



사단 한국원자력학회
KOREAN NUCLEAR SOCIETY

방사선기기 및 이용 연구 부회 추계 워크숍

동남권원자력의학원 의료용가속기 연구

2022. 10. 19

정동혁

동남권원자력의학원 연구센터

Physics@dirams.re.kr

CONTENTS

- 동남권원자력의학원 소개
- 의료용 가속기 개요
- 의료용 가속기 개발 현황
- 토의

Keywords

- 동남지역
- 방사선(Radiation)
- 의학(Medicine; research & application)
➔ 병원(Hospital) + 연구(Science & research)



DIRAMS CI

배경 (Background)

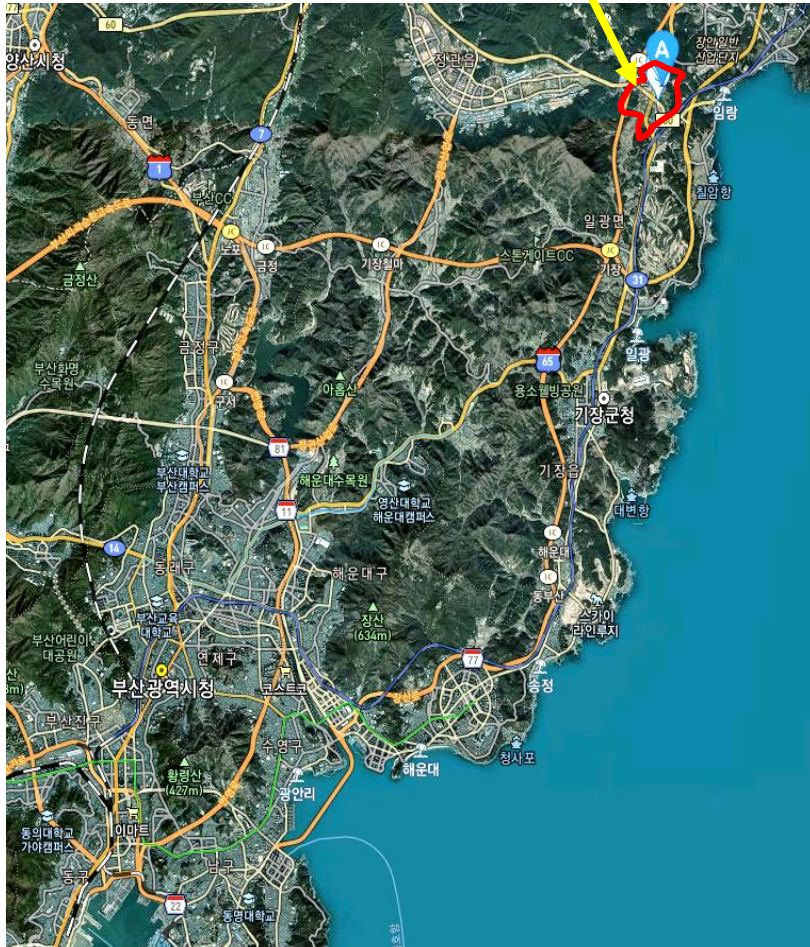
- 원전지역(nuclear power plants)
- 방사선의과학산업단지 (Industry of radiation medicine)
➔ (수출용원자로 생산) 의료용 동위원소 기반 산업 조성
➔ 중입자치료기 연계 가속기 산업 조성
➔ 방사선의학(연구,진료)+산업+교육의 중심



동남권원자력의학원

동남권방사선의과학산업 단지

위치:부산 기장군 장안읍



출처: 부산시청 <https://www.busan.go.kr/>

서울대병원, 부산 기장 암치료 중입자가속기 기종 선정 (2027 가동 예정)

▲ 이준성 기자 | © 입력 2020.08.31 13:05 | 댓글 0

31일 도시바-DK메디칼솔루션 컨소시엄과 계약 체결...가속기 최고 사양

[의학신문 일간보사=이준성 기자] 부산 기장군 동남권 방사선의 · 과학 산업단지 내 중입자치료센터에 도입할 중입자가속기 기종이 선정됐다.



부산 기장군 중입자가속기 치료센터 전경

부산시는 중입자가속기 치료사업 주관사업자인 서울대병원이 31일 도시바-DK메디칼솔루션 컨소시엄과 계약을 체결한다고 밝혔다.

코로나19 확산에 따라 화상으로 진행될 이날 계약 식에는 서울대병원에서 김연수 병원장과 정승용 부원장, 우종근 중입자가속기사업단장, 컨소시엄 측에서는 도시바 히타치와 사자, DK메디칼솔루션 이창규 회장 등이 참석한다.

