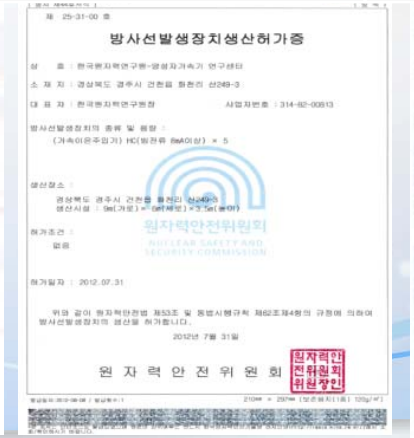
연구센터 주요시설 (4/4)

❖ 이온빔 장치 (기체, 금속, 탄뎀)

< 기체 이온빔 장치 >	< 금속 이온빔 장치 >	< 1.7 MV 탄뎀 가속기 >
▪ 에너지 : 20~220 keV ▪ 빔전류 : ~5 mA ▪ 이온종 : H, He, N, Ar, Xe 등	▪ 에너지 : 20~150 keV ▪ 빔전류 : ~1 mA ▪ 이온종 : Cu, Cr, Fe, Co 등	▪ 에너지 : ~1.7MeV ▪ 빔전류 : ~300μA ▪ 이온종 : H

- **빔이용연구동 이전·설치 및 성능향상 ('14.7~'15.3)**
  - 연구원 자체연구개발사업, 빔서비스 재개('15.3월)
- **빔서비스 품질인증제 도입('16년)**
  - ISO9001:2015 기준, 빔 서비스 품질(에너지, 조사량 등) 인증

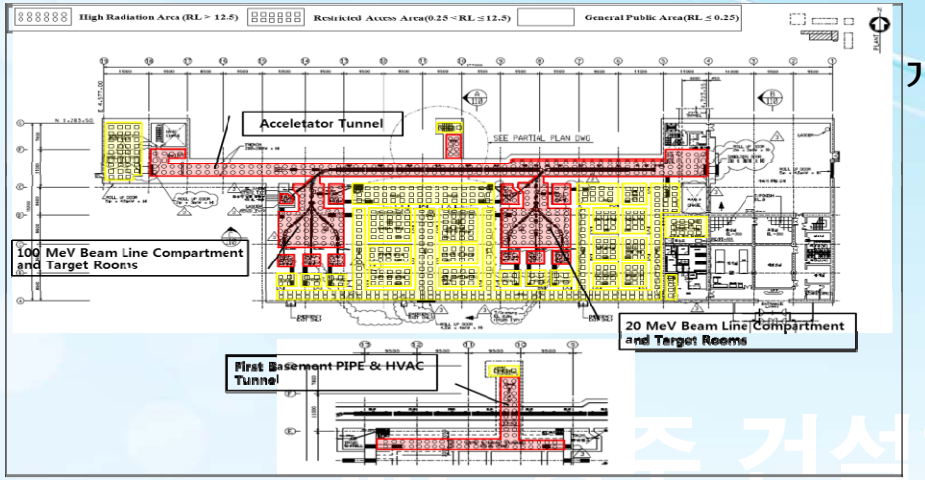
❖ 이온빔장치 사용·생산 허가보유



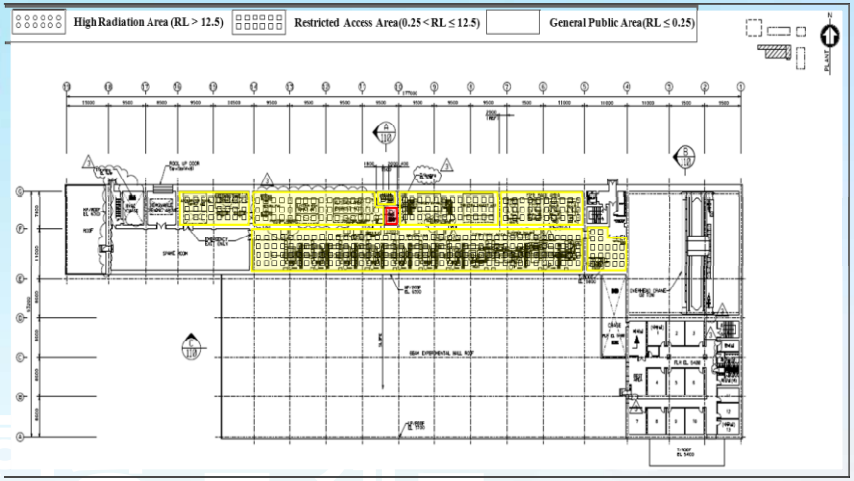
❖ ISO9001:2015 인증획득 (2016.12.4)

