

혁신적 암치료를 선도하는
세계 방사선의학의 중심

의료용중입자가속기 소개

Contents

목차

1. 의료용중입자가속기 설명
2. 한국원자력의학원 소개
3. 의료용중입자가속기 사업개요

의료용 중입자가속기

목적

: 방사선 치료와 진단


대상

: **중**(무거운 중) 입자=질량이 무거운 입자

수단

: 중입자를 가속하는 장치

중입자를 가속하여 방사선 암 치료에 활용

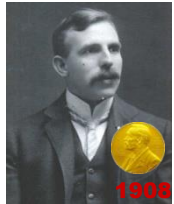


대상
중(重)입자란 무엇일까?

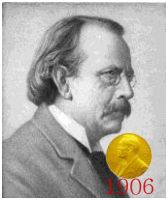
세상은 무엇으로 구성되어 있을까 ?



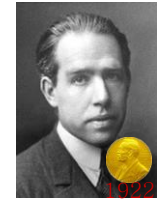
1867-1934
Maria Curie



1871-1937
Ernest Rutherford

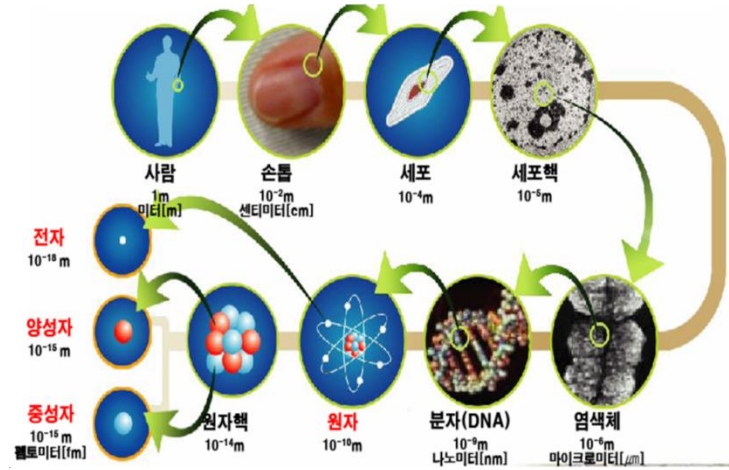


1856-1940
J.J. Thomson

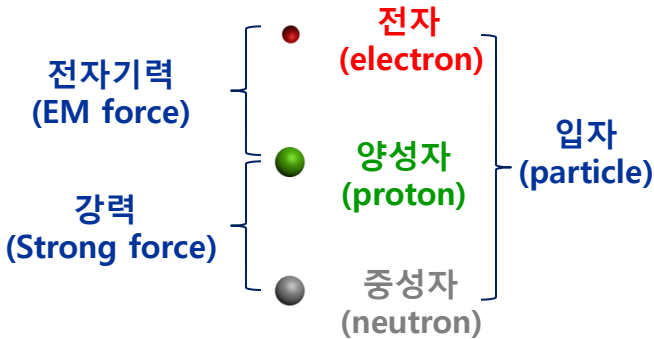
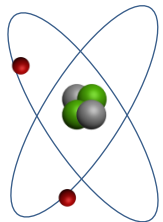


1885-1962
Niels Bohr

20C 과학의 성과



• 모든 물질은 여러 가지의 원자로 구성
원자는 양성자, 중성자로 구성된 원자핵과 그 주위를 도는 전자로 구성



공통점	크기	질량	전기적 성질
	전자 < 양성자 = 중성자	전자 < 양성자 = 중성자	전자 (-), 양성자(+), 중성자 (X)
	10^{-18} m 10^{-15} m	0.5MeV 938MeV	

중입자(Heavy Ion)란 무엇일까?

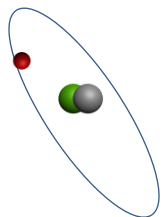
물질은 여러 가지 원자로 구성



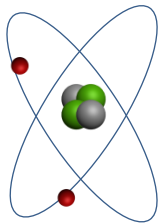
1834-1907
Dmitri Mendeleev

Periodic Table of the Elements

1	2											10					
H	He											He					
3	4											10					
Li	Be											Ne					
11	12											18					
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar					Ar					
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113					
Fr	Ra	+Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	Hs	Mt	110	111	112	113					
		* Lanthanide Series															
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		+ Actinide Series															
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		



수소원자
(p, n 1개, e 1개)

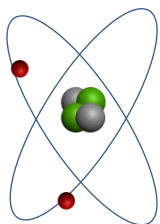


헬륨 원자
(p, n 2개, e 2개)

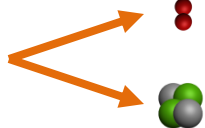
원자는 전기적으로 **중성**



이온화 (Ionization) 원자에서 전자와 원자핵 분리



헬륨 원자



이온 (Ion) 원자핵은 **양이온**, 전자는 **음이온** (일반적으로 이온=양이온)

중(重)이온 (Heavy Ion) 수소이온보다 무거운 이온 (헬륨, 탄소, 산소 등)

중(重) 이온=중입자 (Heavy Ion)

의료용 중입자가속기는 **탄소 이온 가속**



탄소 이온
양성자 6개 중성자 6개
질량은 양성자에 비해 12배

의료용 중입자가속기의 대상

의료용 중입자가속기는

중성인 탄소원자에서

전자를 분리시킨 후 (=이온화)

양의 성질을 갖고 있는

6개의 탄소 이온을 가속



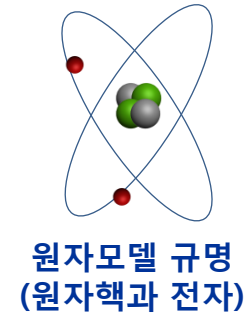
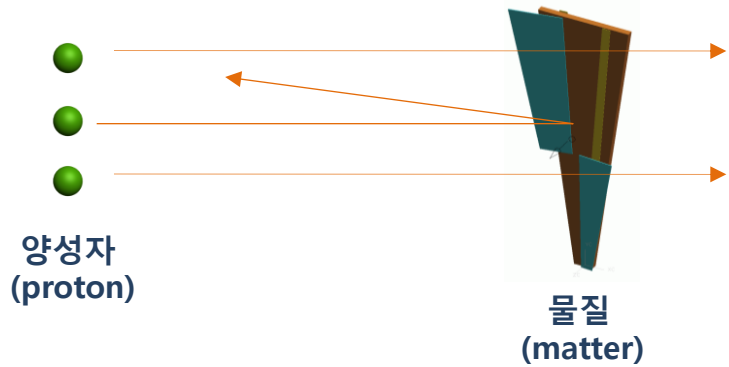
수단

가속기란 무엇일까?

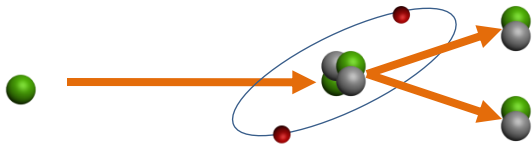
입자를 가속해서 무엇을 할까 ?

입자가속 : 속도 증가 = 에너지 증가

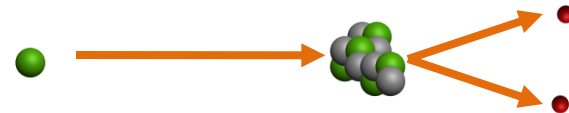
예) Rutherford 의 산란 실험



예) 물질의 핵반응 연구



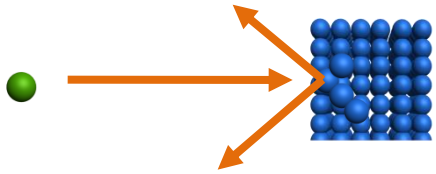
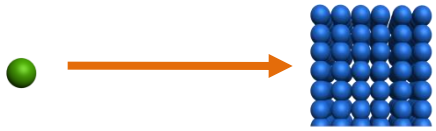
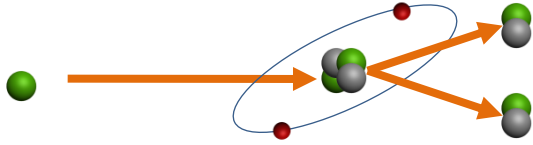
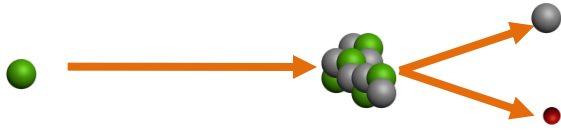
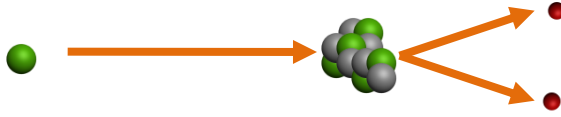
예) 고에너지 소립자 연구



- 입자가속은 : 물질의 미시세계를 이해하고 분석조작하기 위함

가속에너지에 따른 물질의 기본반응

- 가속입자의 에너지에 따라 물질의 기본 반응은 크게 5가지 구분

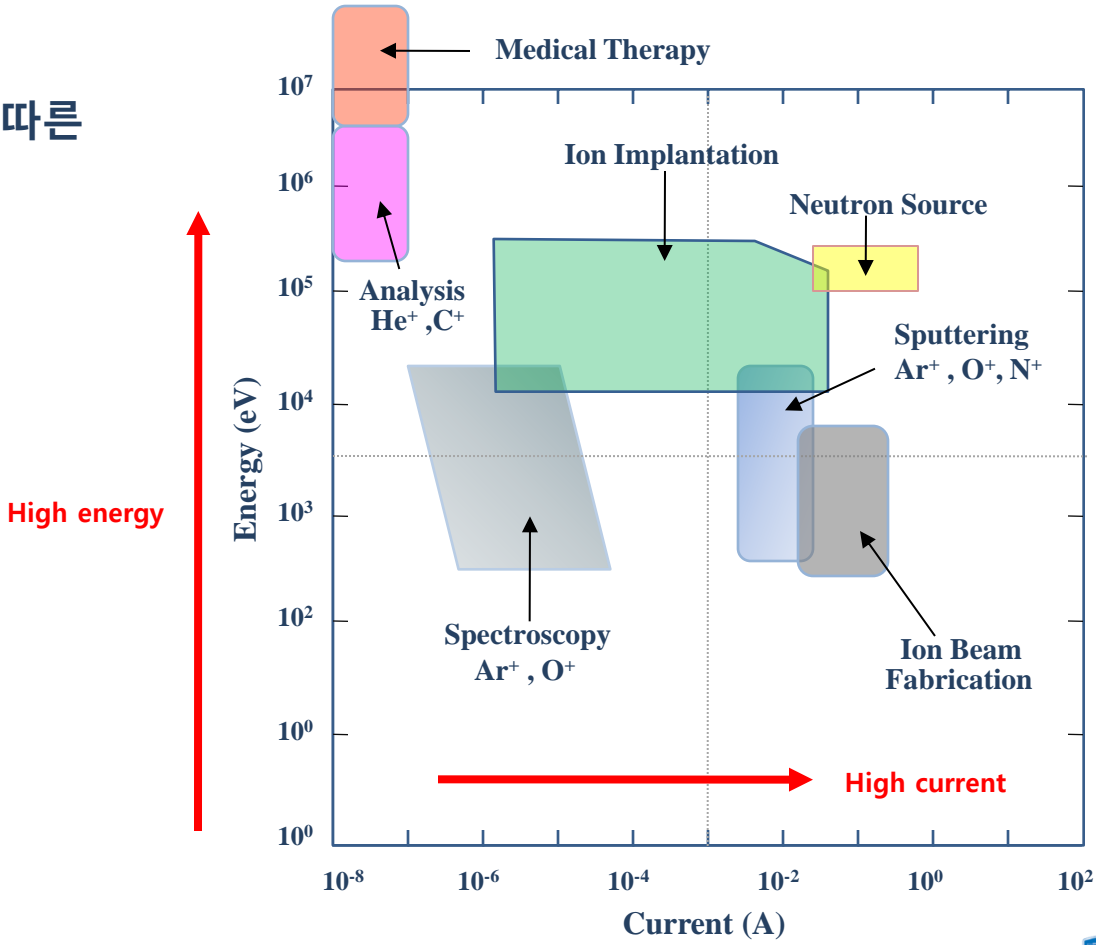
입자에너지		기본반응	주요연구
~ 1KeV		Sputtering 물질표면의 원자를 날개로 분리	박막가공 나노가공
~ 10KeV		Implantation 물질 속에 투여하여 물질구조와 성질변화	표면 개질 나노결정 반도체 도핑
~ 100MeV		Nuclear Reaction 물질의 원자핵과 반응하여 새로운 원소 생성	신종 유전자원 RI 생산 방사선 치료기기
~ 10GeV		Spallation 무거운 원자핵을 쪼개서 가벼운 원자 또는 중성자 생성	중성자원 신종 RI 생산
~ 100GeV		소립자 연구 원자핵 속의 양성자 중성자를 쪼개 소립자 생성	신종 소립자 탐색 핵 및 고에너지 물리

가속 에너지만 고려하면 되나 ?

• 가속기 관련 특성단위

- 1) 에너지 : eV, KeV(10^3 eV), MeV(10^6 eV), GeV(10^9 eV), TeV(10^{12} eV)
- 2) 빔 전류 : mA(10^{-3} A), μ A(10^{-6} A), 1A= 6.25×10^{18} 개/sec
- ➡ **빔 power(에너지 X 빔전류) : W, KW, MW**

• 빔 power (에너지, 전류)에 따른 활용분야



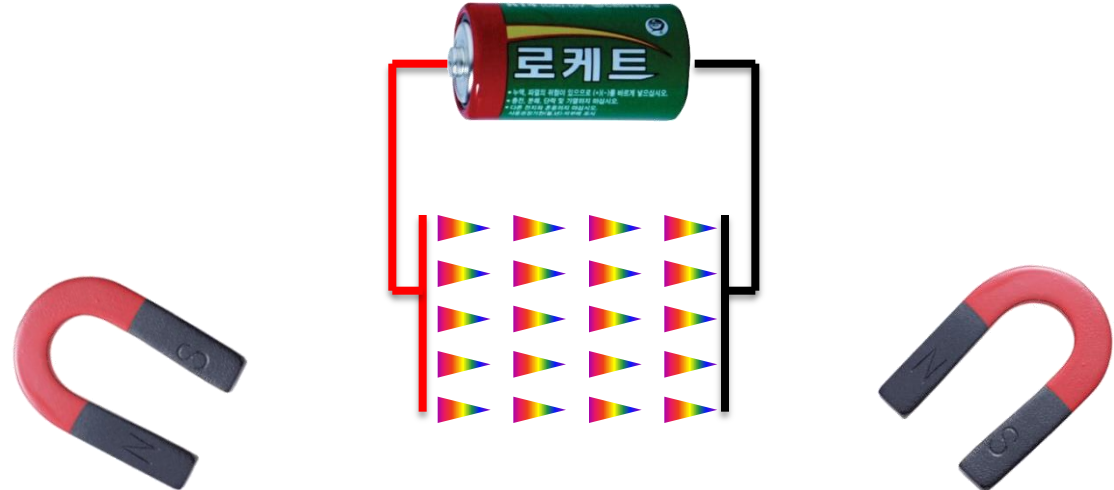
입자가속의 기본원리-1

•가속원리 : 하전입자를 전기와 자기의 힘으로 빛의 속도(30만 km/s)에 가깝게 가속

$$\text{Lorentz Force : } \frac{d\vec{p}}{dt} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

에너지 이득
에너지 이득 없이 방향만 변경

전기장을 이용한 가속 (속도 변화)