Business Post (2027 가동 예정)

대우건설, 부산시 기장에 15메가와트급 수출용 신형 원전연구로 착공

류수재 기자 rg111@businesspost.co.kr | 2022-09-01 11:14:36

[비즈니스포스트] 대우건설이 수출용 신형연구로 착공식을 열고 해외 원전시장에 진출하겠다는 포부를 밝혔다.

대우건설은 지난 8월31일 부산광역시 기장군에서 한국원자력연구원이 발주한 '수출용 신형 연구로 및 부대시설' 건설공사사업 착공식을 열었다고 1일 밝혔다.

대우건설 컨소시엄은 지난 4월5일 이 사업을 수주했다. 대우건설은 이 사업의 지분 50%를 보유한 주주이고 한대건설과 GS건설 지분율은 각각 30%, 20%다.

이 사업은 부산광역시 기장군 장안읍 동남권 방사선 과학 산업단지에 들어서는 수출용 신형연구로 건설공사다. 공사기간은 착공일부터 60개월이다.

▲ 대우건설이 수출용 신형연구로 착공식을 열고 해외 원전시장에 진출하겠다는 포부를 내놨다. 사진은 수출용 신형연구로 조망도. <이준성 기자>

파이낸셜뉴스 산업

수출용 신형연구로 동위원소 활용 연구센터 착공...2027년 완공 목표 (2027 가동 예정)

뉴스 데스크 2022.08.31 11:01 수정 2022.08.31 11:01

기사내용 요약
의료 및 산업용 동위원소의 국내 자립화 및 수출 목적
'부산시 기장군, 세계적인 동위원소 생산 클러스터로 성장하도록 지원'

▲ 부산시 기장군 동남권 방사선 과학 산업단지 내 수출용 신형연구로 동위원소 활용 연구센터 착공식 모습. 사진은 연구센터 조망도. <이준성 기자>

참고 뉴스
1. '의료용 동위원소' 국내 자립화 목표
2. '의료용 동위원소' 국내 자립화 목표
3. '의료용 동위원소' 국내 자립화 목표
4. '의료용 동위원소' 국내 자립화 목표



동남권원자력의학원 (2010.8.16 개원)

파이낸셜뉴스 사회

국립부경대, 기장에 방사선 의과학대학 캠퍼스 추진

파이낸셜뉴스 데스크 2021.03.29 10:05 수정 2021.03.29 10:05

▲ 부산시가 기장에 설립할 방사선 의과학대학 캠퍼스 조망도. 사진=부경대학교 제공

전자신문 40 Conference

부산에 파워반도체 상용화센터 가동, 생산량 월 1000장 규모 (2019.10 준공)

발행일 : 2019-10-11 15:52 | 지면 : 2019-10-14 | 3면

▲부산 기장군 방사선의과학산업단에 구축된 파워반도체 상용화센터 전경.

부산시가 파워반도체 웨이퍼를 월 1000장까지 생산할 수 있는 파운드리를 구축했다. 설계와 제조 기술을 개발하고도 생산 시설이 없어 생산하지 못하는 팹리스 기업을 지원한다. 파워반도체는 부가가치가 높은 다품종 소량생산 품목이지만 90% 이상을 수입에 의존하고 있다. 기술 자립을 위한 국산화가 시급한 품목이다.

출처: 부산시청 <https://www.busan.go.kr/>

원자력의학원 조직

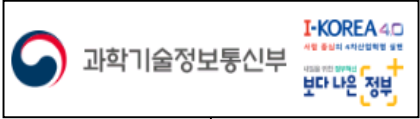
방사선 및 방사성동위원소 이용진흥법 (약칭: 방사선이용법)

[시행 2018. 7. 18.] [법률 제15560호, 2018. 4. 17., 일부개정]

과학기술정보통신부(원자력연구개발과) 044-202-4668, 4658

제3장의2 한국원자력의학원 <신설 2006. 12. 26.>

제13조의2(한국원자력의학원의 설립) ① 방사선등의 의학적 이용 및 연구·개발 업무를 효율적으로 추진하기 위하여 한국원자력의학원(이하 "의학원"이라 한다)을 설립한다.