방사선 안전 관리 : 방사선 관리 구역 구분

가속기동 : 출입금지구역(고준위방사선), 작업종사자구역, 일반구역



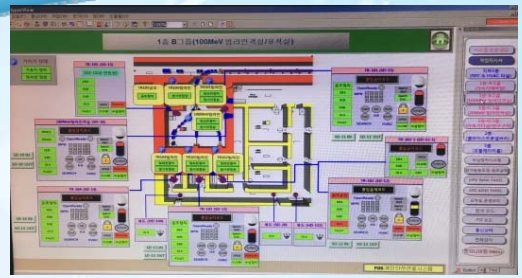
가속기동 1층

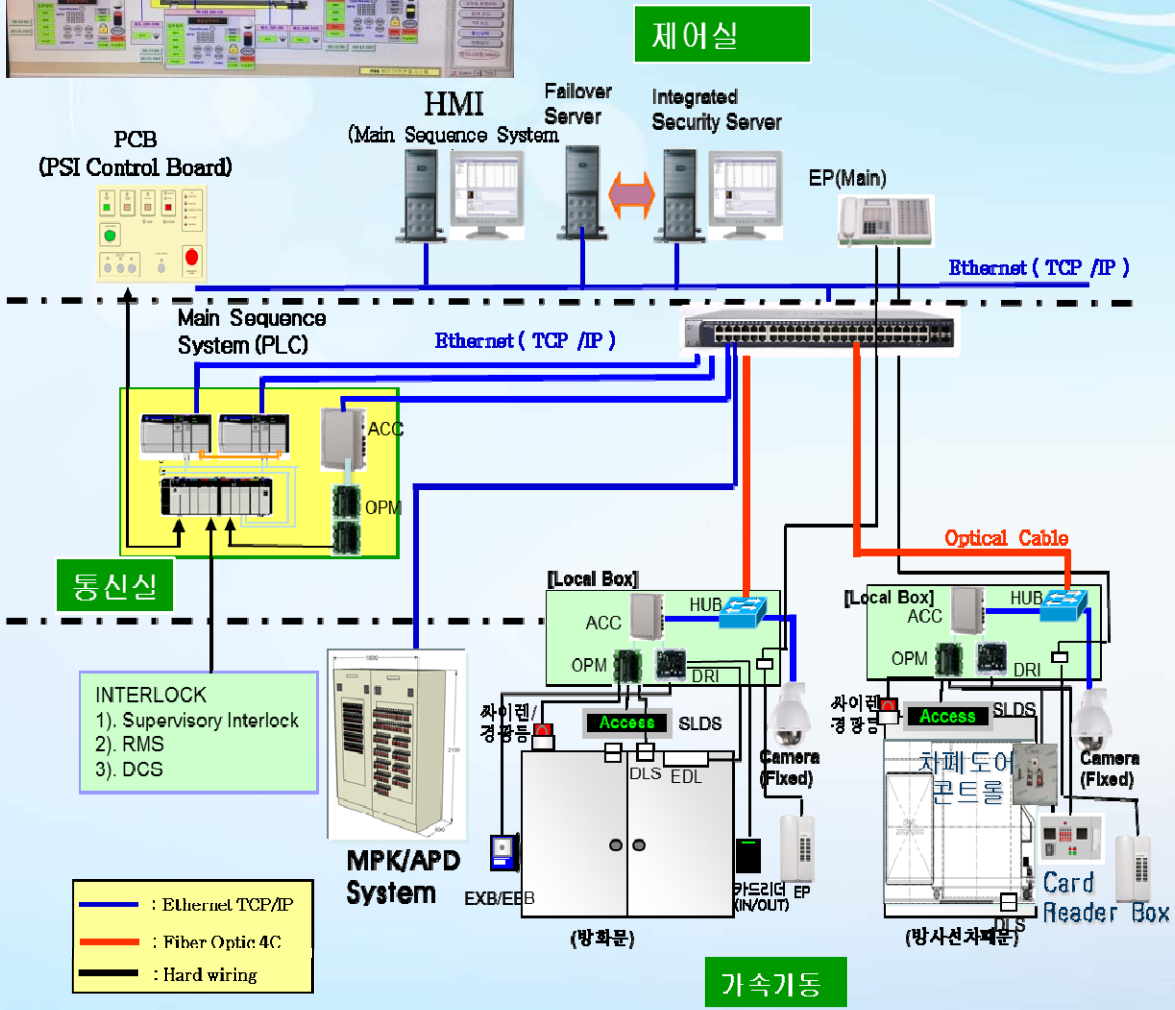


가속기동 2층

구역 구분	기준 선량 (μ SV/hr)	해당 구역
고준위 방사선 구역	DL > 12.5	- 가속기 터널 및 빔라인 격실 [양성자 선형 가속기] - 각 표적실 - 지하 PIPE & HVAC 터널
작업 종사자 구역	0.25 < DL ≤ 12.5	- 클라이스트론 갤러리 [클라이스트론] - 각 표적 준비실 - 각 실험실
일반 대중 구역	DL ≤ 0.25	- 고준위 방사선 구역 및 작업 종사자 구역을 제외한 지역

방사선 안전 관리 : 개인 안전 연동 계통 시스템(PSIS)





PSIS의 역할

- 출입문 통제
- 차폐 도어 제어
- 카메라 감시
- 경보에 의한 위험 전파
- RMS에 의한 interlock

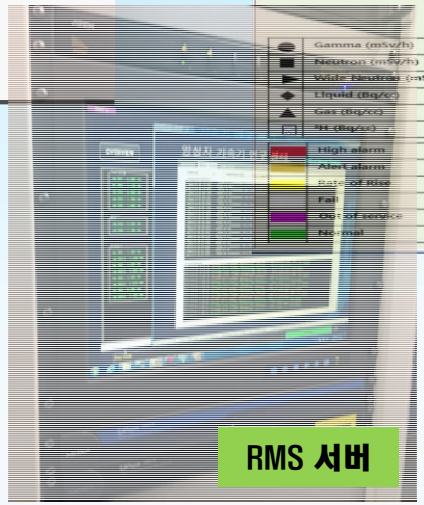
방사선 안전 안전 관리 : 방사선 모니터링 시스템(RMS)

방사선 모니터링 시스템 (RMS) 구성

- 감마 지역 감시기 : 53 EA
- 중성자 지역 감시기 : 28 EA
- 액체 계통 감시기 : 6 EA
- 기체 계통 감시기 : 5 EA
- 감마 환경 감시기 : 4 EA
- 중성자 환경 감시기 : 4 EA
- 손발오염 감시기, Tool 모니터, 전신오염 감시기
- 2중화 된 서버 및 클라이언트 프로그램