자기장을 이용한 운동 방향 변화

+

입자가속의 기본원리-2

가속의 기본원리는 전기장과 자기장을 이용

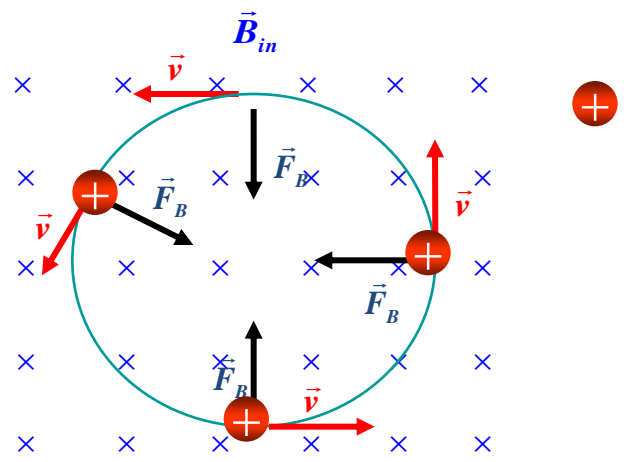
→ Magnetic field & Electric field

- Magnets
 - ◆ Dipoles
 - Keep particles on circular orbit
 - ◆ Quadrupoles
 - Limit the divergence of the beam (beam stability)
 - Focus beams on interaction points to obtain high luminosities
- RF Cavities (전기장 역할)
 - Boost particles at each turn

입자가속의 기본원리-3

Role of Magnets

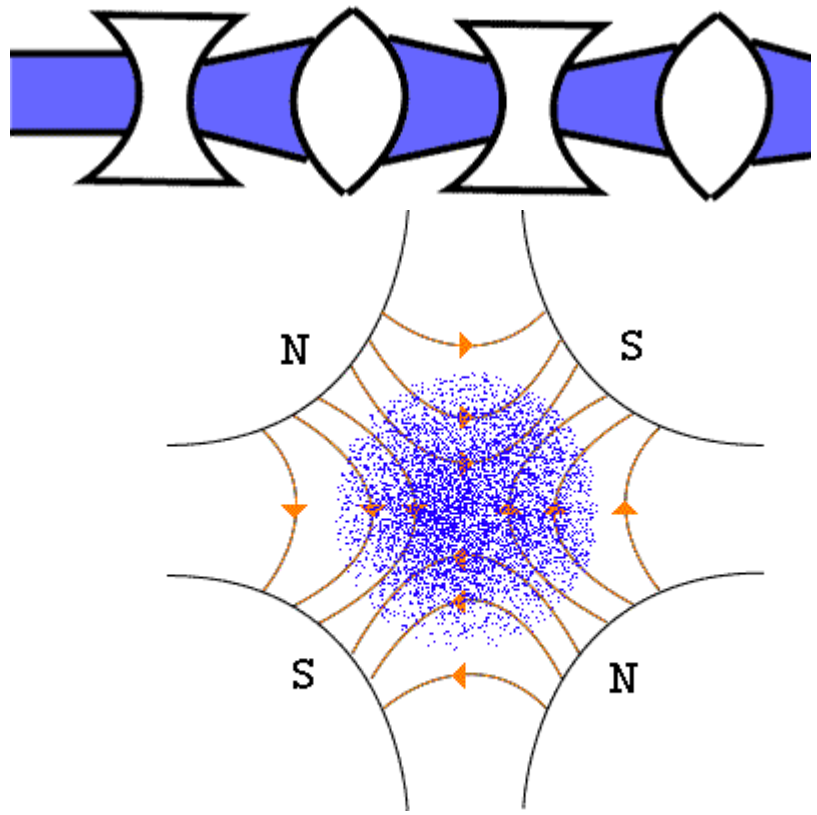
Dipoles(2극자석)



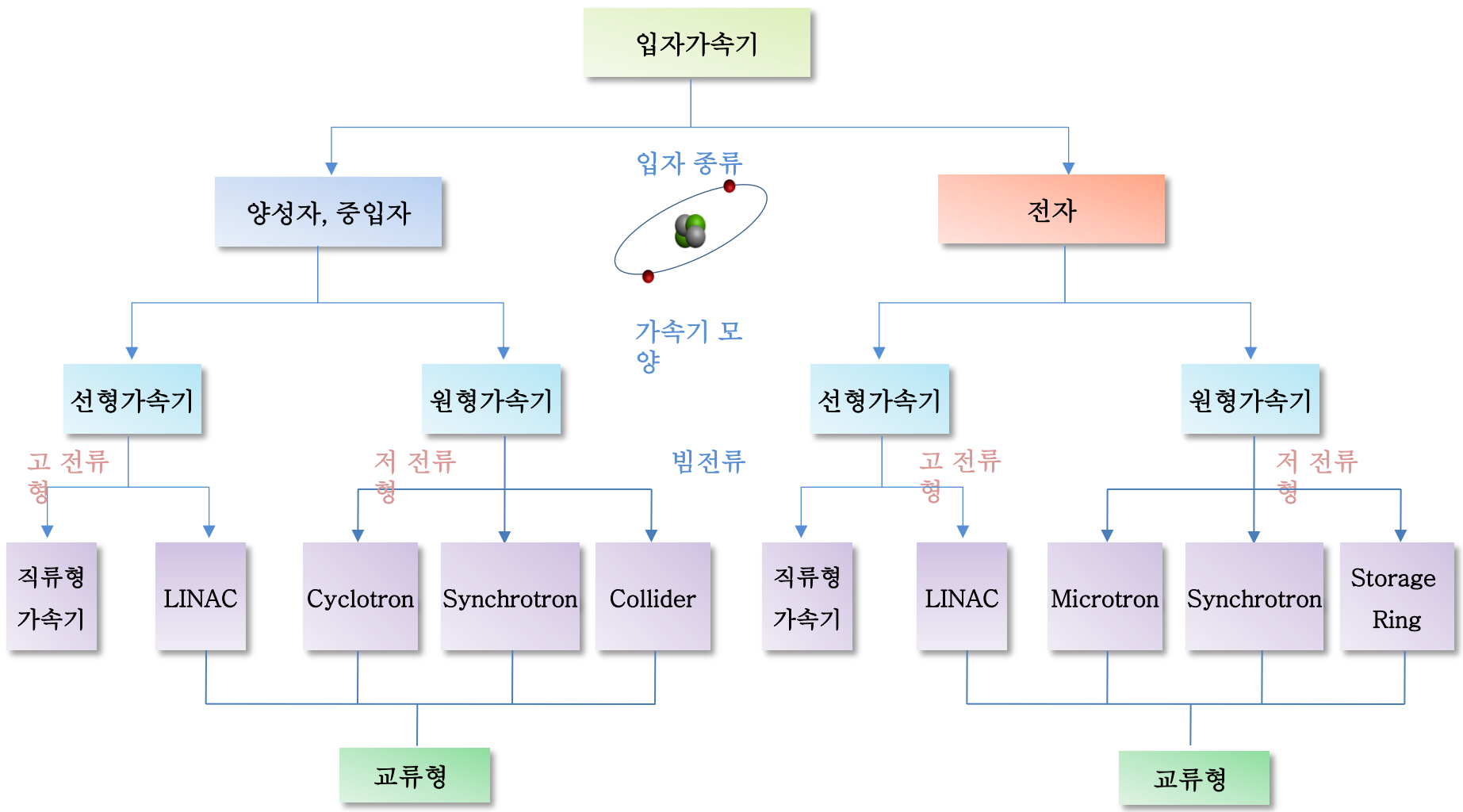
$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$F_B = qvB \sin 90^\circ = qvB = \frac{mv^2}{r}$$

Quadrupoles(4극자석):
Alternate gradient or strong focusing

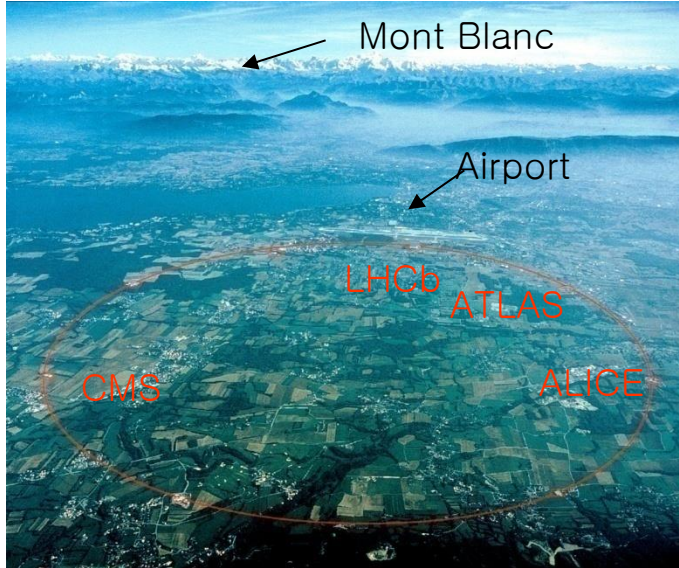


입자가속기 종류

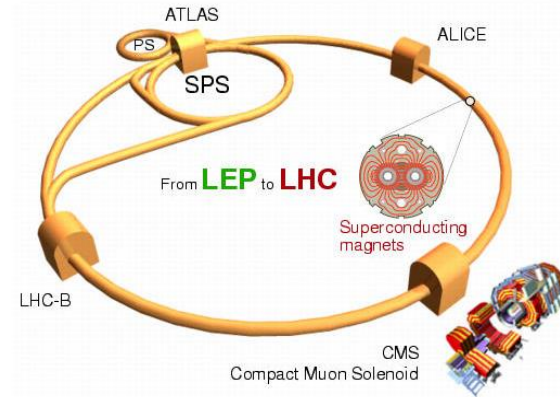


Synchrotron: 대표적 예 (스위스 CERN LHC)

Large Hadron Collider (LHC)

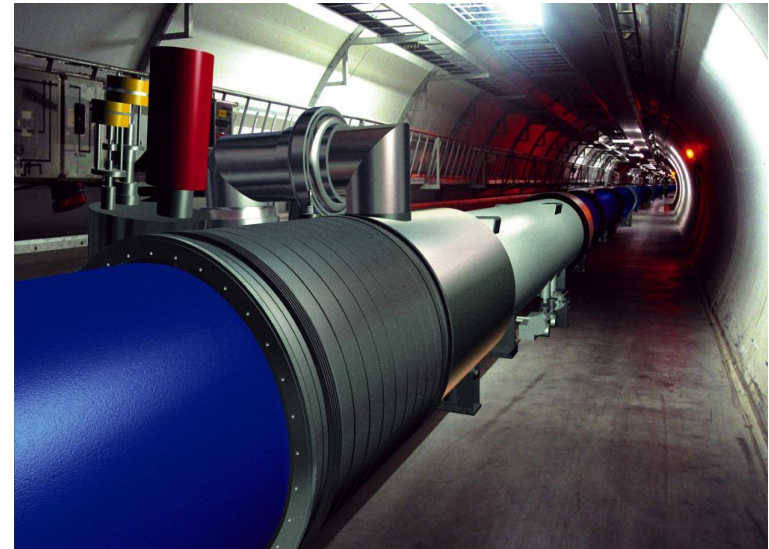
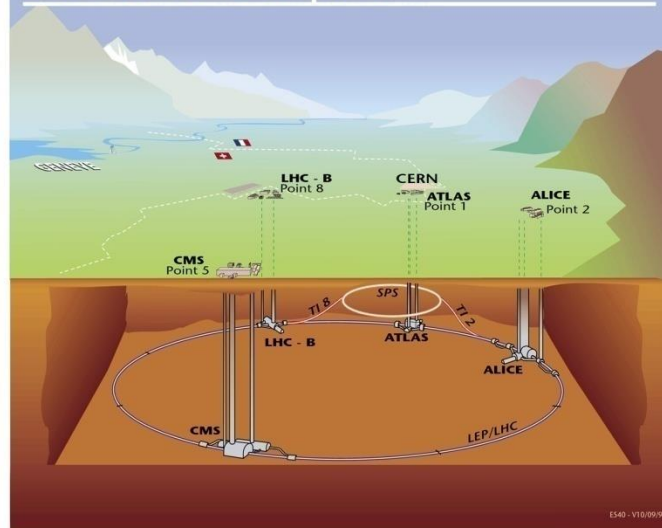


The Large Hadron Collider (LHC)



	Beams	Energy	Luminosity
LEP	e+ e-	200 GeV	$10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
LHC	p p	14 TeV	10^{34}
	Pb Pb	1312 TeV	10^{27}

Overall view of the LHC experiments.



LHC 실험목적

Particle Physics Mysteries

1. Mass of leptons and quarks

→ Higgs Boson ?

2. Number of leptons and quarks

→ Why 6 quarks, 6 leptons ?

3. Fermion-Boson pairs

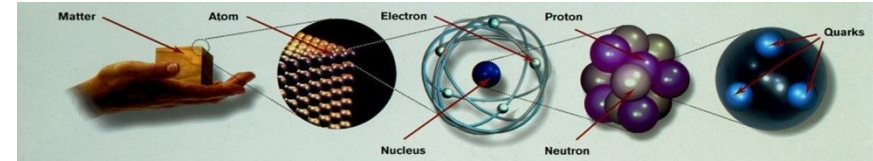
→ Supersymmetry ?

4. Number of interaction

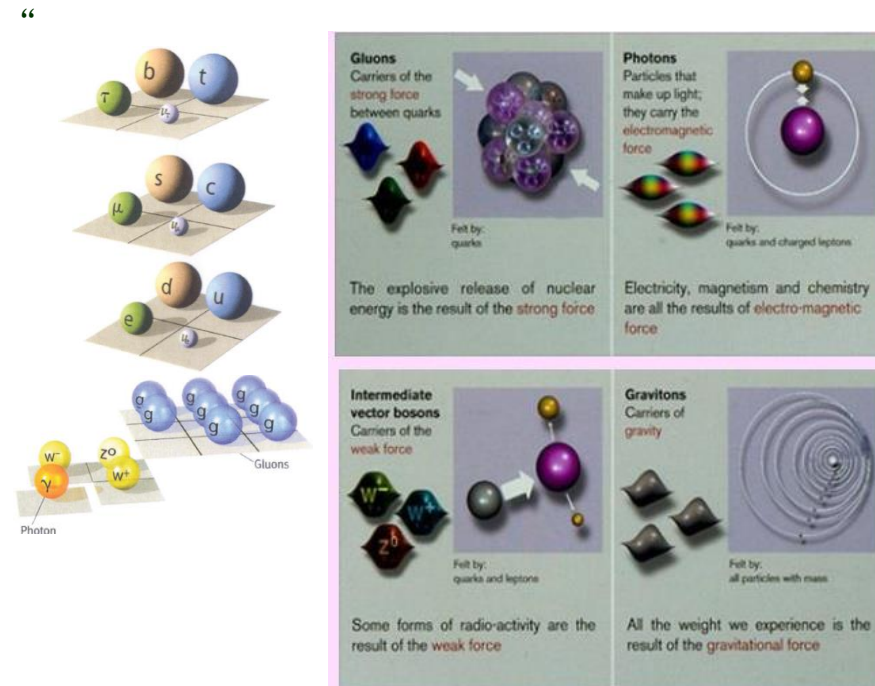
Gravitation, EM, Weak, Strong

→ Unification ?