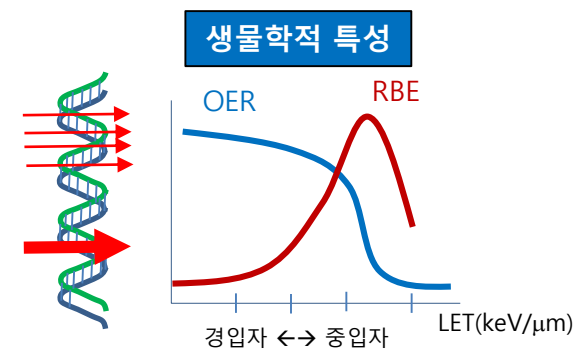
www.kirams.re.kr



의료용 가속기 개요

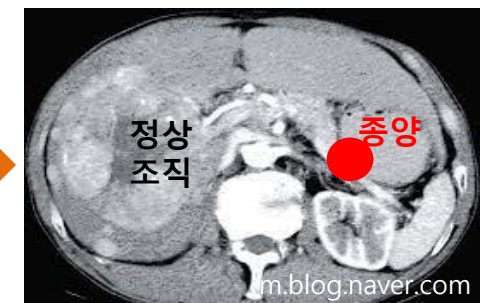
의료용 가속기의 종류

- **의료용 가속기:** 전자가속기, 사이클로트론, 싱크로트론 등 가속기를 이용한 암치료 의료기기
- 전자선: 낮은 투과력, 표재성 치료
- 엑스선: 높은 투과력, 심부치료
- 양성자, 중이온: Bragg-peak 현상 → 물리(localized) · 생물학적 효과(RBE, OER) 증가



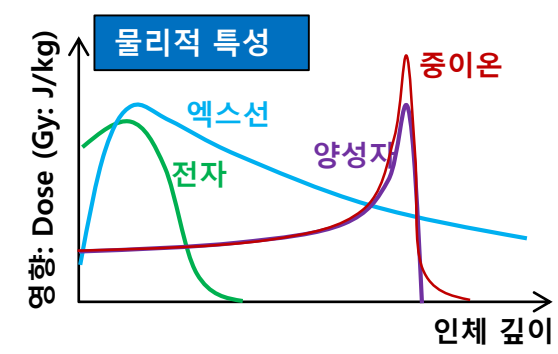
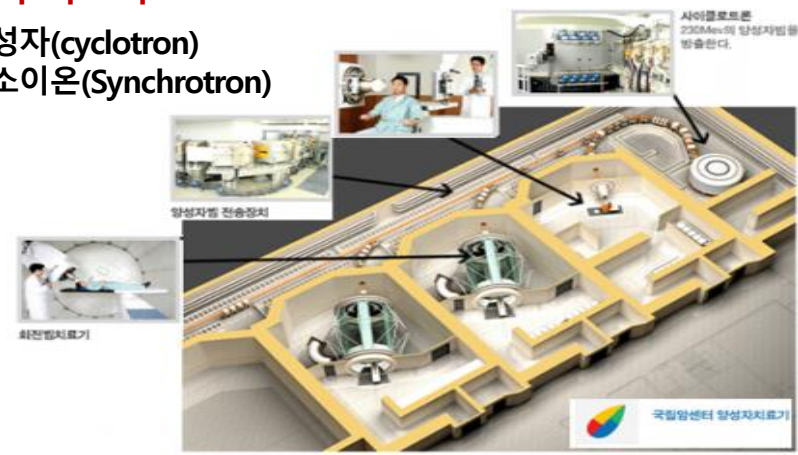
의료용 선형가속기

- 전자선(e-LINAC)
- 엑스선



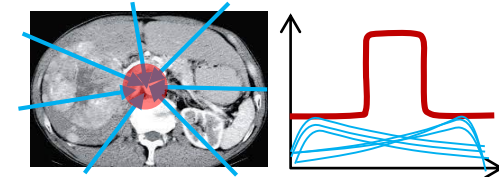
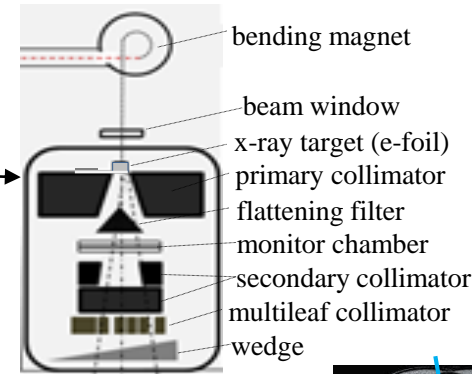
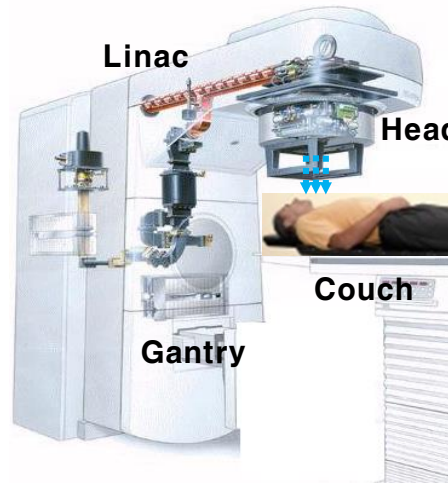
중입자 치료기

- 양성자(cyclotron)
- 탄소이온(Synchrotron)