RMS 클라이언트 프로그램

감마, 중성자 환경 감시기


RMS 서버

감마, 중성자 지역 감시기

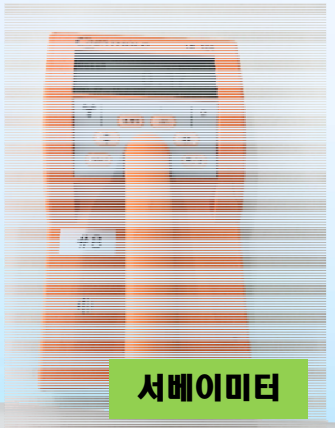
액체 계통 감시기

손발오염 감시기
및 Tool 모니터

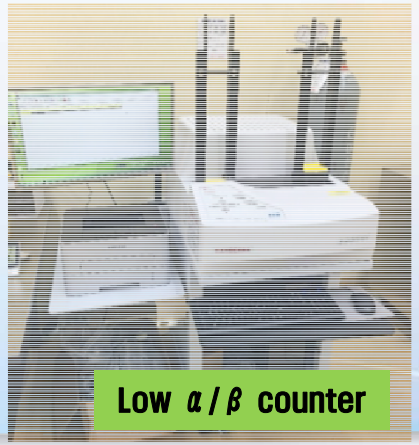
전신오염 감시기

방사선 안전 안전 관리 : 관리구역의 주기적 방사선/능 측정

- KOMAC 내 공간 방사선량의 주기적 감시
  - 매주 방사선 관리 구역 내외 방사선량율 측정
- KOMAC내 관리구역의 표면 오염의 주기적 감시
  - 매주 방사선 관리 구역 내 특정 지점의 시료 채취(문지름방법)-전알파/베타 측정
- KOAMC내 공기 방사능 측정
  - 매달 방사선 관리 구역 내외 시료 채취 (Air sampler)-전알파/베타 측정
- KOMAC내 수질 방사능 측정
  - 매 분기 마다 냉각수 및 음용수, 빗물의 방사능농도