“ Matter is made of atoms “

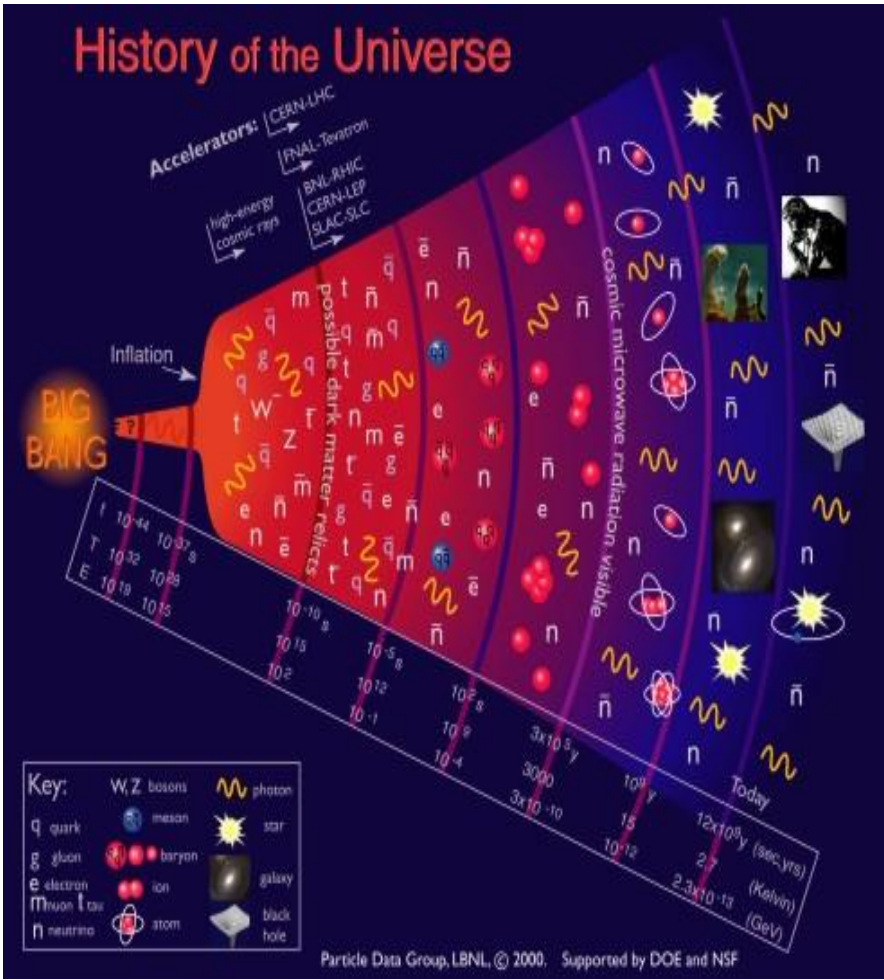


“ Atoms are made of leptons and quarks “

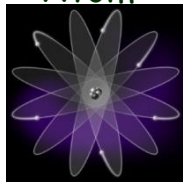


LHC 실험목적

Why Accelerator particles



Atom

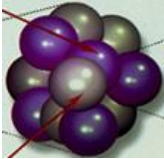


$T \approx 10,000K$

→ Ions, Electrons

$E = 1eV$

Nuclei

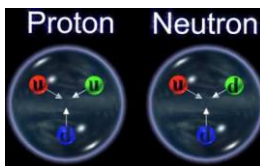


$T \approx 60 \times 10^9 K$

→ proton, neutron

$E = 5MeV$

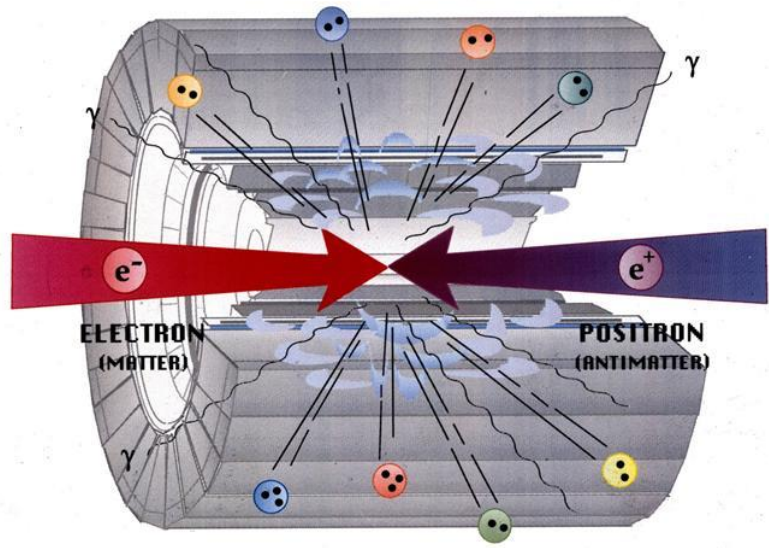
Nucleons



$T \approx 2 \times 10^{12} K$

→ quarks, gluons

$E = 200MeV$



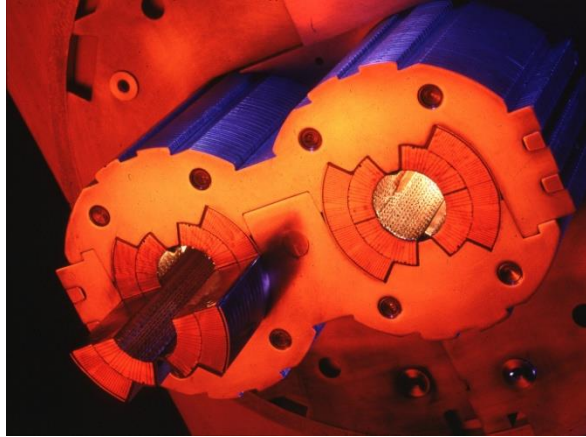
Connection via service module and jumper

1232 main dipoles

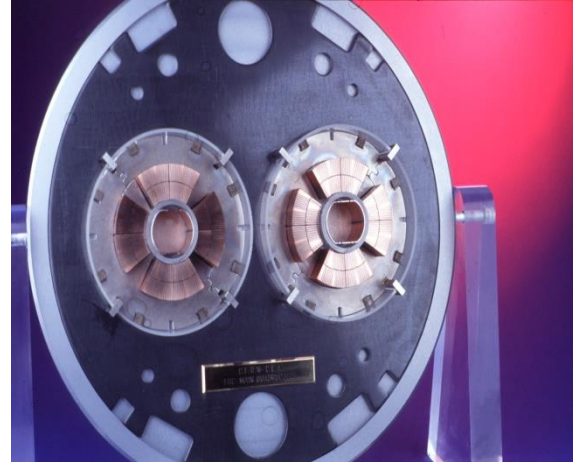
392 main quadrupoles

Supply and recovery of He with 26 km long cryogenic distribution line

가속장치 예(LHC 실험)

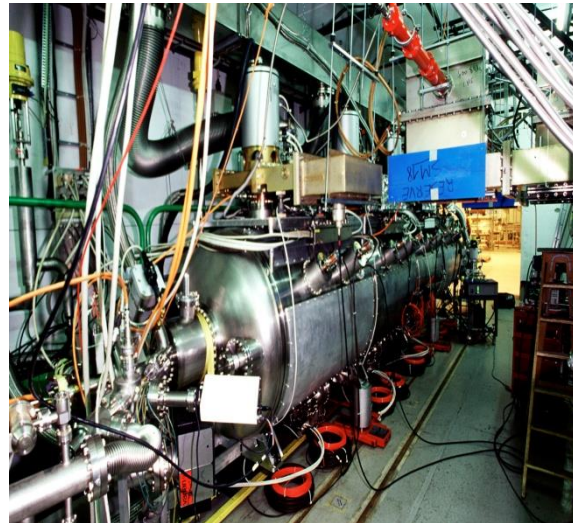


1232 Dipole magnets
Length about 15 m
Magnetic Field 8.3 T



392 quadrupoles

RF Cavity



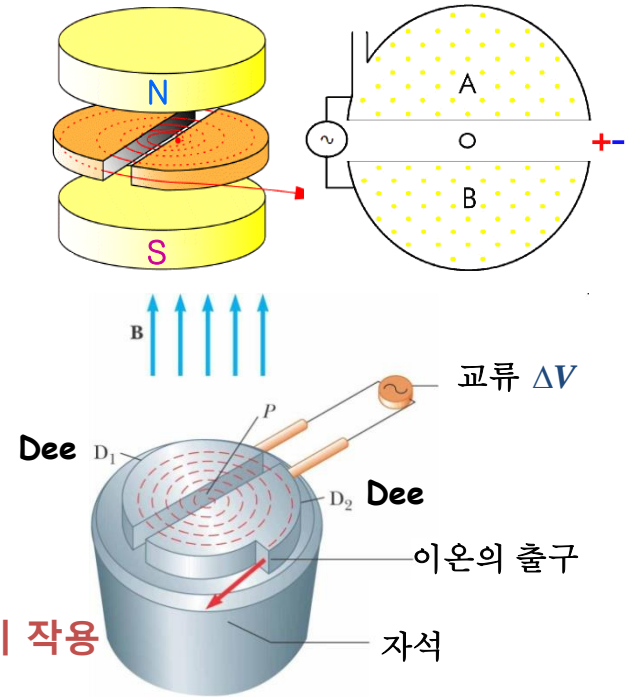
- 400 MHz
- 16 super conducting cavities

Cyclotron 기본원리-1

•사이클로트론 (Cyclotron)

대전 입자를 매우 빠른 속도로 가속시킬 수 있는 장치로써 많은 병원에서 진료와 치료목적으로 방사성 동위원소 생산에 사용된다.

- ㉠ 이온은 Dee라고 부르는 장치에서 가속 (D_1, D_2)
- ㉢ Dee의 내부는 공기 충돌에 의한 에너지 손실을 없애기 위해서 진공 처리
- ㉣ 극성을 변화할 위한 고주파의 교류전압이 Dee에 작용
- ㉤ 이온의 원궤도 운동을 위해 전자석으로부터 Dee에 수직인 자기장이 작용
- ㉥ D_1 의 반원을 운동하기 위한 시간은 $T/2$



$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$$

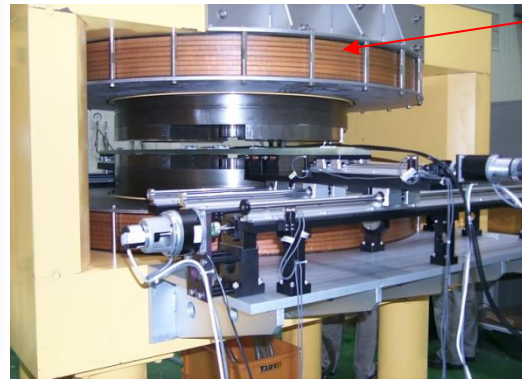
Cyclotron 기본원리-2

- ㉠ T/2 마다 D_1 과 D_2 의 극성을 바꾸어 준다.
- ㉡ 이온이 D_1 과 D_2 사이를 통과 할 때 마다 이온의 에너지는 $q\Delta V$ 만큼 증가
- ㉢ Dee 반경이 R인 사이클로트론의 이온 출구에서 운동에너지 :

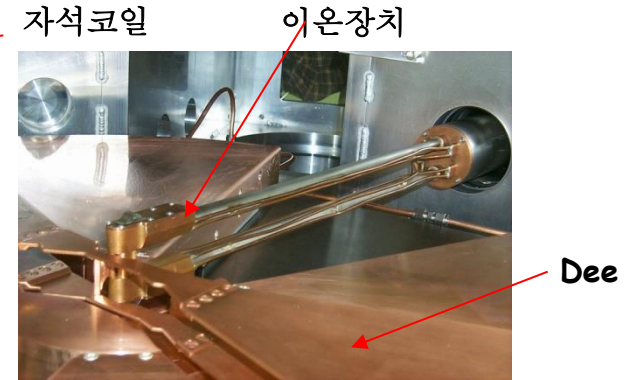
$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{qBR}{m}\right)^2 = \frac{q^2B^2R^2}{2m} \quad \therefore v = \frac{qBR}{m}$$



KIRAMS-13
사이클로트론



자기장 장치



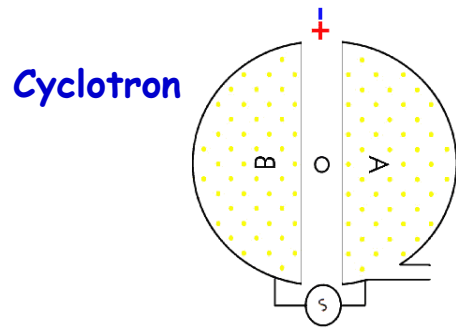
자석코일

이온장치

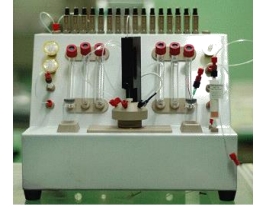
Dee

자기장내부

Cyclotron 기본원리-3



Target



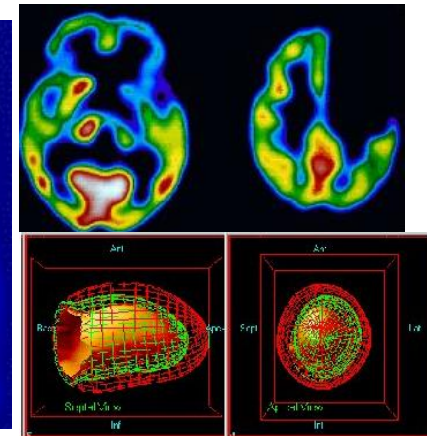
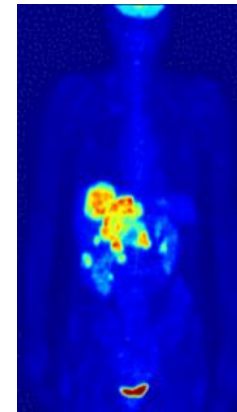
방사성동위원소 생산
(FDG 합성장치)

핵의학물리 (Medical Nuclear Physics) : 암 진단

방사성동위원소를 인체에 투여하여 장기의 기능을 영상으로 표현

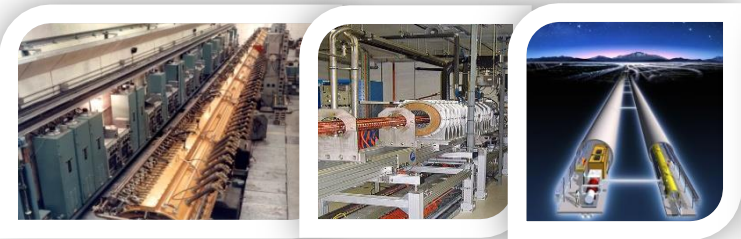
PET (Positron Emission Tomography) : F18-FDG

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) : Tc-99m

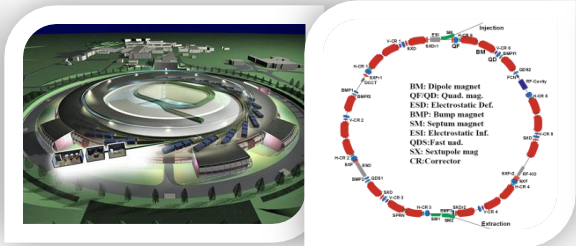


가속기 형태별 장단점 비교

선형가속기



싱크로트론



사이클로트론



형태 분류	장 점	단 점
선형가속기	연속적인 형태로 가속하기 때문에 대 전류 입자 가속이 가능 (= 입자의 개수 늘릴 수 있음)	에너지를 높일 수록 가속관이 점점 더 길어짐
싱크로트론	입자를 반복 가속할 수 있어 에너지를 높이는데 유리함 (CERN의 LHC 는 약 7 TeV/u)	같은 궤도를 돌며 가속하기 때문에 연속적이지 못하여 대 전류 입자 가속이 불가능
사이클로트론	<ul style="list-style-type: none"> 대 전류 입자 가속 가능 입자의 반복 가속 가능 	제작 가능한 전자석 크기의 기술적 제한으로 에너지를 높이기 어려움