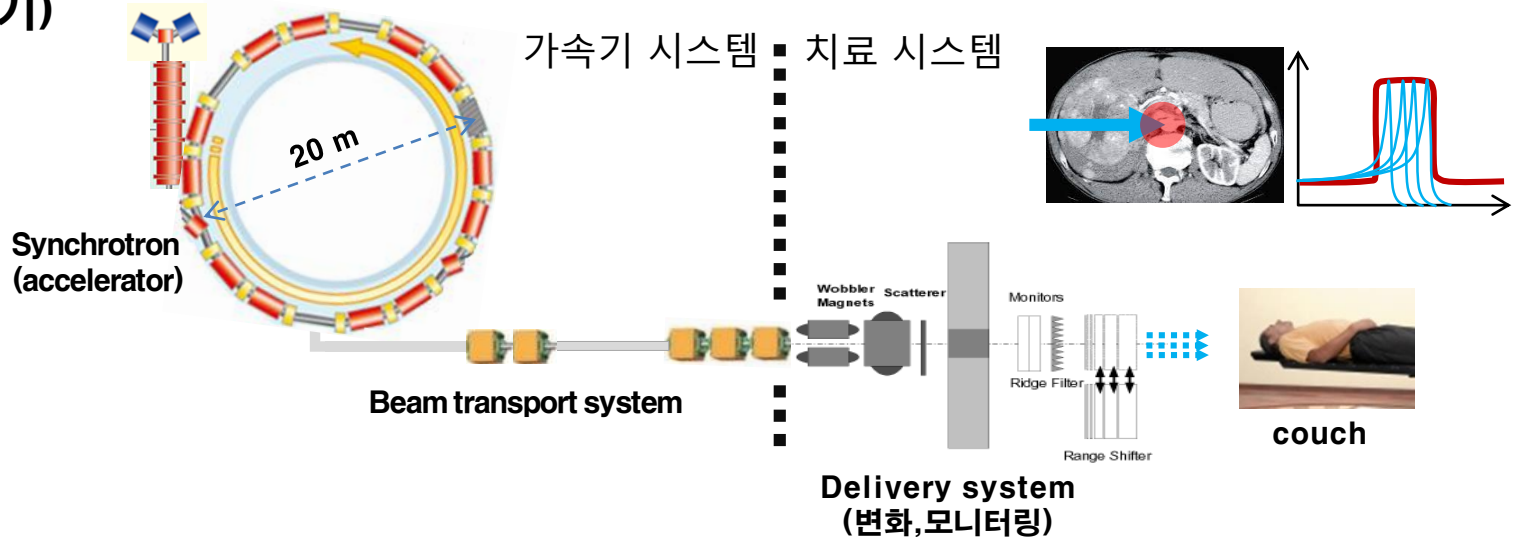


의료용 가속기의 구조


의료용 선형가속기 (선형가속기)



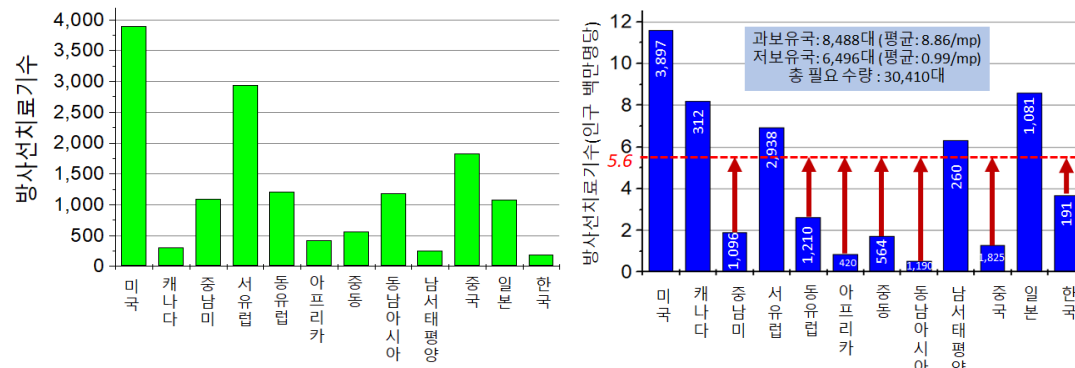
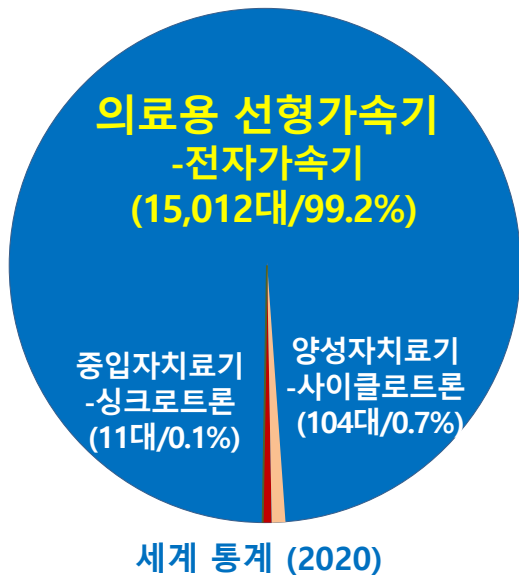
의료용 중입자가속기 (중입자 치료기)