서베이미터

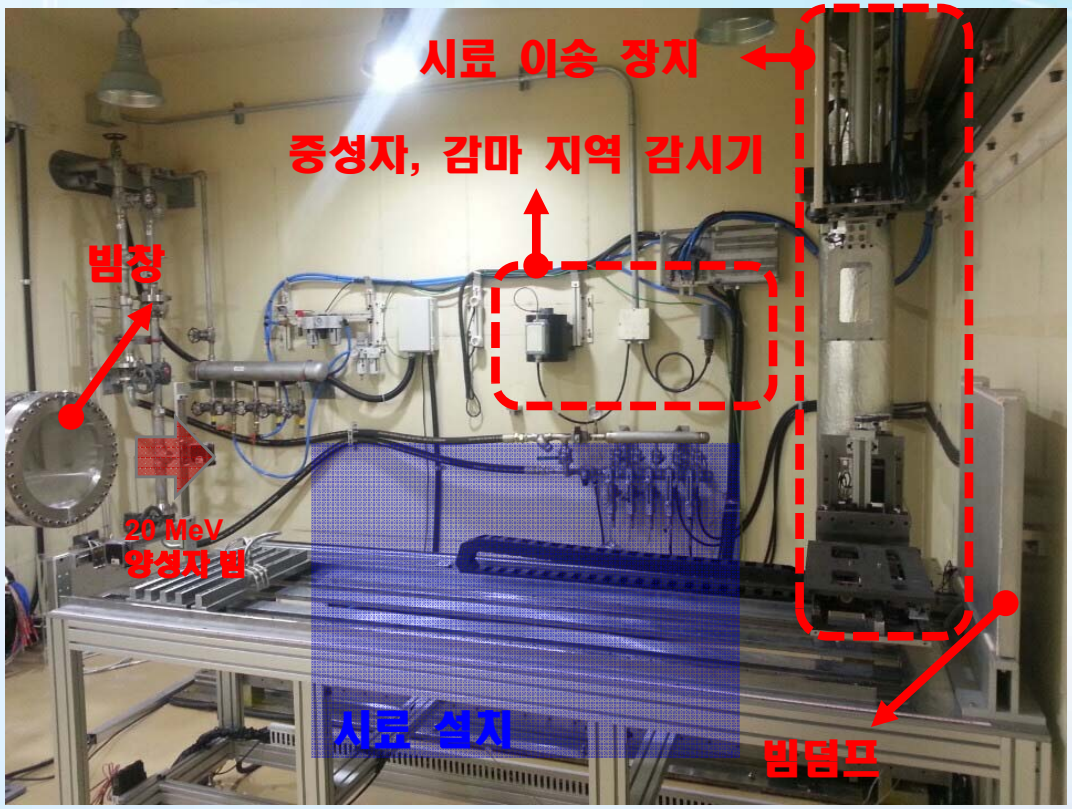
Air-sampler


Low α / β counter

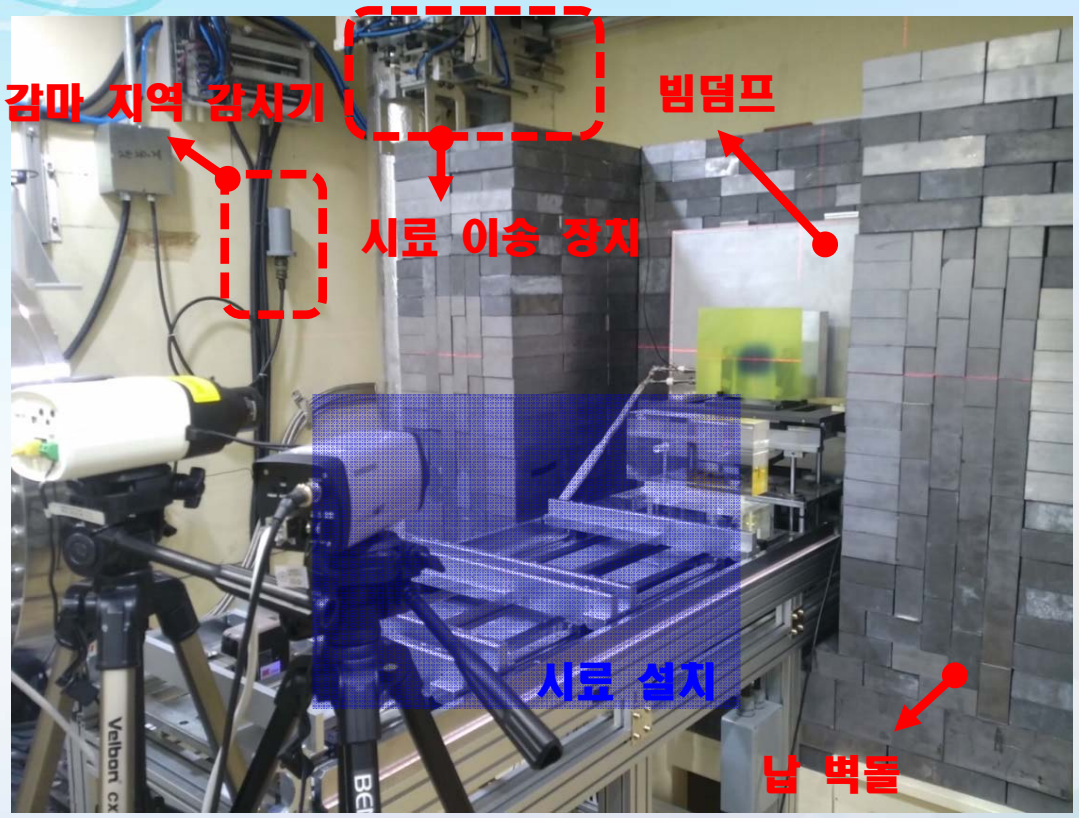
Liquid Scintillation Counter

20/100MeV 범용 빔라인

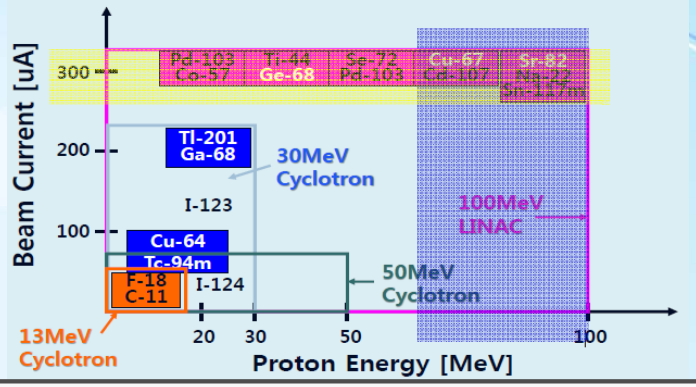
20 MeV 범용 빔라인



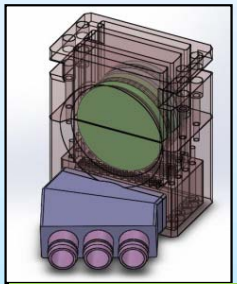
100 MeV 범용 빔라인



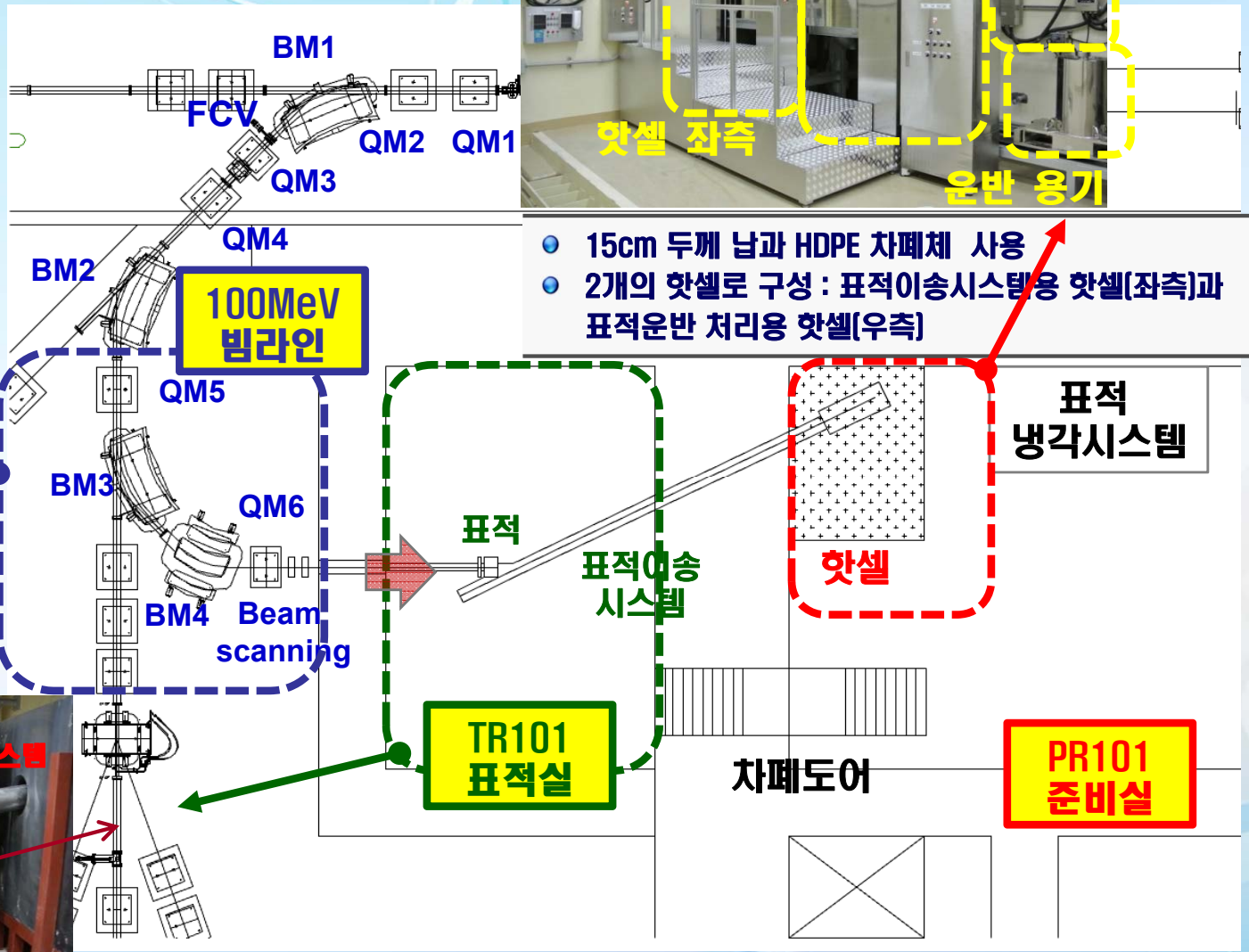
RI 생산용 표적 조사시설 (1)