국내 대형가속기 시설현황

서울 원자력의학원

- 50MeV, 60 μ A 양성자 Cyclotron
- 주요 활용분야
 - 방사선동위원소, 핵물리, 방사화학
 - 방사선의학, 생명공학, 식물육종
- 이용자 수; ~400명/년



경주 양성자사업단

- 100MeV, 20mA 양성자선형가속기
- 주요 활용분야
 - 물질표면 개질, 반도체가공
 - 신종 유전자원, 나노가공, 기초과
- 2012년 완공, 20MeV 빔 인출



과학비즈니스벨트

- 200MeV 중이온선형가속기, Cyclotron
- 주요 활용분야
 - 기초과학, 재료과학
 - 방사선동위원소
- 2017년 완공계획, 위치 세종시

대전 지질자원연구원

- 1.7MV, 1MV, 500KV Tandem
- 주요 활용분야
 - 이온주입, 이온분석 (PIXE, RBS)
 - 연대측정, 핵자료 계측
 - 마이크로 빔가공



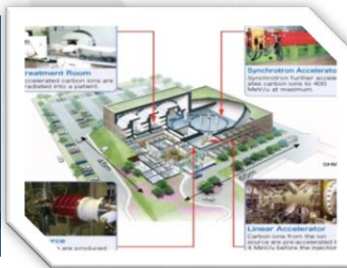
포항 방사광가속기

- 2.5 GeV 전자선형가속기, 방사광 저장링
- 주요 활용분야
 - 물질, 단백질, 극미량 원소 분석연구
 - 반도체 식각, 촉매연구
- 이용자 수; ~1600명/년



부산 중입자치료센터

- 430MeV 중입자가속기
- 주요 활용분야
 - 암치료, 방사선임상의학,
 - 생명과학, 우주인체, 검출기 특성
- 2016년 완공, 예비타당성 조사 진행 중



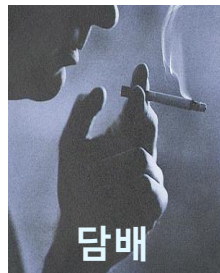


목적

중입자치료란 무엇일까?

암은 어떻게 생기는 걸까 ?

암의 발병 원인은 아직 완벽하게 밝혀져 있지 않으나
유전적인 요인보다는 환경적 요인이 80~90% 관련 있음

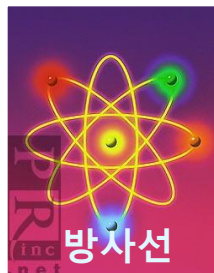
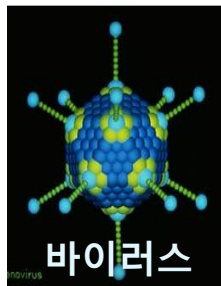


DNA 바이러스

- 파필로마
- B형간염
- 헤르페스

RNA 바이러스

- T세포백혈병
- C형간염



다원환 방향족
탄화수소류
방향족 아민류
나이트로스아민류

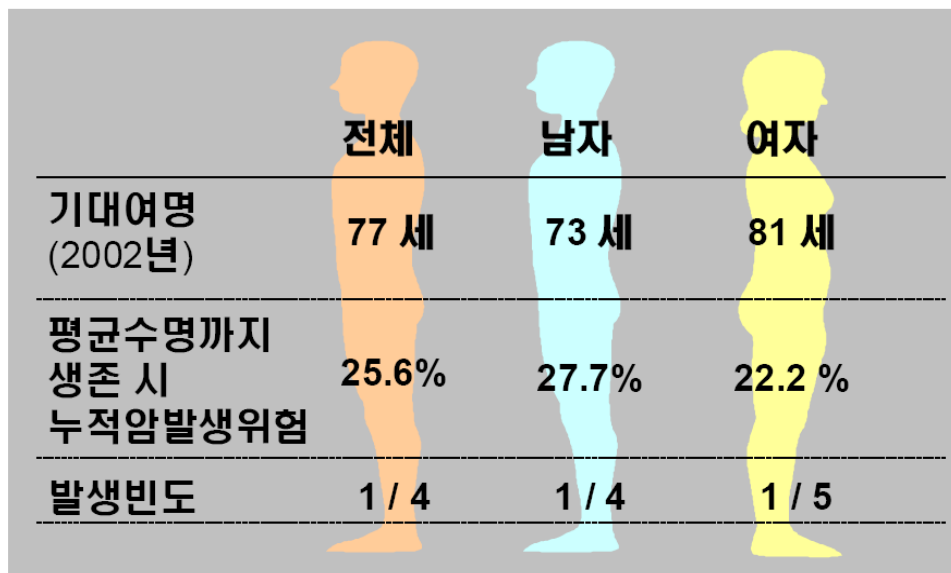


암은 남의 일 ?



- 암은 이미 개인의 문제를 넘어서 범 사회적인 국민건강 문제로 발전 했고 국가뿐 아니라 세계적인 차원에서 문제를 해결해 나가야 함

평균수명까지 생존 시 암발생 확률 [1999~2002년]



출처) 통계청 2004

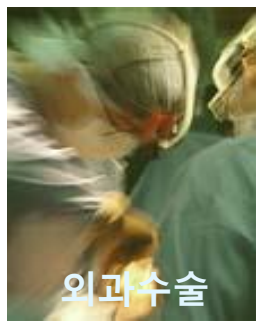
암(癌)치료 방법

외과수술, 방사선요법, 화학요법, 생물요법의 단독치료 또는 병행치료



방사선요법

이온화방사선은 활성 산소라디칼 생성하여 암세포 DNA절단 암치료



외과수술

우선적 고려
'외과적 암 제거 기술'
조기암 경우 효과 높음



생물요법제

단백질로 면역력 증가, 암관련 유전자 활용하여 암세포를 제거하는 항암제



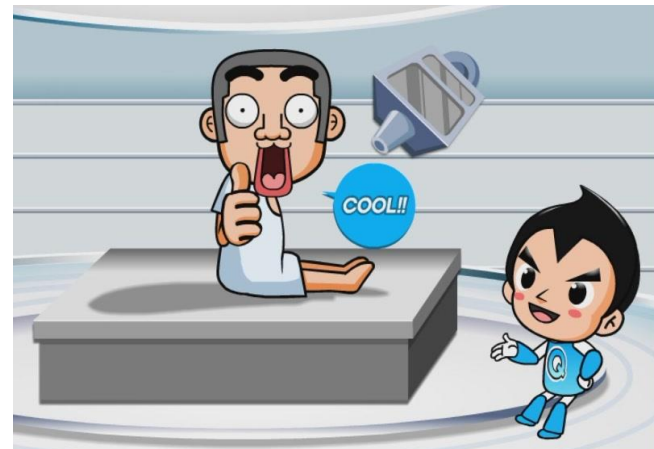
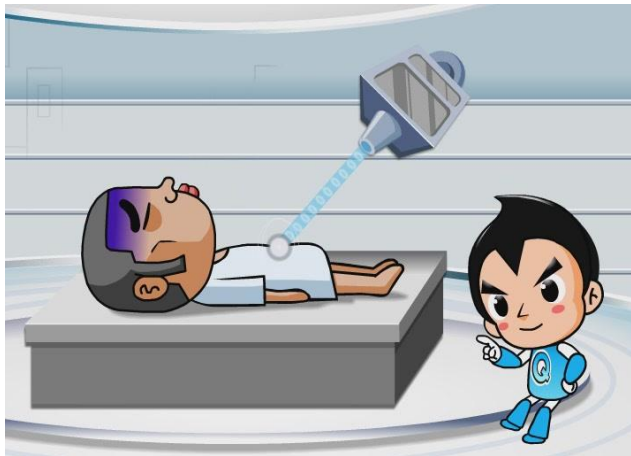
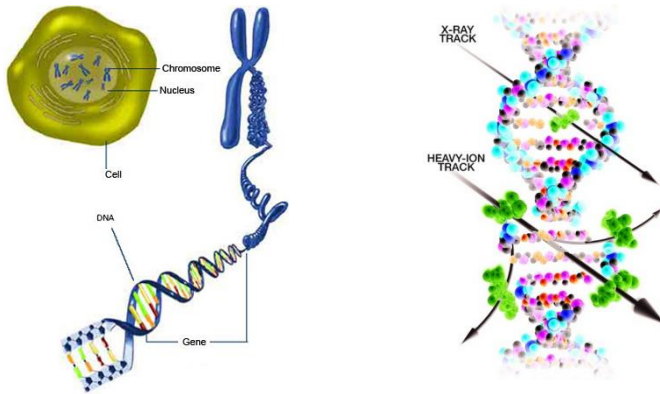
화학요법제

약물치료법

유기합성물로 암세포의 DNA직접작용
DNA의 복제, 전사, 번역, 핵산합성방해
암세포에 대한 세포독성 갖는 항암제

방사선치료의 원리

방사선 치료(radiation therapy)는
X-ray, gamma-ray, 중성자, 양성자, 중입자와 같은 방사선으로
세포내의 DNA를 파괴해서 암세포의 사멸을 유도하는 치료법



좋은 방사선치료란?

1 물리학적 측면 : 인체 깊이에 따른 입자 빔의 선량분포 (Depth-dose profile)

- Ideal case : 입자 빔이 인체 내에서 정상세포에는 적은 선량 암 세포 부위에는 많은 선량

2 생물학적 측면 : 상대적 생물학적 효과비 (Relative Biological Efficiency)

$$\text{RBE} = \frac{\text{동일한 생물학적 효과에서 입자의 흡수선량}}{\text{동일한 생물학적 효과에서 X선의 흡수선량}}$$

RBE = 

- Ideal case : 동일한 선량으로 암 세포에 큰 생물학적 변화(파괴)를 주는 입자

3 산소 증감비(Oxygen Enhancement Ratio, OER) 측면

- 저산소 세포(Hypoxic cell) : 산소를 적게 포함하고 있는 세포로 방사선에 강함

$$\text{OER} = \frac{\text{저산소 상태에서 생물학적 효과를 주기 위한 선량}}{\text{산소 상태에서 생물학적 효과를 주기 위한 선량}}$$

OER = 

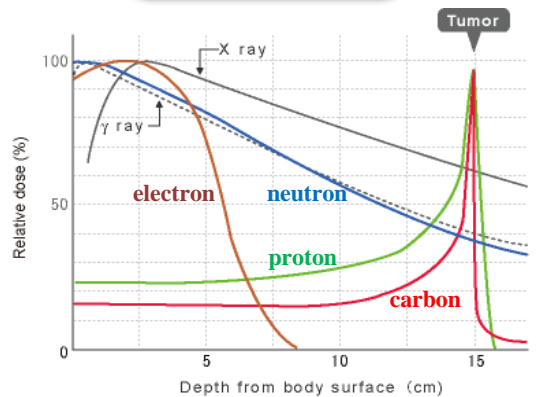
- Ideal case : 적은 선량으로 저산소 세포의 살상 효과가 큰 입자 빔

중입자 치료효율

중입자 치료

- 기존 X선, 중성자선, 감마선 치료보다 정상세포 손상율이 적어 부작용 최소
- 양성자선에 비해 3배 이상의 암세포 살상능력(RBE)을 갖고 있어 치료효율이 우수
- 기존 치료(양성자, X선 등)보다 환자 5년 생존율을 22.3% 향상 (일본, 독일 임상실험 결과, KDI 예비 타당성 조사에서 검증)

Bragg Peak 분포



생존율 향상

8대 난치성 암 치료효과 증대

5년 생존율 평균 22.3% 향상

암종

기존 방사선치료

중입자치료 (일본결과)

두경부암
폐암
간암
전립선암
골육종암
자궁경부암

38%
15%
19.3%
62%
10%미만
19.9%

88.5%
44%
35%
91%
46%
38%

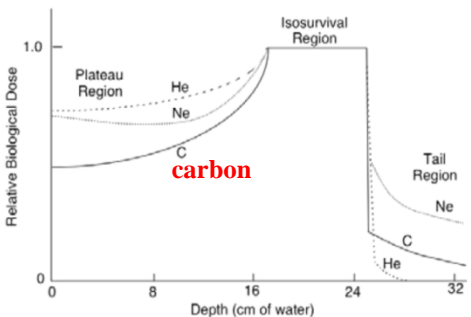


TABLE 1. RBE Values for Heavy Charged Particles vs. ⁶⁰Co Gamma Rays

Particle	Peak RBE	Plateau RBE	Peak to Plateau RBE Ratio
Proton	1.2	1.2	1.00
Helium	1.5	1.3	1.15
Carbon	1.8	1.2	1.50
Neon	3.0	2.3	1.30

RBE values for jejunal crypt cell survival [65]

글로벌 운영현황

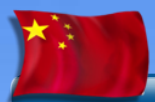
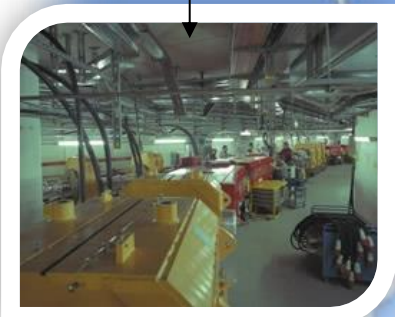
중입자 치료센터

- 운영 : 총 6개 센터 (일본 3, 독일 2, 중국 1)
- 추진 : 총 9개 (한국 1, 일본 2, 독일 1, 중국 1, 프랑스 1, 오스트리아 1, 이탈리아 1, 미국 1)

국제논문보고 : 최소 2,000만명/1개 필요



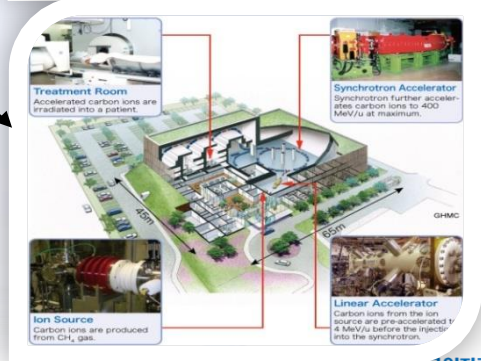
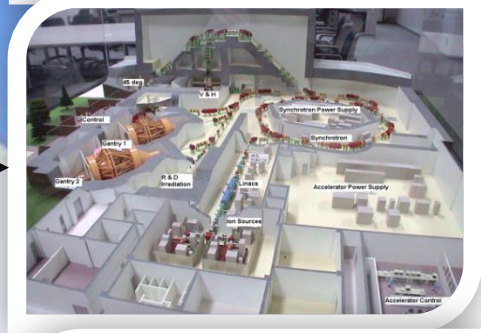
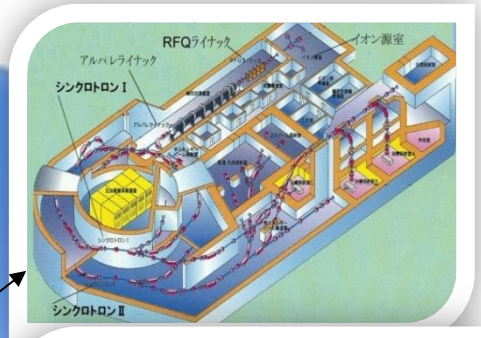
독 일 : GSI, HIT 운영 및 2개 추진
 프랑스 : 캉(Caen) 대학 '11년 9월 착수
 이탈리아 : CNAO '12년 환자치료
 오스트리아 : MedAustron '15년 치료