의료용 가속기 비교

	의료용 선형가속기	양성자, 중입자 치료기
		
선원	전자선, 엑스선	양성자, 탄소, 헬륨이온 등
가속기	전자가속기	사이클로트론, 싱크로트론
장점/단점	엑스선-전자선 선택적 사용 물리적 선량집속 어려움(기계적 선량집속) 생물학적 효과, RBE=1	선원변경 어려움 물리적 선량집속 가능 RBE=1.1~5
장비가격(억원)	50~80	500(p) ~ 3,000 (ion)
장비 공간	~50 m ²	대형 공간 (2~3 floor)
설치수	국내 200대 (세계 15,000대)	국내 양성자 2대, 중입자 2대(예정) (세계: p 104대 , C-ion 11대)

의료용 선형가속기 개발 필요성



- 선진국(북미, 유럽, 일본 등): 8,500대 (8.8대/MP) : 인구 8.5억명(11%)
 - 기타국(중국, 인도 등): 6,500대 (1대/MP) : 인구 69억명 (89%)
 - 기준보유율(IAEA) : 5.6/MP(million people)
 - 최소 소요량 = 약 30,000대
 - 교체, 신규(+6.8%/연) : 1,000대~1,500대
 - 시장규모: 연간 약 7조원
- ※ 상기는 2020년 기준 근사적 수치임

- 부품 국산화 및 정밀 전자가속기 개발
- 국내 강점 기술(기계, 전기, IT) 융합으로 의료용 선형가속기 개발
- 성능/기능 강화로 수출용 방사선치료기 개발 - 시장 진입
- 가속기 산업 · 연구 · 교육 체계 구축

연구 분야

- **핵심부품 개발** : 가속관, 전자총, RF발생장치, 모듈레이터 등
- **전자가속기 개발** : 빔(에너지, 전류) 성능 및 고도의 안정성 확보
- **치료장치 개발** : 임상적용 기능 개발
- ※ **관련법 요건** : 방사선 안전 등 허가 요건

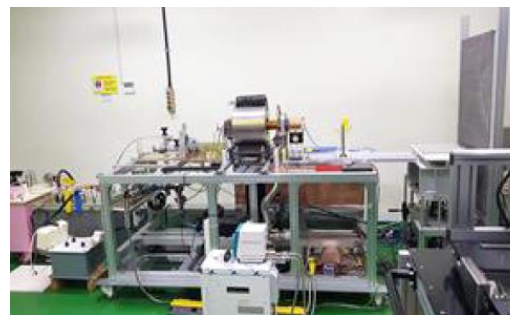
[의료용 가속기 관련법 요건]

- (원자력안전법) 방사선기기설계승인기준 (과기부고시 2021-3호)
 - 안전요건 충족
- (원자력안전법) 방사선방호등에 관한 기준 (과기부고시 2019-10호)
 - 사용시설 허가 요건 충족
- (국제규격) IEC/TR 60977: Medical electron accelerators – 기능·성능 표준
 - 치료기 성능 요건 항목별 시험
- (의료기기) 의료기기법
 - 치료용하전입자가속장치(3등급) 안전성·유효성 기술심사
 - ※ 동등성/임상시험 불필요

동남권원자력의학원 의료용 가속기 개발 현황

동남권원자력의학원 주요 실험 시설

물리분야



전자가속기실

본관 지하 1층
 6 MeV C-밴드 전자 가속기를 이용하여
 전자선 및 엑스선 조사 가능

가속기 및 방사선 치료기 국산화 연구
 초고선량률 조사 연구



코발트조사기실

본관 지하 1층
 Co-60 선원으로부터 일정 거리에
 정확한 선량 조사 가능

선량평가, 전리함 교정, 마우스 조사, 혈액조사
 연구 수행
 KOLAS 공인 교정기관 인정 운영



HPGe 계측실



LSC 계측실

KOLAS 교정·시험 기관 운영

- 방사선(801분야)
 - 전리함선량계 교정
- 방사능(802분야)
 - 반도체검출기 교정
 - 액체섬광계수기 교정
 - 전신계수기 시험

생물·임상 분야



공동실험실

연구센터 3층
 공동 기기 및 생물학 실험용 벤치
 과기부 연구실 인증 시설
 생물학 연구



저선량조사기실

연구센터 2층
 Cs-137 선원을 이용하여 조건에 따라 0.15~30 mGy/h의
 저선량률로 소동물, 시료에 조사 가능
 SPF 환경, 저선량 방사선 효과 및
 환경 방사선 영향 연구 수행