- 동위 원소 Sr-82와 Cu-67 생산 목표
- 표적물질 (RbCl와 ZnO)에 300 μA와 70~100 MeV 사이의 양성자 빔 조사에 의해 생산



표적 및 운반체

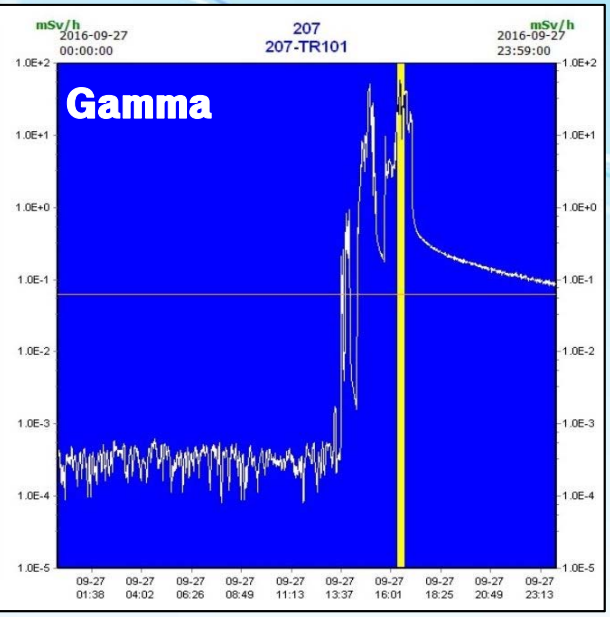


- 15cm 두께 납과 HDPE 차폐체 사용
- 2개의 핫셀로 구성 : 표적이송시스템용 핫셀(좌측)과 표적운반 처리용 핫셀(우측)

RI 생산용 표적 조사시설 (2)

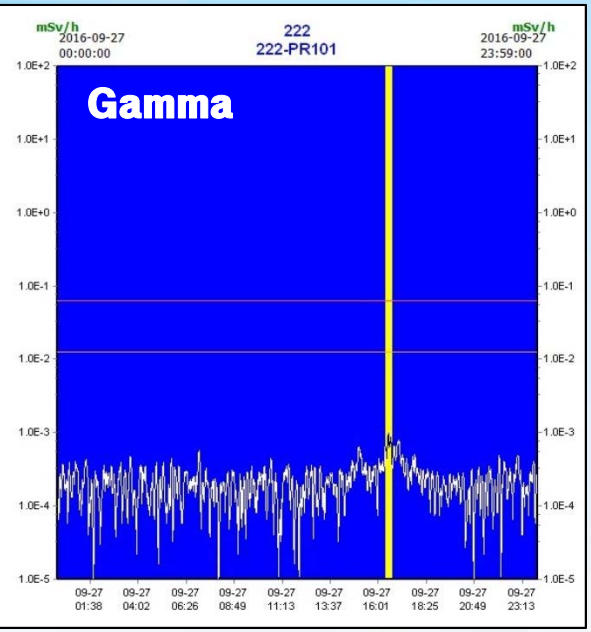
표적실 내부 (TR101)

Date	Time	Rate	Alarm
2016-09-27	16:46:00	4.10E+01	Alert
2016-09-27	16:45:00	3.93E+01	Alert
2016-09-27	16:44:00	4.02E+01	Alert
2016-09-27	16:43:00	4.03E+01	Alert
2016-09-27	16:42:00	4.08E+01	Alert
2016-09-27	16:41:00	3.84E+01	Alert
2016-09-27	16:40:00	3.32E+01	Alert
2016-09-27	16:39:00	2.83E+01	Alert
2016-09-27	16:38:00	2.41E+01	Alert
2016-09-27	16:37:00	2.51E+01	Alert
2016-09-27	16:36:00	2.53E+01	Alert
2016-09-27	16:35:00	2.52E+01	Alert
2016-09-27	16:34:00	2.38E+01	Alert
2016-09-27	16:33:00	2.38E+01	Alert
2016-09-27	16:32:00	8.79E+00	Alert
2016-09-27	16:31:00	4.25E+01	Alert
2016-09-27	16:30:00	5.09E+01	Alert
2016-09-27	16:29:00	4.67E+01	Alert
2016-09-27	16:28:00	5.11E+01	Alert
2016-09-27	16:27:00	5.66E+01	Alert
2016-09-27	16:26:00	5.71E+01	Alert
2016-09-27	16:25:00	1.97E+01	Alert
2016-09-27	16:24:00	2.48E+01	Alert
2016-09-27	16:23:00	2.36E+01	Alert



표적실 외부 (PR101)