IMP(란조우) 운영
 상하이 (추진)



NIRS(HIMAC),
 효고(HIBMC),
 군마 (GHMC)
 2개 추진 (Saga, Kanagawa)

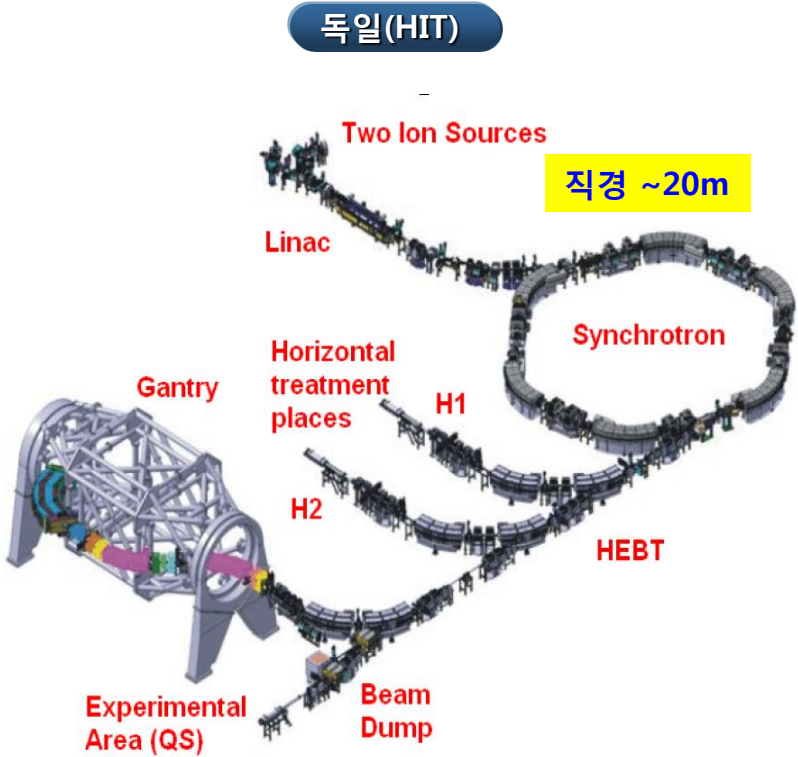


※ 총 8,000명 환자치료(1994년~)

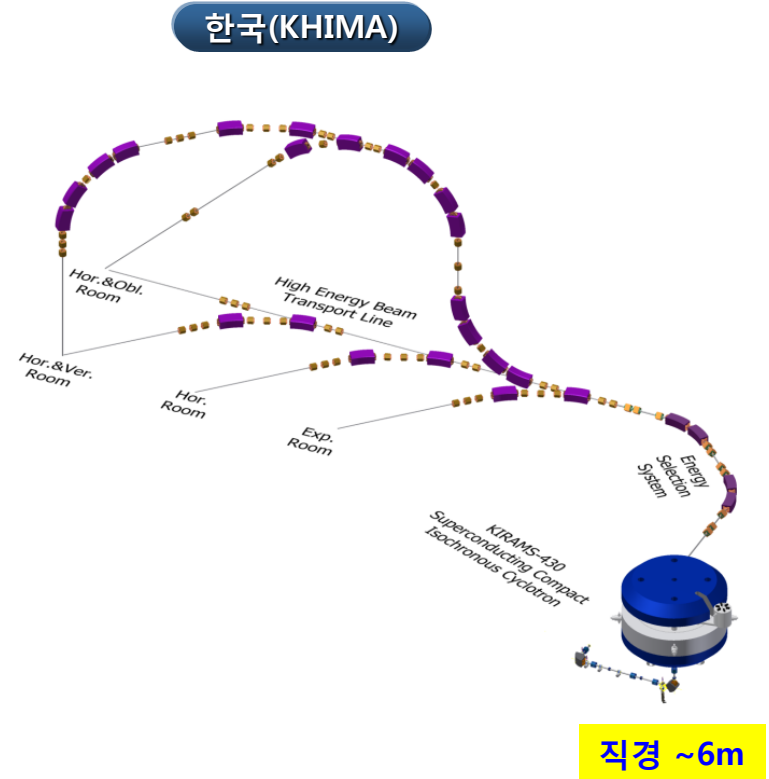
한국 중입자치료기의 차별성

차이점

- 일본, 독일의 해외 중입자치료기는 Synchrotron 타입의 가속기 (직경 20m)
- 한국 중입자치료기는 초전도 Cyclotron (초전도 기술+ 사이클로트론, 직경 6m)



직경 ~20m



직경 ~6m

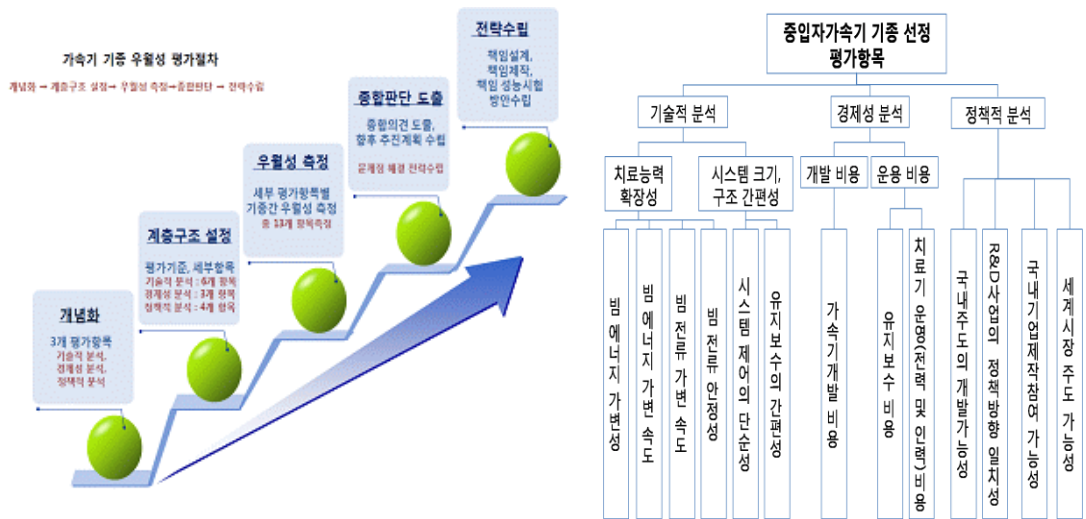
Figure 1: Layout of the HIT Accelerator Facility.

한국 중입자치료기의 차별성

차별 사유

- 일본, 독일이 synchrotron 타입의 중입자치료기 개발 사유
 - ① 1984년 착수 당시 중입자치료의 임상결과에 대한 예측이 불명확했고 중입자 임상연구뿐 아니라 기초과학에 활용할 수 있는 가속기 타입으로 선정
 - ② 당시 초전도기술이 현재만큼 발전하지 못해 사이클로트론 규모도 ~20m
 - 한국 초전도 Cyclotron 타입의 중입자치료기 개발사유
 - ① 2010년 기준 중입자 임상실험 결과는 이미 일본, 독일을 통해 검증
 - ② 현재는 중입자치료기 상용화, 보급화 단계로 소형화, 저가 비용 등 글로벌 의료시장의 요구사항을 충족시킬 수 있는 모델 개발이 필요
- 양성자치료기 사례와 동일 : 1990년 이전 Synchrotron, 1990년 이후 Cyclotron
- ★ 일본도 향후 시장성을 고려해서 초전도사이클로트론 개발을 진행 중

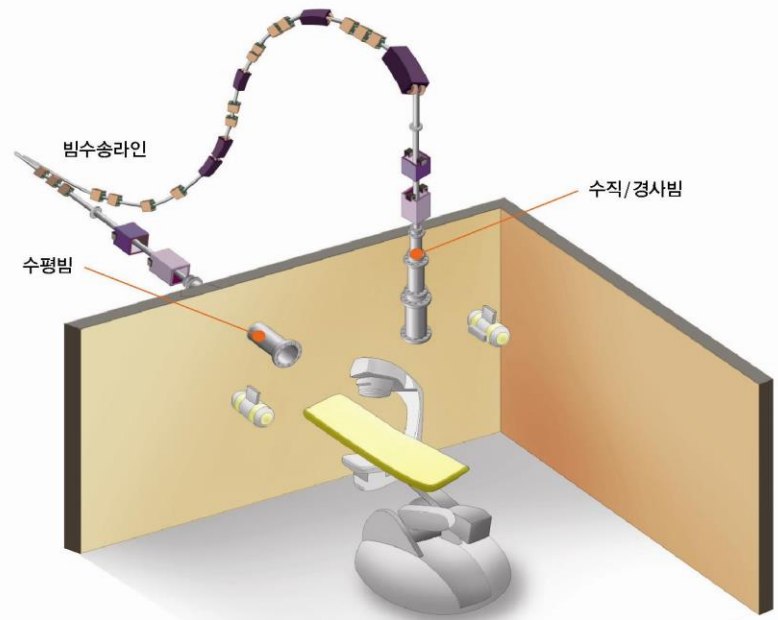
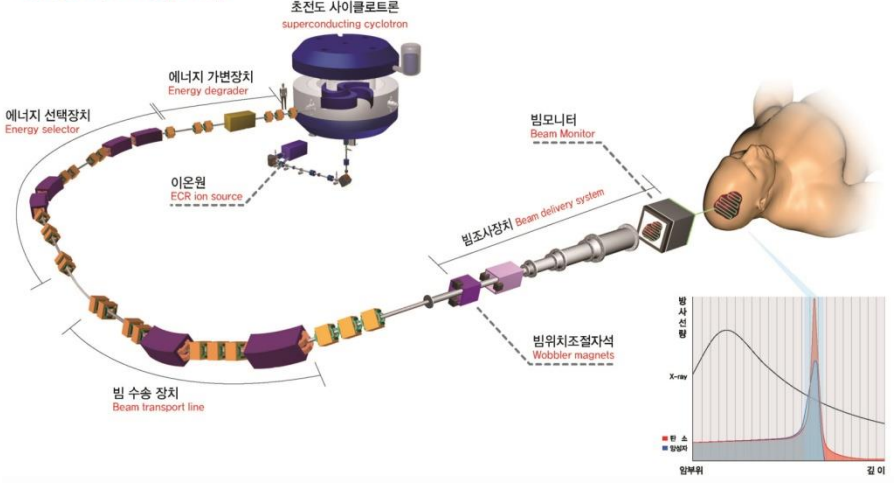
2011.06 교과부 운영위원회
 정책적, 경제적, 기술적 평가를 반영하여
 “초전도사이클로트론”을 기종으로 선정



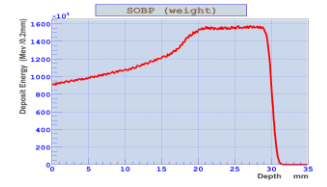
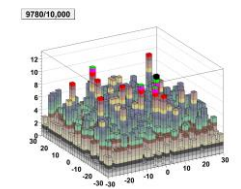
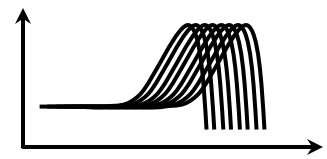
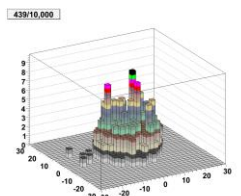
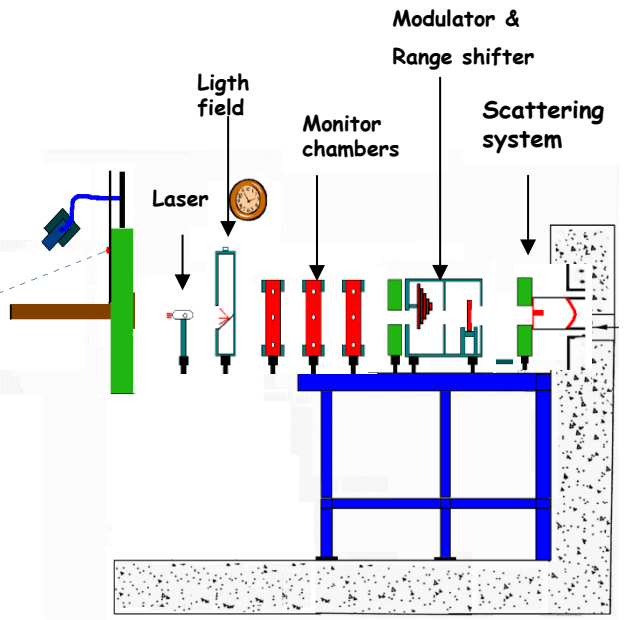
중입자치료시스템

중입자 가속기 Cyclotron

초전도 사이클로트론 가속기에서 탄소 6가 이온을 빛 속도의 70%로 가속(430MeV/u)

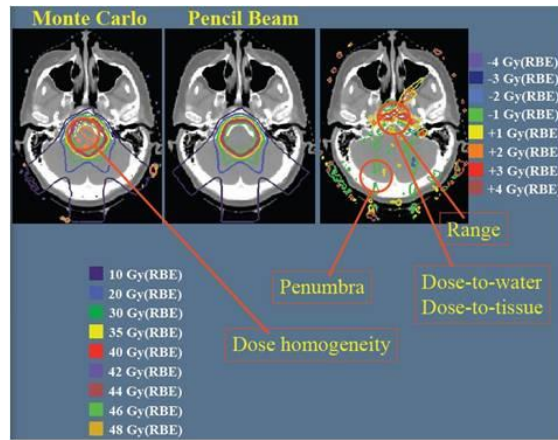


치료시스 템



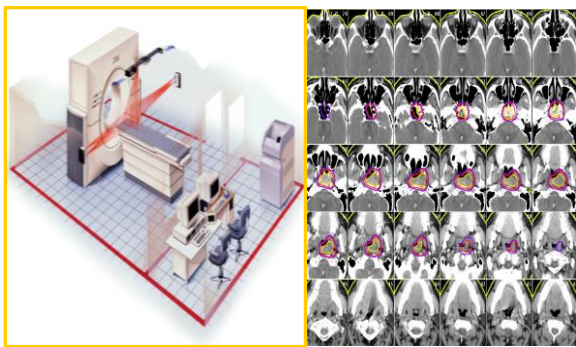
중입자치료시스템

중입자치료 시뮬레이션



중입자 치료계획

1. 영상확보

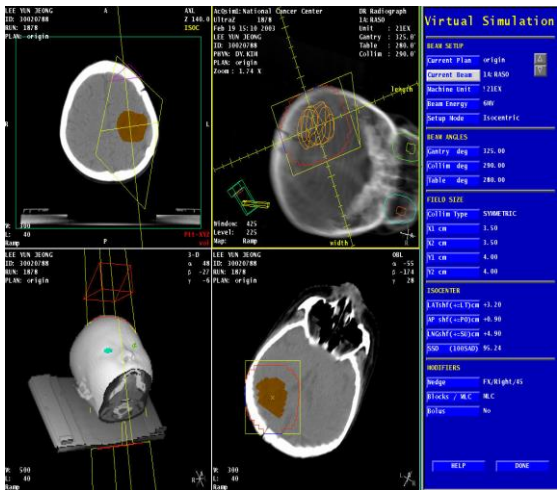


CT Slices

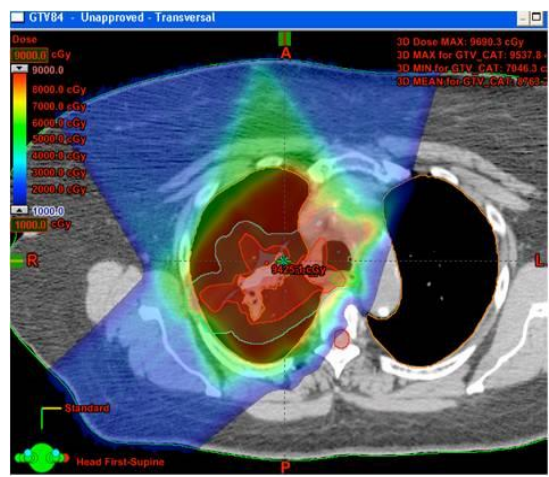
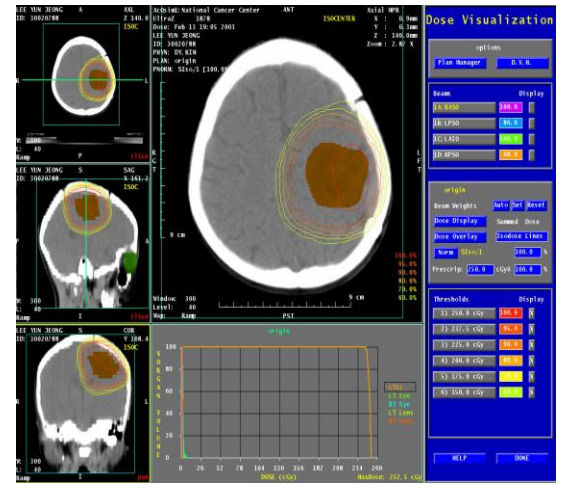
2. Modeling