SPF청정실험동물실

연구센터 2층
 외부 환경으로부터 오염 방지,
 공기 조화 시스템가동 환경에서 동물 사육
 동물 실험 전만 연구



세포배양실(GMP실)

본관 2층 세포치료연구실
 면역 세포 배양



동물용 Micro CT 9~35 μm

소동물 촬영, 종양 및 뼈 조직 분석
 연구 공동 활용 장비

가속기 부품 개발 시설



CNC 공작기기

- 선반
- 밀링
- 복합기
- 절단기
- 홀가공기



레이저 마킹기



비드 풀 테스트
(가속관 계측)



레이저 절단기
3D 프린터



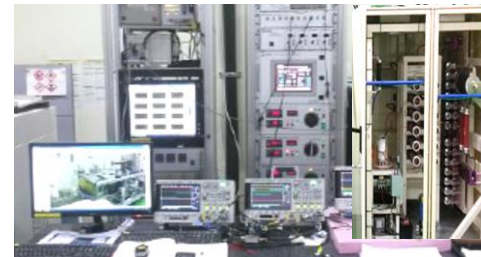
진공 브레이징 시스템



진공용접 진행

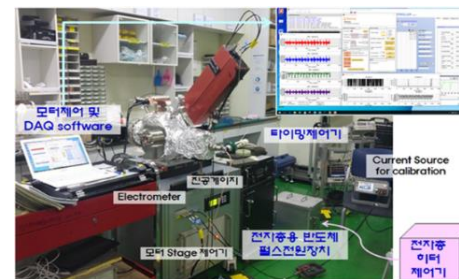


누설 시험



고압펄스 모듈레이터

- PFN 모듈레이터
- 반도체 모듈레이터



전자총 시험-검증 장치



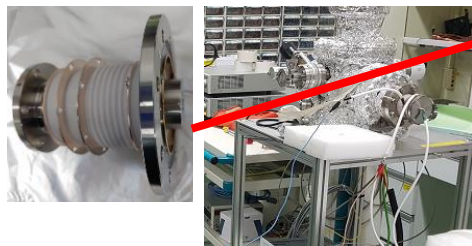
전자회로 작업실

가속기 연구분야 주요 연구 내용

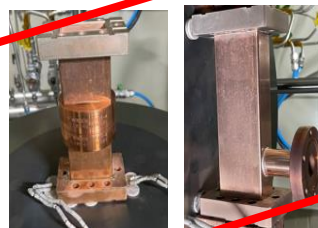
가속관 제작(가공,조립,용접,계측,시험)



전자총 제작



RF 부품 제작



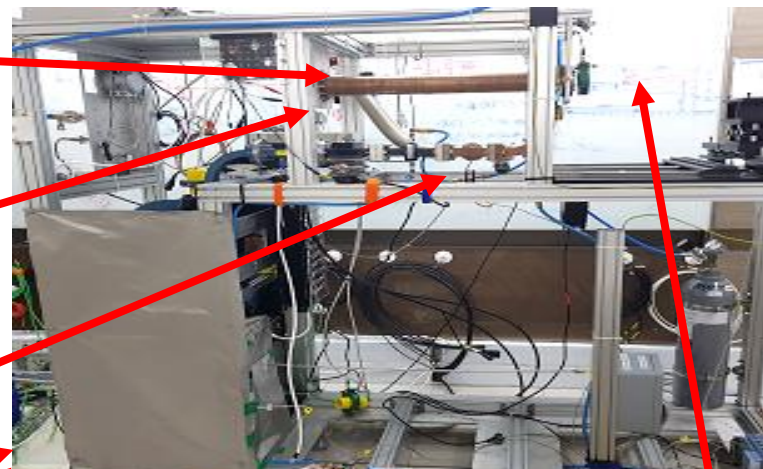
고압펄스 모듈레이터



Electronics & Interface

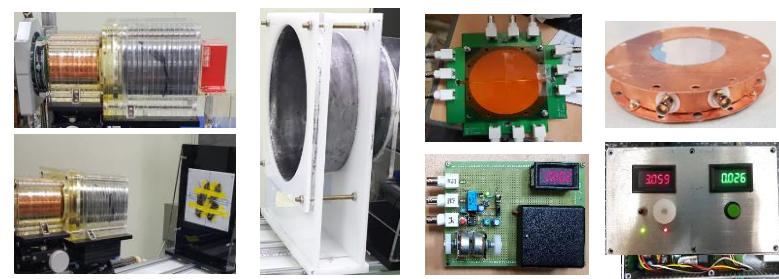


연구용 전자가속기 제작 (성능강화, 빔조사 연구)