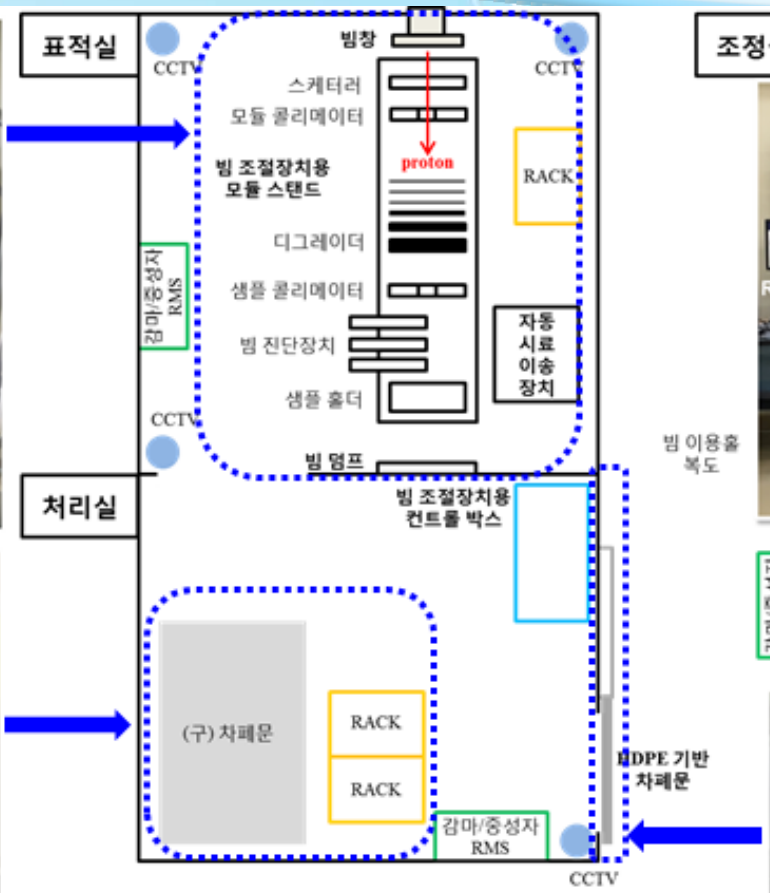
Date	Time	Rate	Alarm
2016-09-27	16:49:00	6.64E-04	Normal
2016-09-27	16:48:00	6.31E-04	Normal
2016-09-27	16:47:00	4.92E-04	Normal
2016-09-27	16:46:00	4.02E-04	Normal
2016-09-27	16:45:00	4.26E-04	Normal
2016-09-27	16:44:00	3.28E-04	Normal
2016-09-27	16:43:00	4.10E-04	Normal
2016-09-27	16:42:00	5.82E-04	Normal
2016-09-27	16:41:00	6.97E-04	Normal
2016-09-27	16:40:00	7.63E-04	Normal
2016-09-27	16:39:00	8.61E-04	Normal
2016-09-27	16:38:00	7.63E-04	Normal
2016-09-27	16:37:00	6.31E-04	Normal
2016-09-27	16:36:00	7.14E-04	Normal
2016-09-27	16:35:00	7.47E-04	Normal
2016-09-27	16:34:00	6.89E-04	Normal
2016-09-27	16:33:00	9.35E-04	Normal
2016-09-27	16:32:00	9.85E-04	Normal
2016-09-27	16:31:00	8.77E-04	Normal
2016-09-27	16:30:00	7.14E-04	Normal
2016-09-27	16:29:00	7.14E-04	Normal
2016-09-27	16:28:00	5.01E-04	Normal
2016-09-27	16:27:00	4.43E-04	Normal
2016-09-27	16:26:00	5.09E-04	Normal



표적실 내/외부 RMS Data 비교

	표적실 내부	표적실 외부
날짜	16.09.27	16.09.27
위치	100 MeV 표적실 (TR101)	100 MeV 표적처리실 (PR101)
빔 에너지	100 MeV	
빔 펄스폭	500 μsec	
펄스 반복률	32 Hz	
방사선량	r : 57.1 mSv/h	r : 0.98 μSv/h

저선량 빔라인 (1)



빔 이용홀
복도

감마/중성자
RMS

Specifications

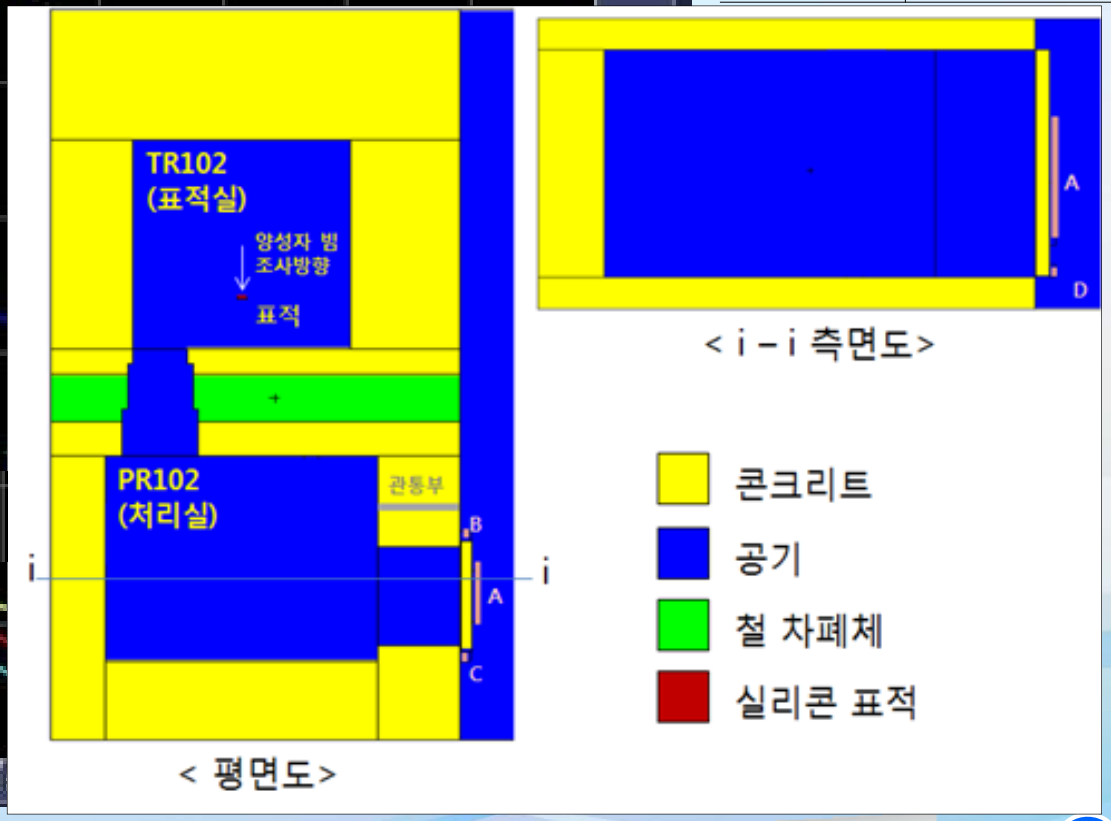
- Energy : 33 to 100 MeV
- Flux : Max 10^8 p/cm^2 – pulse
- Area : max. 10 cm X 10 cm
- Shape : Flat [< 5 % variation]
- Irradiation conditions : Horizontal, Air

저선량 빔라인 (2)