3. Beam Geometry



4. Dose calculation

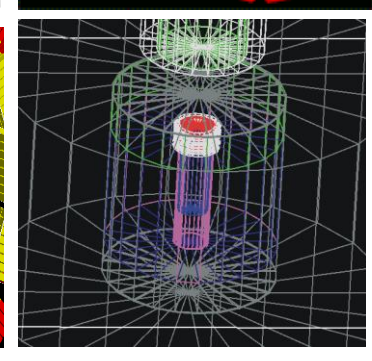
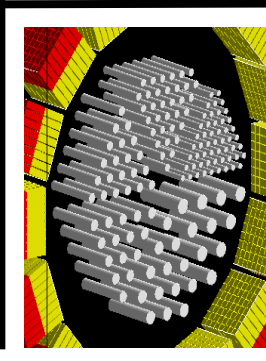
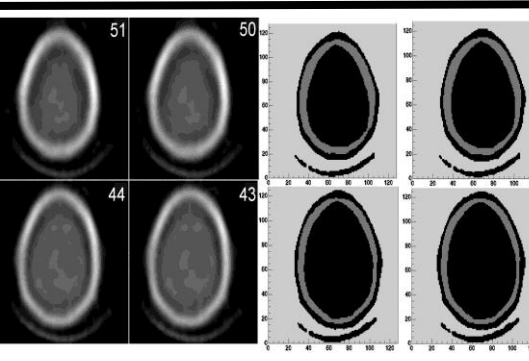
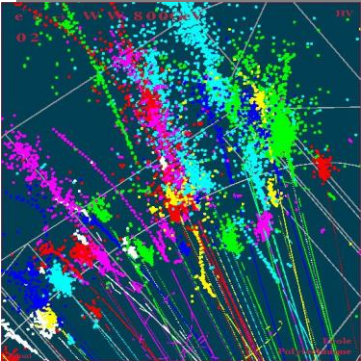
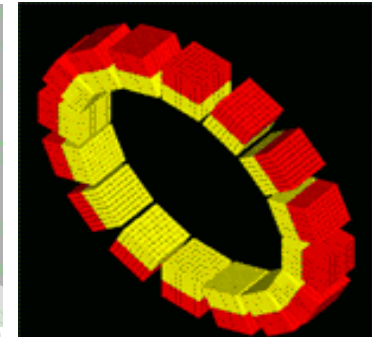
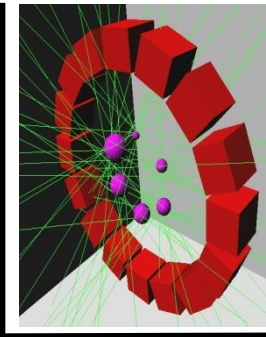
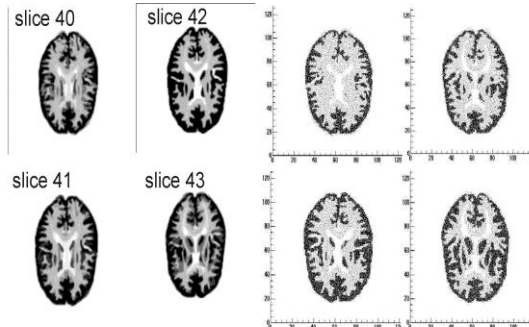
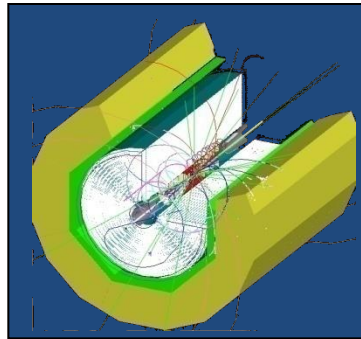


Courtesy of H. Paganetti

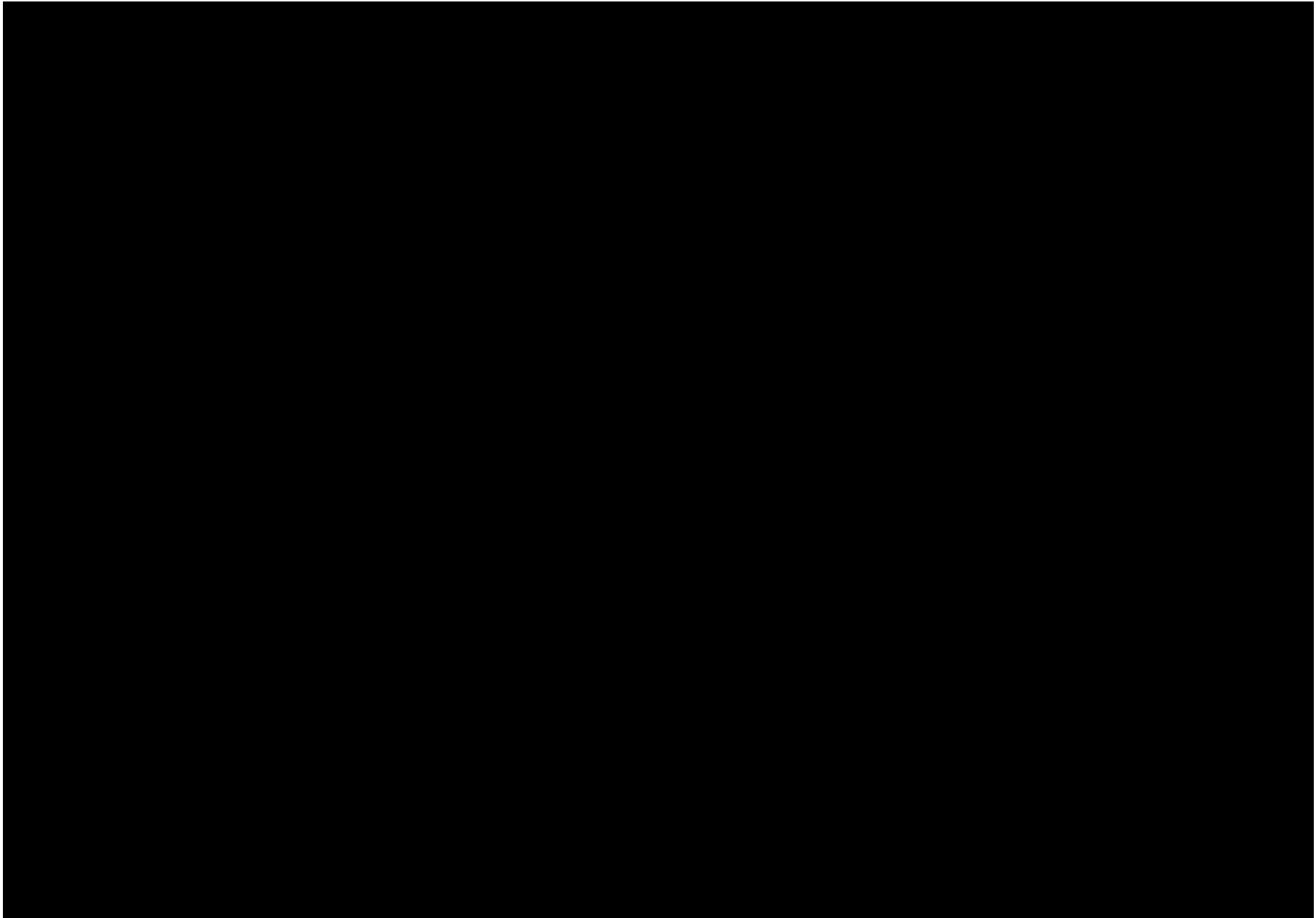
Heavy Ion Therapy Simulation

Geant4 Simulation for Particle Therapy

Geant4 is a platform for "the simulation of the passage of particles through matter."
It is the most recent in the GEANT series of software toolkits developed by CERN
Its application areas include high energy, nuclear experiments, medical and space physics studies.



Heavy Ion Therapy





한국원자력의학원 소개

KIRAMS (Korea Institute Radiological And Medical Science)

1. 주요연혁

1960 1963. 12. 17
1969. 04. 28

방사선의학연구소 개소(20병상, 2개 연구실)
국내 최초 코발트치료기 가동



1970 1973. 02. 07

한국원자력연구소 부속 원자력병원으로 개편

1980 1984. 11. 17
1986. 01. 01
1989. 03. 13

국내 최초 50MeV 사이클로트론 도입
국내 최초 중성자선 암치료기 가동
국내 최초 사이클로트론 이용 의료용 방사성동위원소 생산 개시



1990 1997. 08. 02

국내 최초 PET(양전자방출단층촬영기) 도입

2000 2002. 06. 04
2002. 07. 19
2002. 09. 04
2002. 10. 11
2007. 03. 27
2008. 10. 20
2009. 12. 03

국가방사선비상진료센터 설치
국내 최초 사이버나이프 수술 시행
원자력의학원 체제 출범
국내 최초 의료용 사이클로트론 개발 성공 (13MeV)
한국원자력의학원(독립법인) 출범
중형가속기(30MeV) 국산화 성공
국내 최초 전신용 PET/MRI 융합시스템 구축



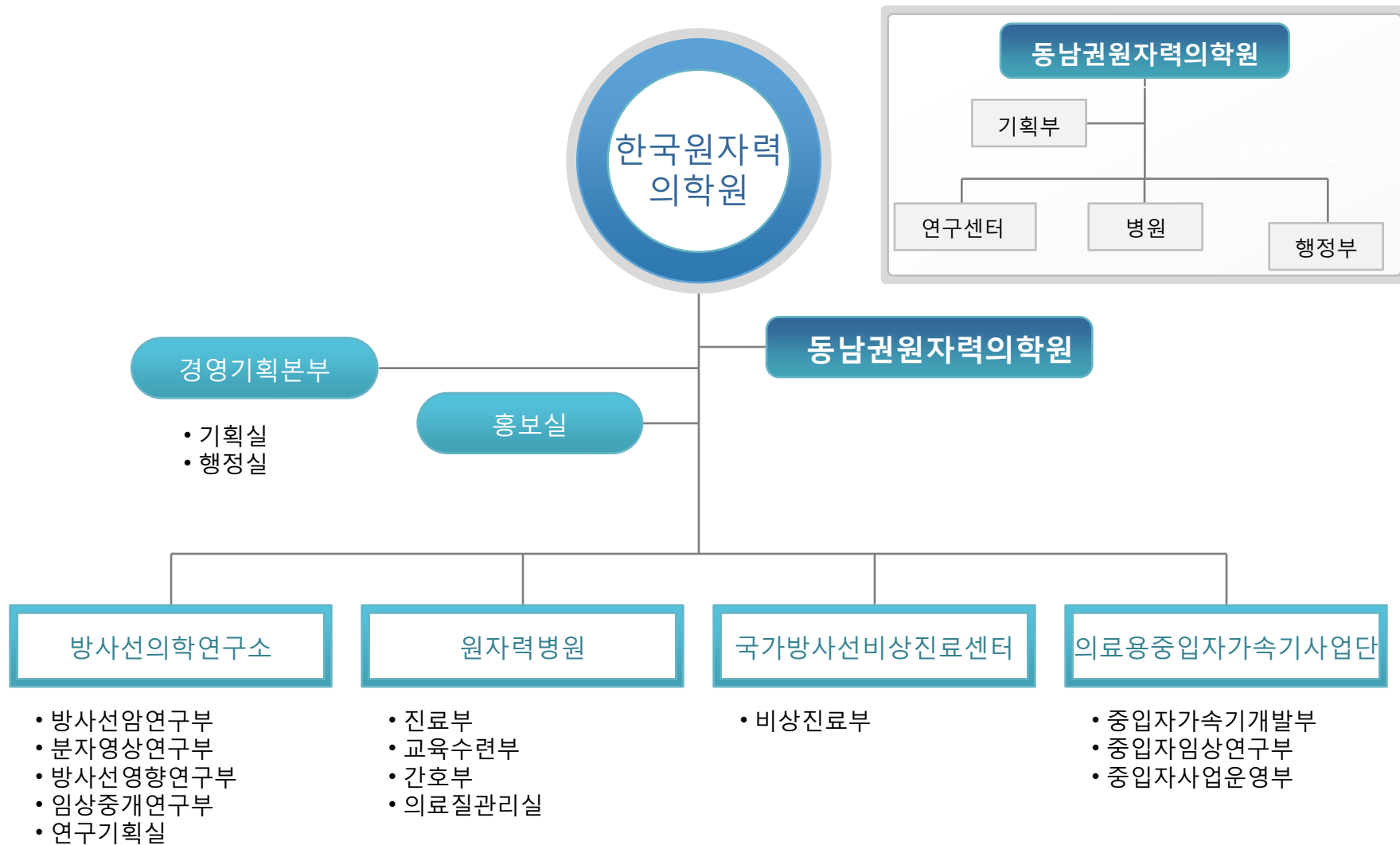
2010 2010. 07. 19
2011. 12. 05

동남권원자력의학원 개원
의료용중입자가속기센터 기공식 개최



2. 일반 현황

1분원 4단 1본부 18부 67팀



2. 일반 현황

인력 구성 및 사업비

구분	임원	연구직	기술직	의무직	약무직	간호직	간 호 조무직	보건직	사 무 기술직	기능직	일 반 업무직	계
합계	2	85	18	230	18	550	65	142	202	21	42	1,375