- 2006년 LINAC-1 완성 (물리·생물·임상연구용 - 가동중)
- 2021년 LINAC-2 완성 (FLASH임상연구용 - KINS 심사중)
- 2023년 LINAC-3 계획 (실험조사용)

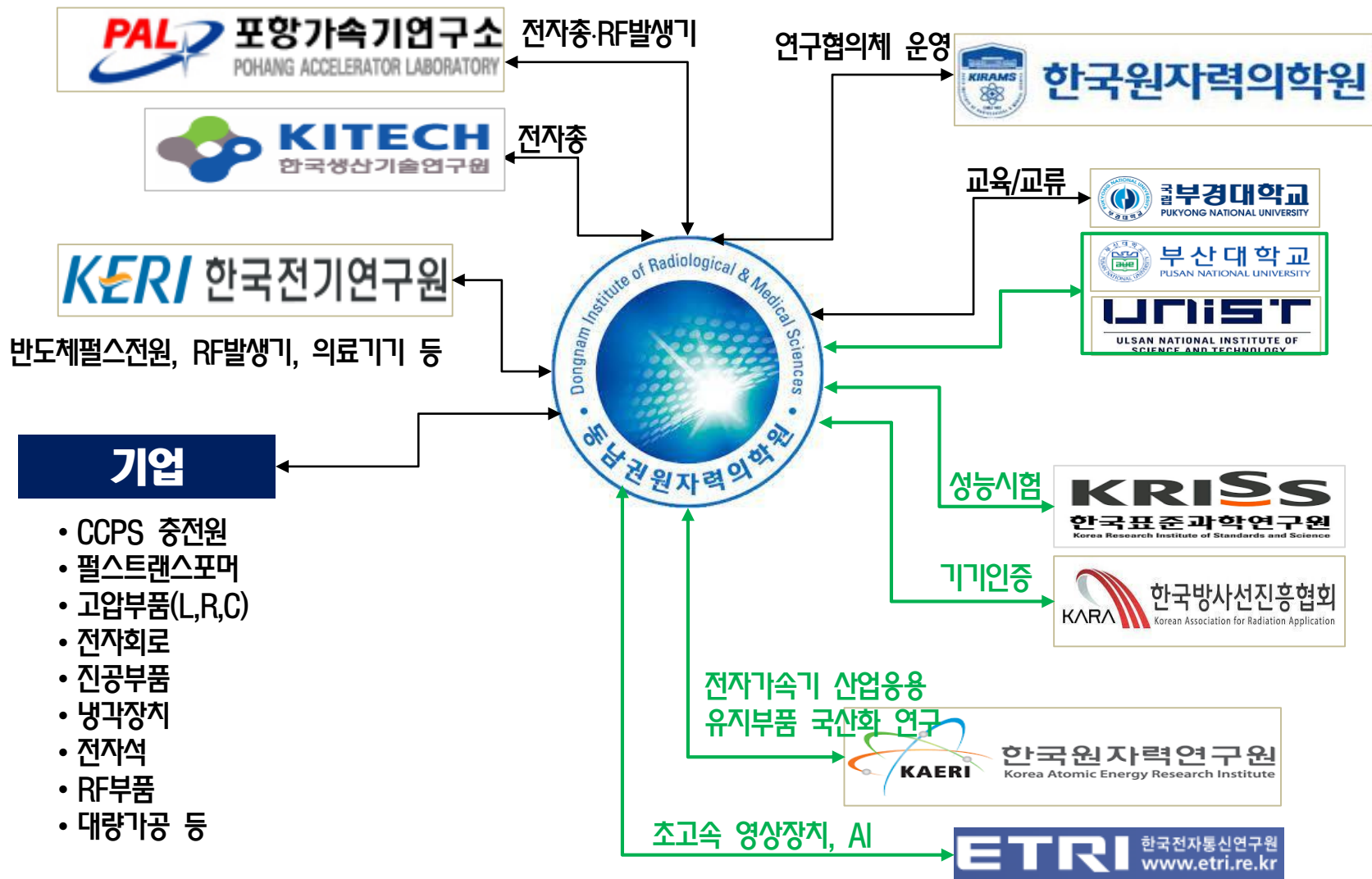
방사선 조사를 위한 실험 기구, 계측/모니터링 장치





— 현재
— 향후

의료용 선형가속기 협력 체계(현재, 향후)



연구 환경 (※ 소형가속기 개발 연구자 관점)