RMS에서의 측정값

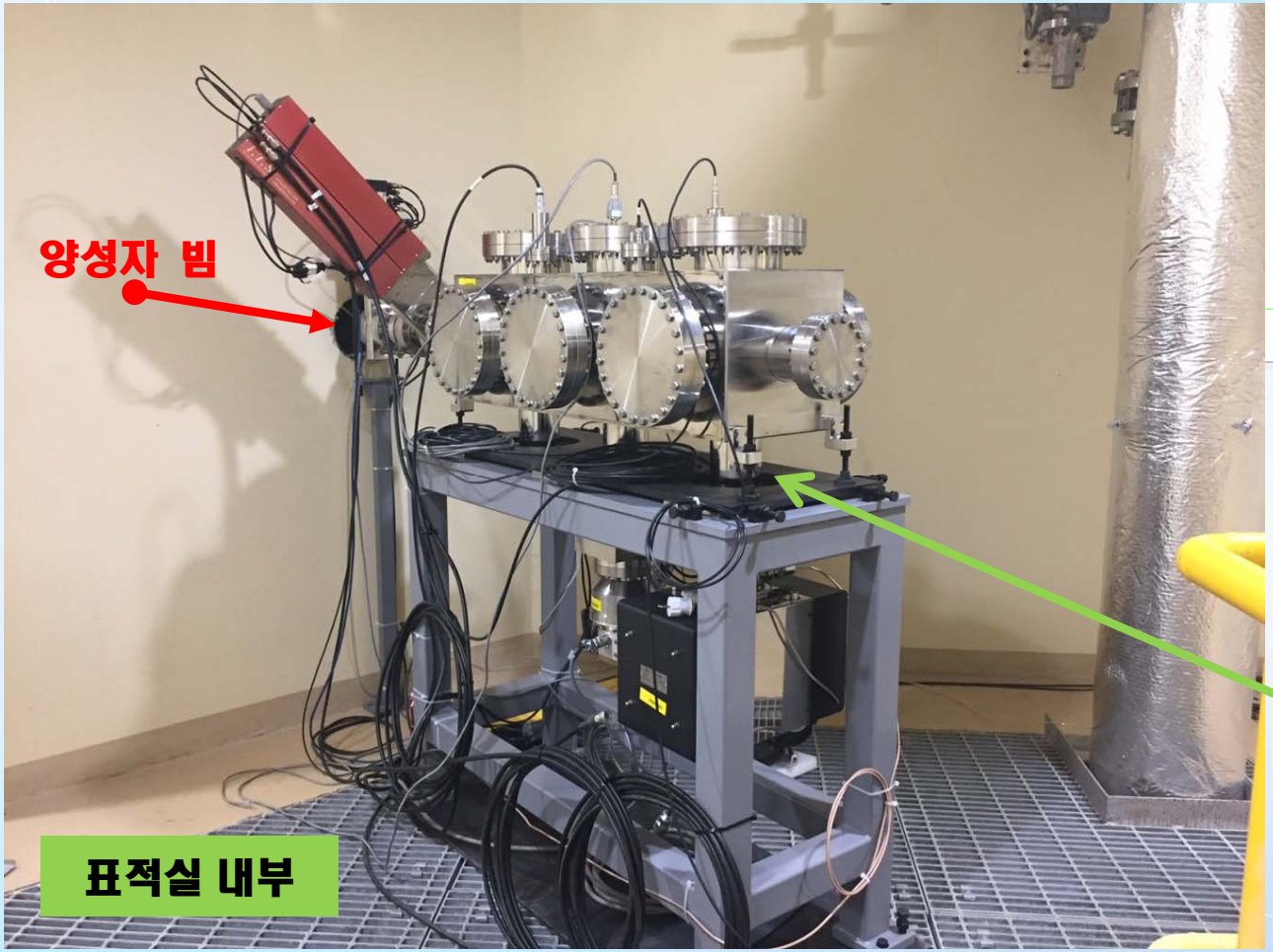
Survey

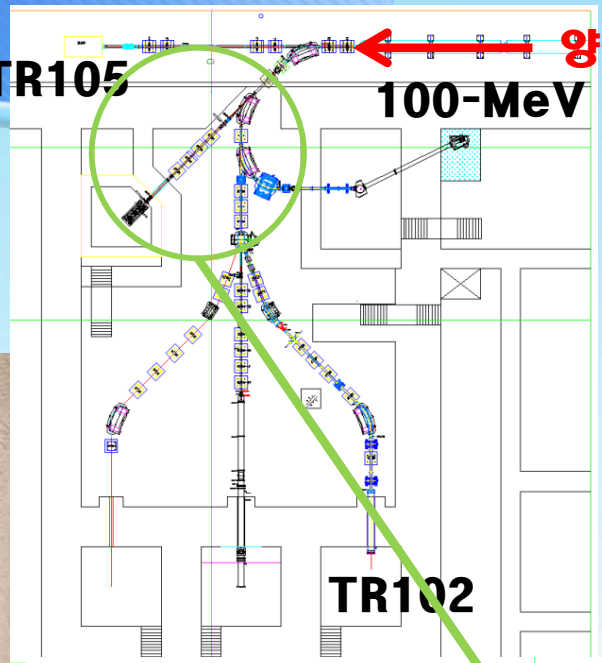
위치	감마 (uSv/hr)
A(뒤)	0.5
B(좌)	0.2
C(우)	0.3
D(하)	0.3
전선관통부	0.15