의료사업 60%

연구개발사업 13%

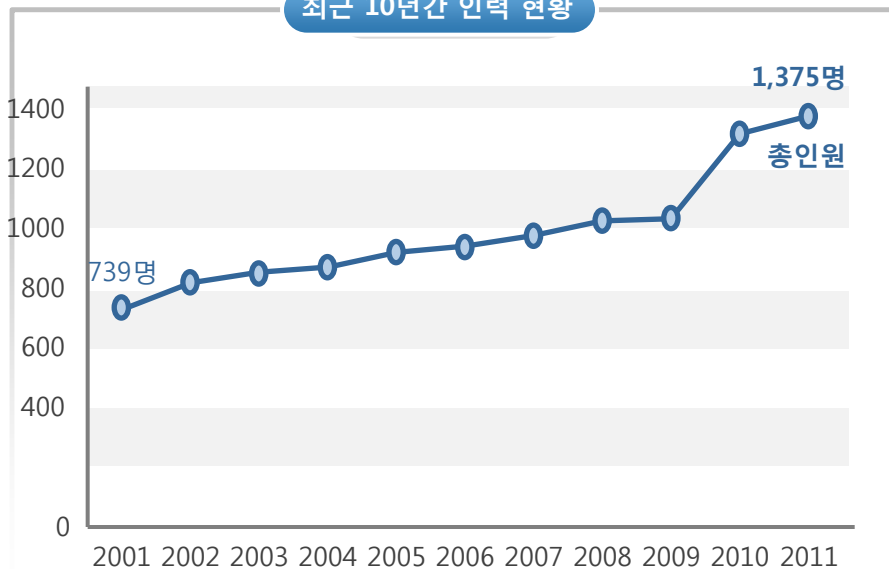
총 사업비 : 2,562억원

출연금 20%

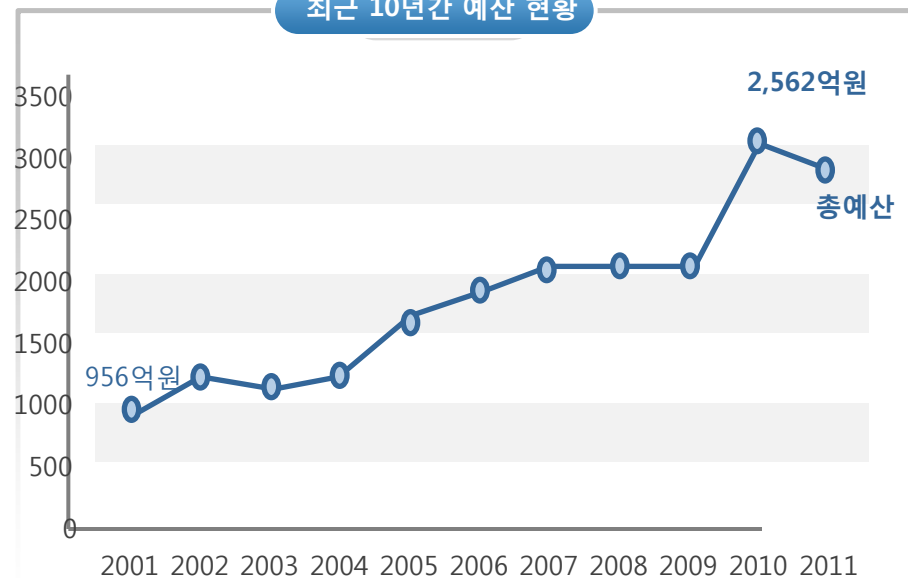
기타 9%

방사선비상진료사업 1%

최근 10년간 인력 현황



최근 10년간 예산 현황





Radiological & Medical
Research Institute

Korea Heavy Ion Medical
Accelerator Project

Korea Cancer
Center Hospital

National Radiation
Emergency Medical Center

비전
2020



혁신적 암치료를 선도하는
세계 방사선의학의 중심

핵심
가치

전문가 정신·상호존중 · 혁신·발견 · 열정


전략
방향

사업경쟁력 강화

성장잠재력 확충

전략
과제

- 국가 방사선의학 연구사업 주도
- 연구시스템과 인프라 선진화
- 중개연구 활성화
- 글로벌 위상 확보와 시장 개척
- 진료 특성화 및 효율화
- 브랜드 파워 강화
- 방사선비상대응사업 고도화
- 성과주의 문화와 사기진작



의료용중입자가속기 사업개요

1. 사업개요

세계 최초 초소형 중입자치료기 개발 추진



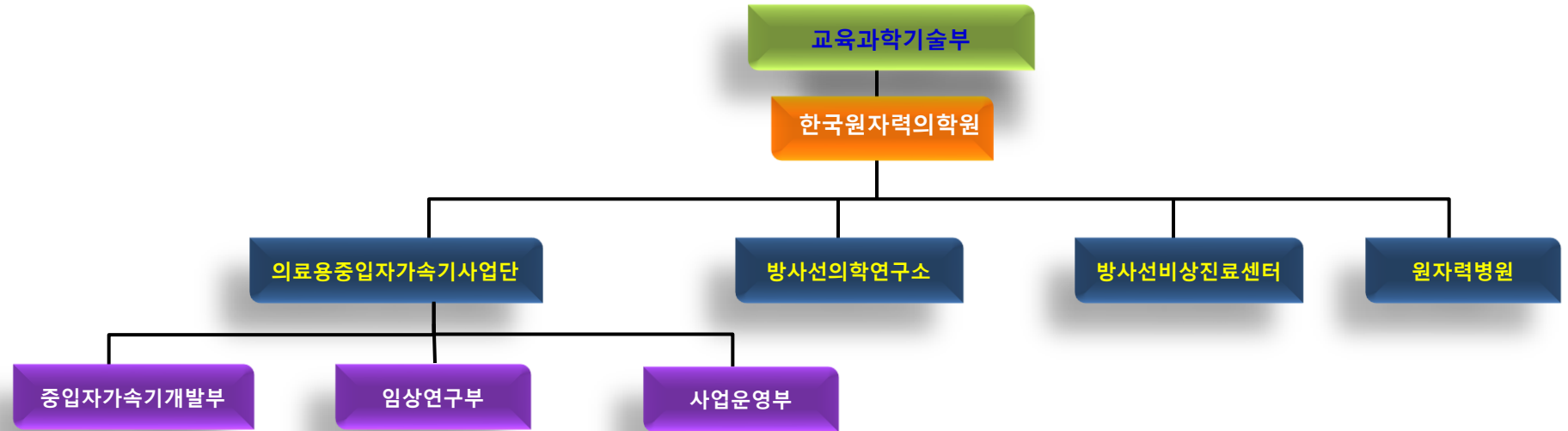
사업 목표

- 난치성 암 치료로 국민 의료복지 증진
- 원자력 진흥분야 활성화, 글로벌 의료기기 시장선점, 의료기기 산업의 고부가가치 실현을 위해 선진 암치료기 개발

사업 현황

- 사업개요
 - 총 사업비: 1,950억원(정부 700억원, 지자체 500억원, 의학원 750억원)
 - 사업기간: '10년~'16년
 - 부지위치: 부산광역시 기장군 장안읍 좌동리(88,139m²)
- 추진현황
 - KDI 예비타당성 조사 결과(B/C 1.0) 타당성 인정('09.11)
 - 사업단 구성 및 협약 체결('10.4 의학원-지자체, '10.8 의학원-교과부)
 - 중입자가속기 기종선정(사이클로트론) 및 토목공사 착수('11.6)
 - 의료용중입자가속기센터 기공식 개최('11.12)
 - 의학원-HDX 500억 원 투자유치 MOU 체결 ('12.10)
 - 중입자가속기 설계 연구 완료('13.2)

2. 조직도



- 한국원자력의학원 (KIRAMS)은 교육과학기술부 소속의 의학전문 연구기관
- 한국원자력의학원은 4개의 사업단을 운영
 - 의료용 중입자가속기사업단, 방사선의학연구소, 방사선비상진료센터, 원자력병원
- 의료용중입자사업단은 3개의 부(division)로 구성
 - 중입자가속기개발부, 임상연구부, 사업운영부
- 중입자가속기개발부는 암 진단 및 치료에 필요한 의료기기를 개발하는 국내 최고의 연구부
 - 2002년 : 국내 최초로 암 진단용 사이클로트론 가속기 개발 성공
 - 2003년 : 한국연구재단 선정 우수연구과제 100선 선정
 - 2010년 : 교과부와 KISTEP이 선정한 국가연구개발 반세기 10선 선정
 - 2010년 : 세계 최초로 소형화 중입자치료기 개발 사업수행

3. 중입자가속기 개발부

중입자가속기개발부



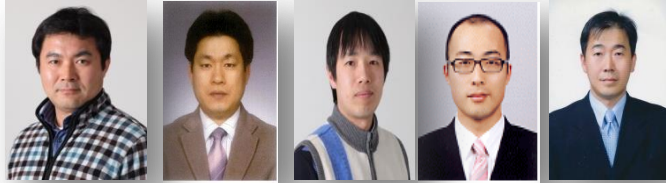
부장 김근범

5개 팀 22명

전공분야:

물리학, 전자전기공학, 고주파공학, 컴퓨터공학, 제어공학, 원자력

빔물리 기술팀



팀장 안동현 강건욱 임희중 한가람 박차원

제어 기술팀



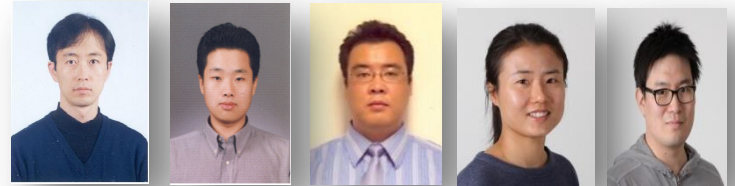
팀장 장홍석 장세덕 박동욱 이지현 김정환

전자석 기술팀



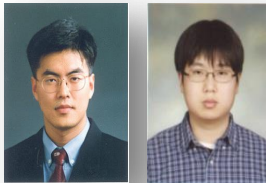
팀장 강준선 홍봉환 이민용 김현욱

빔조사 기술팀



팀장 양태건 황원택 김창혁 이화련 김현용

고주파 기술팀



팀장 정인수 류건모

3. 중입자가속기 개발부 성과

국가연구개발 반세기 10선 선정
(교과부, & KISTEP, 2010년)

의료용 사이클로트론 개발

동위원소 생산 국산화로
국민 모두가 쌀 가격에 암 걸진 가능

2000년 의료용 사이클로트론 개발에 성공함으로써 우리나라는 미국, 캐나다 등 세계 다수국과 더불어 사이클로트론 개발국이 되었습니다.

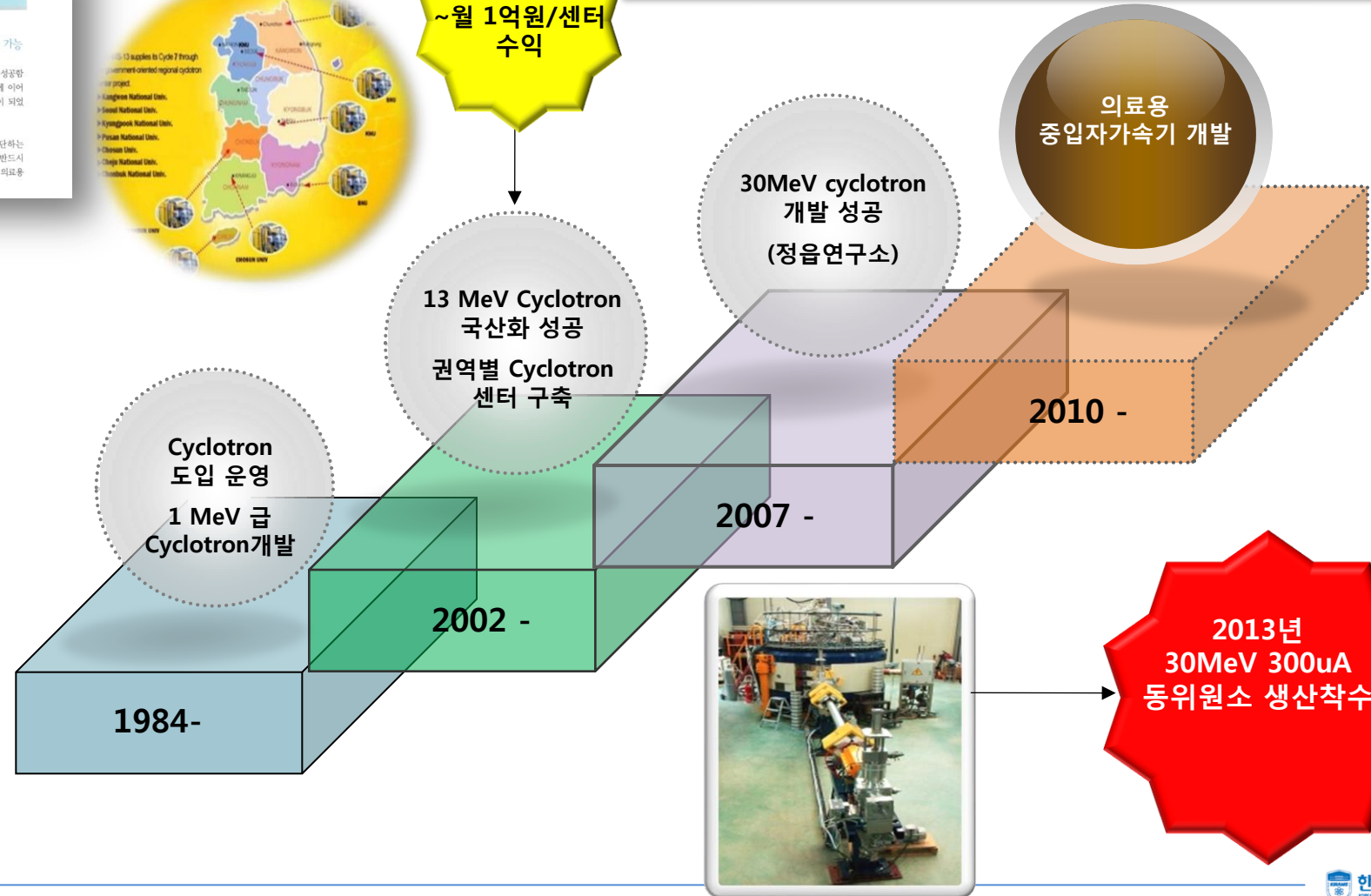
사이클로트론은 난치성 질환을 진단하는 PET(양전자단층촬영장치) 검사에 반드시 필요한 방사성 동위원소를 생산하는 의료용 기기입니다.