- **(인식)** 전기+전자+기계+재료+SW+방사선+의료용품+...의 융합 기술로 구성
➔ 대형가속기보다 유사 또는 복잡한 구성이나 소형가속기(소규모)라는 인식으로 연구비·인력충원 어려움
- **(인력)** 대학, 대학원 등에 교육과정 없어 전문인력 확보 어려움
➔ 연구원, 대학원생 모집에 지원자 극소, post-doc 5년 제한으로 경력 post-doc 채용도 어려움
- **(협력)** 연구사업(연구비) 없이 연구소간, 기업간 협력 어려움
➔ 세계 최초 또는 신기술이 아니라는 점으로 연구사업 지원 어려움
- **(개발시설)** 차폐실, 고압실 등 특수 연구시설 필요
➔ 연구공간 구축이 시설구축 사업으로 분류되어 예산 받기 어려움
- **(행정소요)** 방사선기기 허가, 의료기기 허가, 치료기기 조건에 대한 법적/행정적 요소가 많음
➔ 지원체계가 없어 연구자들의 직접 해결하는 관계로 행정소요 발생

국내 대형 가속기 구축 현황

코로나 바이러스 업데이트 CORONAVIRUS OUTBREAK **동아사이언스**

과학 인간 테크 환경·자연 생활 정책 하이테크 기업 사람들 오피니언 뉴스검색

1조5000억원짜리 중이온가속기 구축사업 또 '빼걱'...일정 연장 불가피

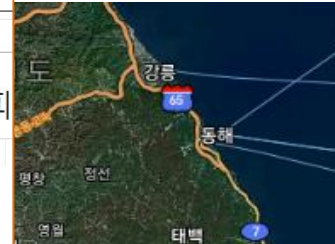
2020.09.17 20:59

연말 시운전 불가능 내년 완공도 불투명...이미 두 차례 연기, 사업관리능력 도마에



울이온가속기(RACIN) 시설 조감도. 기초과학연구원(IBS) 제공

우주 생성의 근원을 입자 수준에서 탐색하고 자연계에는 존재하지 않는 희귀 동위원소를 찾아내는 등 기초과학 경쟁력을 가늠하는 잣대로 여겨지는 중이온가속기 '라온' 구축 사업이 또다시 빼걱대고 있다.



코로나19 전현직과학기술인 **The Science Times**

과학기술 과학정책 과학문화 과학기술인 기획·칼럼

과학기술 전체 기초·응용과학 보건·의학 항공·우주 자연·환경·에너지 신소재·신기술

‘꿈의 암 치료기’ 중입자 가속기 도입 사업 차질

2014.09.15 08:29 | 연합뉴스 제공

‘꿈의 암 치료기’로 불리는 의료용 중입자 가속기를 국내 처음으로 부산 기장군에 도입하는 사업이 차질을 빚고 있다.

4년 만에 기종을 변경하는 바람에 사업기간을 애초 계획보다 1년 연장했으나 예산확보도 불투명해져 이마저도 달성할 수 있을지 우려된다.

또 아직 운영주체가 결정되지 않았고, 인접한 동남권원자력의학원과의 협력체제도 구축되지 않아 사업이 ‘장기간 표류하는 게 아니냐’는 걱정이 높아지고 있다.

◇ 사업 착수 4년 만에 기종 변경...다시 설계 중



치료용 선형가속기 개발의 가능성



**치료용 선형가속기
국내 약 200대 가동중**
(Since 1972~)

- **치료용 전자가속기 개발은 대형가속기 구축 사업과 차별**
 - 기 알려진 기술의 국산화
 - 충분한 사용 경험과 의료기술 확보된 상태에서 추진
 - 대규모 예산이 소요되지 않음
- **첨단 고급형 치료기 개발 추진 가능**
 - 세계 수준 영상 및 전자/IT기술 보유
 - 전국 100여개 기관 수입 최신 장비/기능 활발히 사용중
 - 의학물리전문인 200명 이상 치료기 성능 평가 기술력 보유

출처: History of Radiation Therapy Technology, 한국의학물리학회 2021



사업 제안

- **소형가속기 부품 국산화 사업**

- 기계가공분야: 가속관, 전자총, 마그네트론, 클라이스트론, 서큘레이터 및 RF 유닛
- 전기전자분야: 고압펄스전원장치, 단위모듈, 진공, 냉각, 제어장치 등

- **국산 부품 기반 보급형 가속기 개발 사업**

- 중저에너지 전자빔 발생 가능하며 다용도 활용 가능한 저가형 전자가속기
- 교육연구(인력양성용)에 특화된 가속기 패키지 개발사업

- **가속기 인력양성 센터 구축 (학연산 협력)**

- 부품설계, 종합설계, 제작, 조립, 시험, 운영, 유지보수 및 빔 활용 분야 가속기 종합 훈련소

- **방사선기기 실용화 지원 센터 구축**

- 시설검토, 사용허가, 설계승인 등 방사선기기에 특화된 제품화 및 사업화 기술 행정 지원

감사합니다.