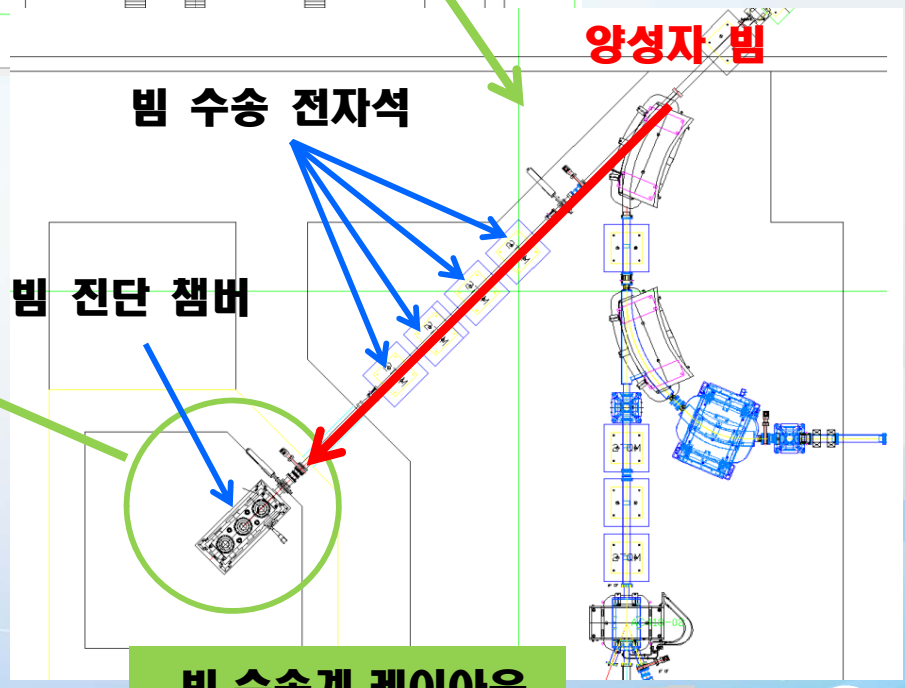


테스트 빔라인

- 빔 진단 챔버
- 빔 진단 장비 : 빔 전류 측정기, 빔 프로파일 측정기
- 진공 장비 : 터보 펌프, 이온 펌프







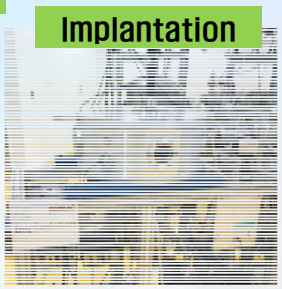
빔 수송계 레이아웃

이온빔 장치 : 탄뎀, 기체, 금속

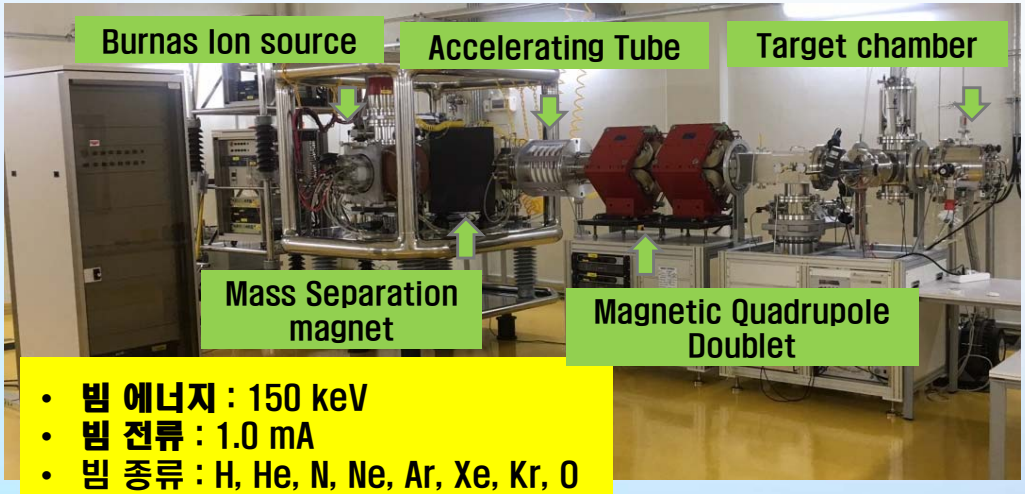
1.7 MV 탄뎀 이온빔 장치

- **가속전압** : 0.1 ~ 1.7 MV
- **빔 전류** : **최대** 300 ㎂
- 빔 종류 : 양성자, 헬륨, 중이온(염소, 금)
- **가속기 형태** : **정전형 (탄뎀)**

발굴 후 42년 동안 기술 부재로 복원되지 못한
경주 황남대총 비단벌레장식 아구

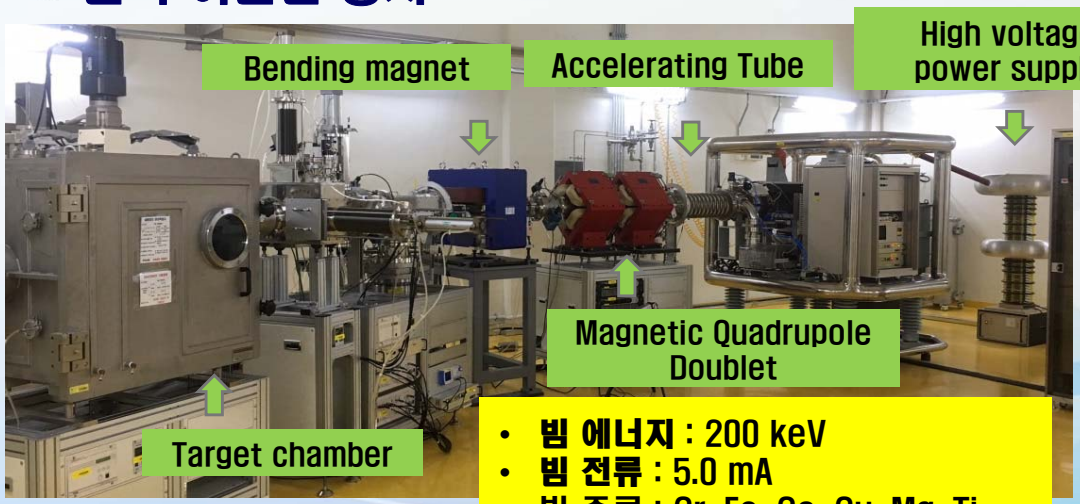


기체 이온빔 장치



- **빔 에너지** : 150 keV
- **빔 전류** : 1.0 mA
- 빔 종류 : H, He, N, Ne, Ar, Xe, Kr, O

금속 이온빔 장치



- **빔 에너지** : 200 keV
- **빔 전류** : 5.0 mA
- 빔 종류 : Cr, Fe, Co, Cu, Mg, Ti

KOMAC의 꿈