~월 1억원/센터
수익

암진단용(PET) 사이클로트론 가속기 국산화 성공으로

- 국내 7개 권역에 보급함으로써
- 외국기업의 국내 장비 독점화를 타파하였고
- 수입장비의 가격이 10배 이상 낮아지는 효과로 인해
- 암 진단이 보험에 포함되어 국민의료복지 증진

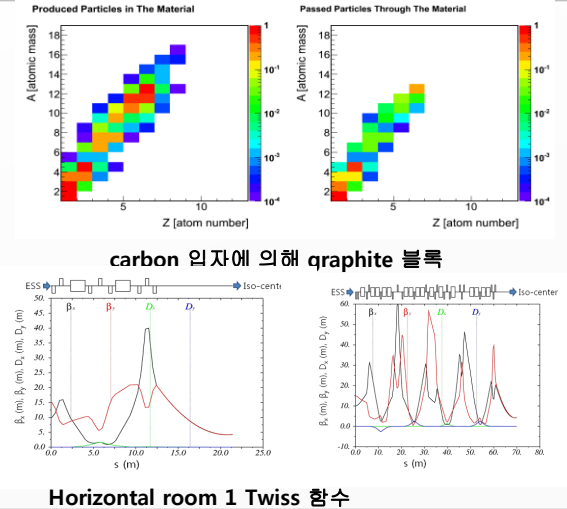
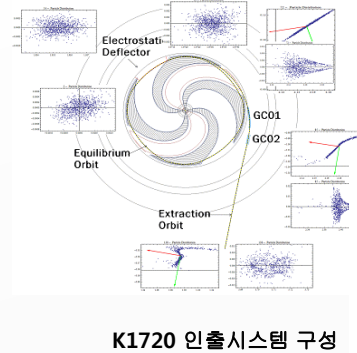
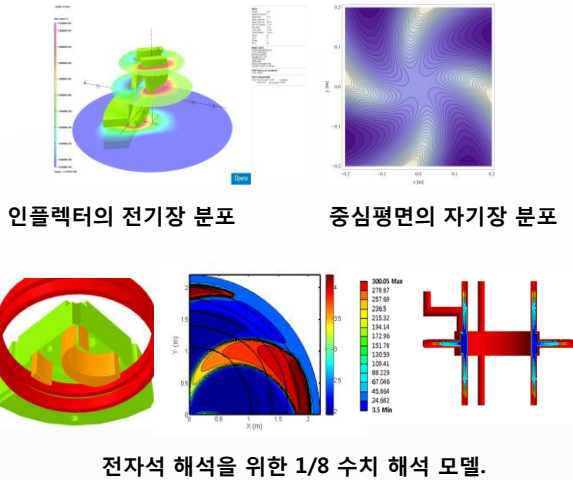


4. 사업현황 (설계연구)

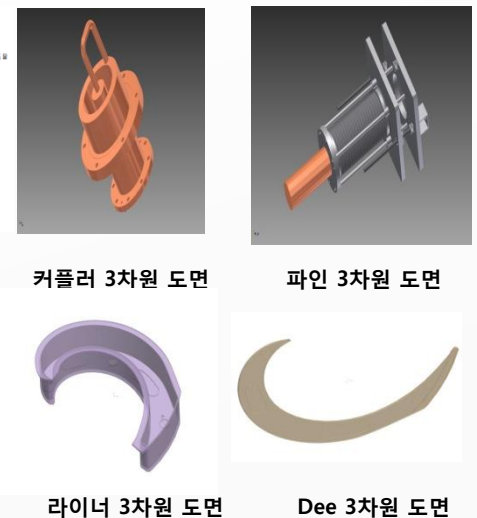
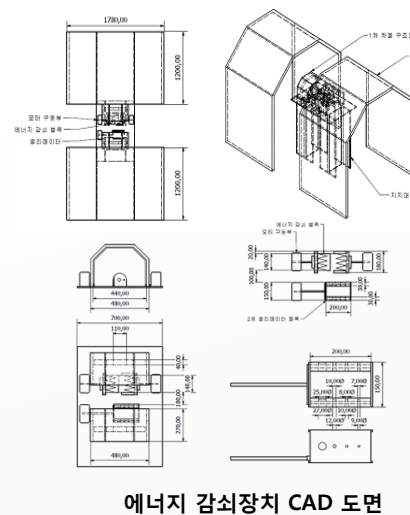
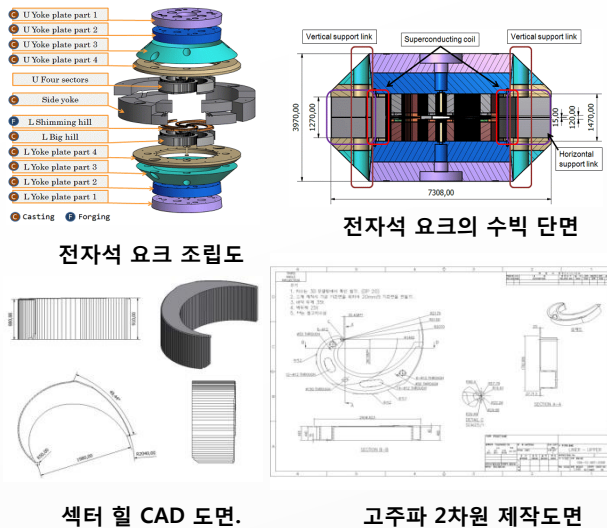
진행 현황

- 430MeV/u 초전도사이클로트론의 개념설계('11)와 공학설계 완료('12)
 - 탄소 6가 이온가속, 에너지 430MeV/u, 초당 최대 10^{11} 개 이온 주입

개념 설계

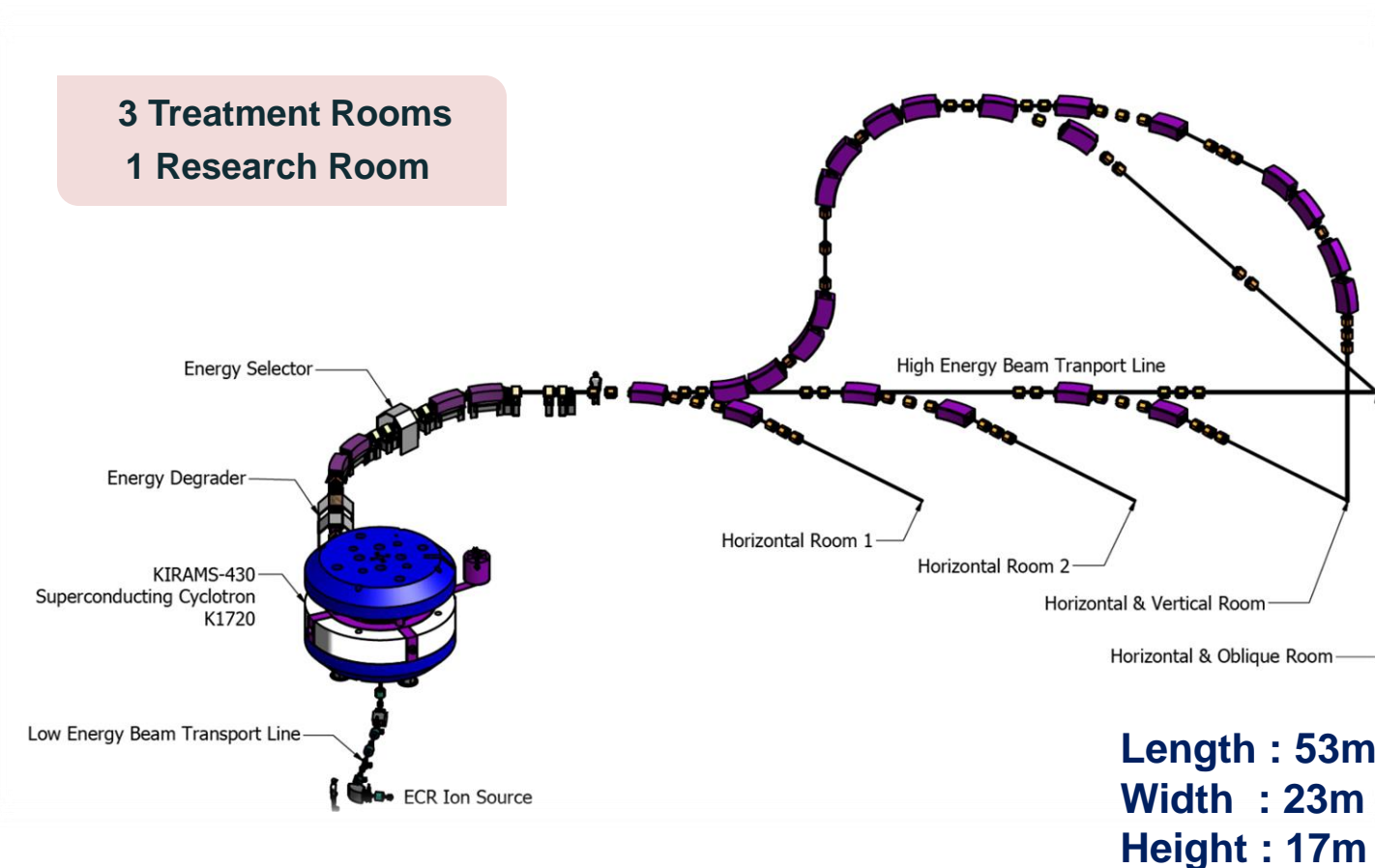


공학 설계



4. 사업현황 (치료실 계획도)

1. **Horizontal line** : prostate, sarcoma, etc., scanning irradiation
2. **Horizontal + vertical lines** : H&N, lung, liver, etc., scanning irradiation
3. **Horizontal + oblique lines** : brain, H&N, lung, etc., scanning irradiation
4. **Research line** : Physical QA, biology, SOBP/scanning R&D etc.



4. 사업현황 (건설현황)

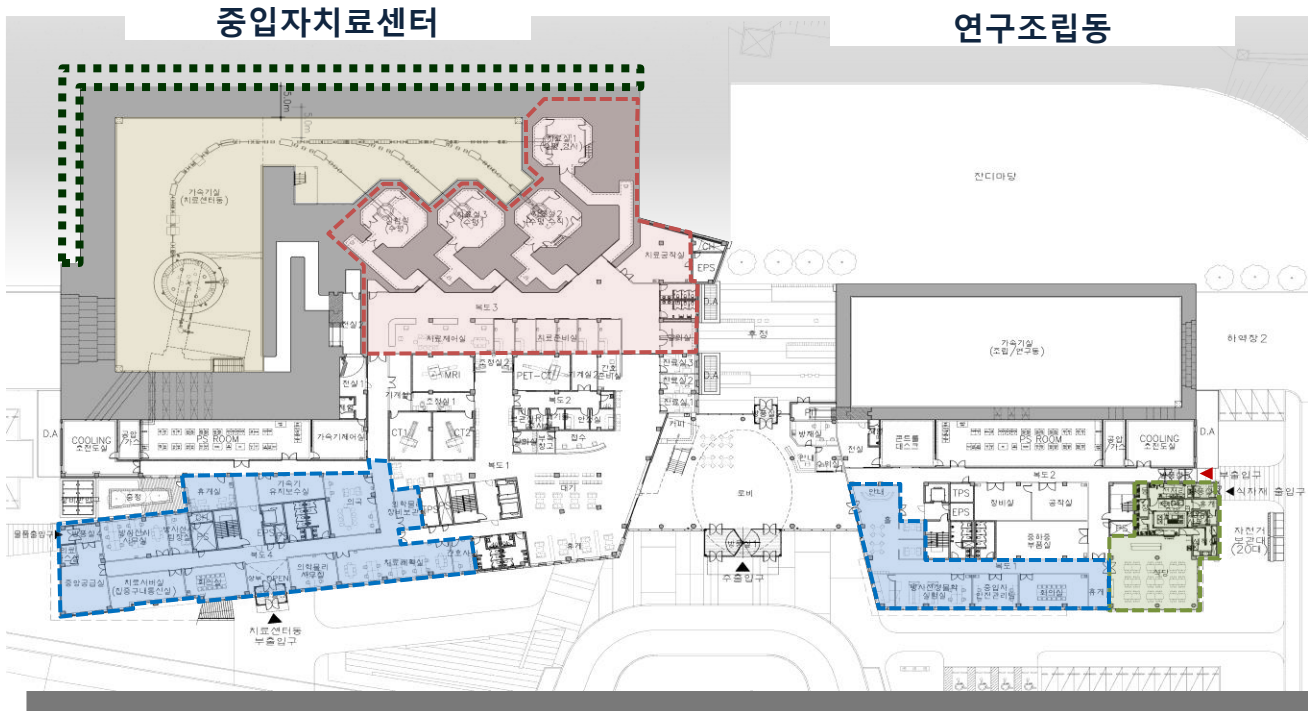
2010.11. 문화재 및 지질조사

2012.05. 토목공사 완료



4. 사업현황 (건설현황)

2012.09. 건물설계 완료



5. 향후 주요일정

2013

- 초전도사이클로트론 8개 핵심장치 제작착수
- 중입자치료동 및 연구조립동 건설착수

2014

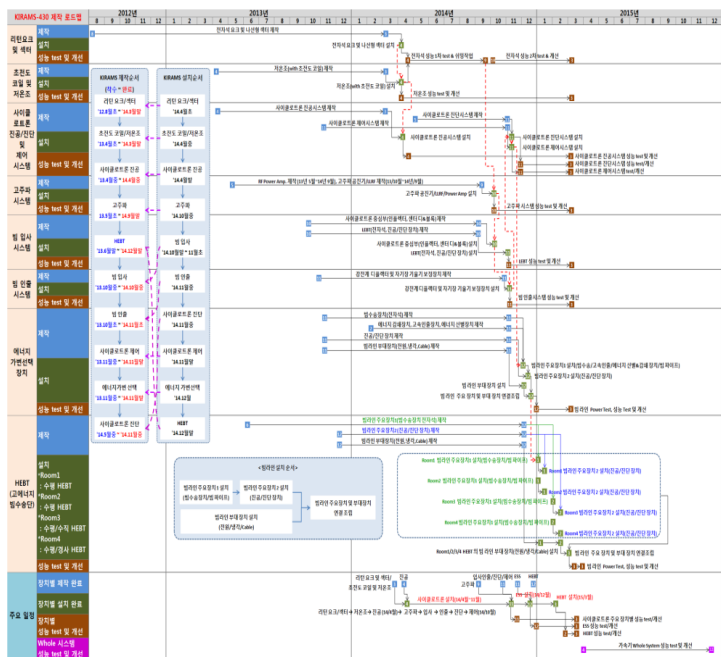
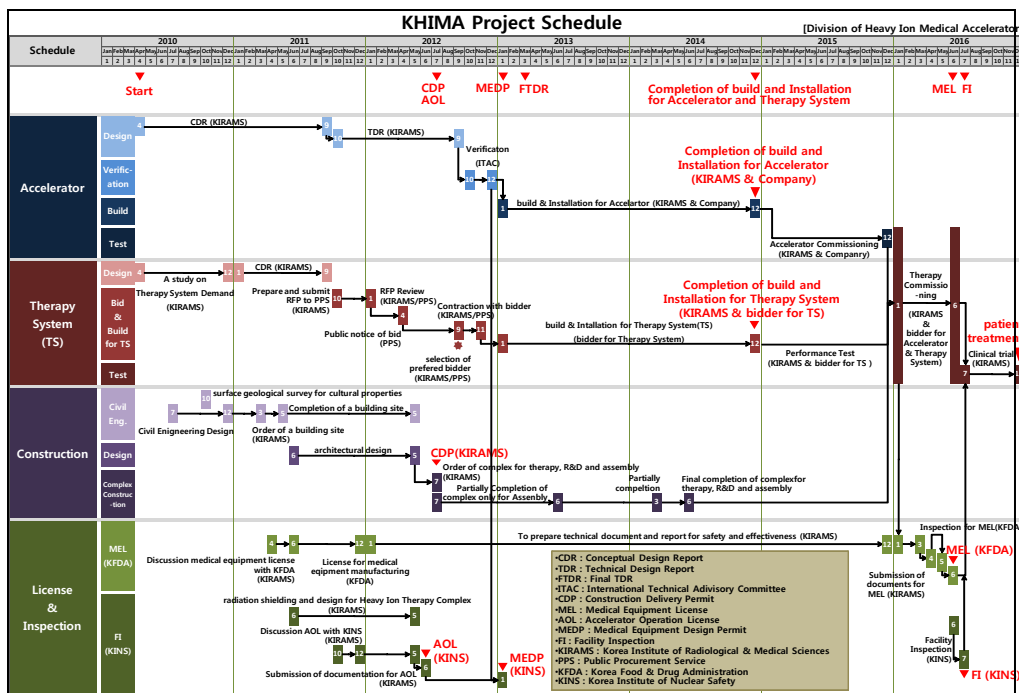
- 12월, 초전도사이클로트론 8개 핵심장치 제작 완료
- 10월, 중입자치료동 및 연구조립동 건설 완료

2015

- 2월, 초전도사이클로트론 8개 핵심장치 설치조립
- 12월, KIRAMS-430 빔 성능시험 완료

2016

- 환자치료 착수



Thank You

