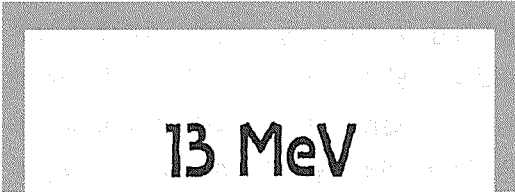


동

향



13 MeV 싸이클로트론 가속기 개발

채 종 서

원자력병원
싸이클로트론 응용연구실
선임연구원

1. 들어가는 글

최근 핵의학 기기인 PET(양전자 방출 단층 촬영)의 활용이 보편화 되면서 단수명 방사성 동위원소의 수요가 요구 됨에 따라 싸이클로트론의 건조가 필수 장비로 각광을 받게 되었다. 싸이클로트론은 1932년 Ernest Orlando Lawrence가 균일 자장 내에서의 하전입자의 원운동 주기와 고주파 전장에 의한 공진가속을 조합한 공진원리를 적용시켜 80KeV의 양성자 빔을 가속시킬 수 있는 장치로 개발하였다. 그 후 전기공학의 급격한 기술 발전에 힘입어 1938년에 수십 MeV급의 장치들이 세계 곳곳에서 건조되어 원자핵 반응 연구, 방사성 동위원소의 제조 등에 사용되어 원자핵에 관한 많은 사실을 발견하는 주요 장치로 공헌하였다. 1950년대에 이르러 싸이클로트론은 물리학뿐만 아니라 화학 생물학 그리고 의학에 보편적으로 이용되기 시작하였다. 근래에는 의료용으로 널리 보급되어 소형(10MeV-30MeV)은 PET용 단수명 동위원소 제조에 중형(30MeV-70MeV)은 의료용 방사성동위원소의 생산과 중성자선을 이용한 암 치료장치로 대형(100MeV-300MeV)은 양성자 및 중이온 치료기로 사용되고 있다. 1990년대에 들어서서는 컴퓨터 기술과 영상 신호 처리 기술의 급속한 발전에 따라 고분해능의 영상과 고속처리를 할 수 있는 PET의 기술개발로 단수명 동위원소인 PET tracer의 생산 장치로 더욱 각광을 받기 시작하였다.

일반적으로 핵의학용으로 사용되는 싸이클로트론은 양성자 에너지 30MeV이하의 것으로 그 구조에 따라 고전형(classical) 싸이클로트론, FM(Frequency Modulated) 싸이클로트론, SF(Sector Focused) 싸이클로트론으로 분류된다.

의학용은 대부분 SF형에 속하며 compact형태로 하고 표적장치를 싸이클로트론 진공함 내에 설치하여 빔효율을 높였다. 또 가속 이온의 종류에 따라 H⁺이온과 H⁻이온용으로 구분되는데 최근에는 H⁻ 빔용 싸이클로트론이 많이 제작되고 있다. 이들 싸이클로트론은 가속된 입자빔이 표적물 속에서(p, xn) 핵반응을 유발하여 Tl-201, I-123, Ga-67, Ga-68, Rb-81, F-18등과 같은 진단용 방사성 동위원소의 생산을 위하여 사용되는데 이들 방사성 동위원소는 단수명이어서 핵의학용으로 무리 없이 사용될 수 있다. 따라서 강한 빔전류를 투사하는 표적 장치를 외부에 설치 가능하여 빔조정이 원활할 뿐아니라 이중의 빔을 획득할수있어 동시에 2개의 표적물에 빔을 조사할 수 있다.

우리나라는 1986년에 원자력병원에 50MeV proton cyclotron이 처음으로 도입되었다. 50MeV proton의 (p, n) 핵반응을 이용한 방향성이 좋은 중성자 빔으로 암 환자를 치료하는 한편 각종 핵반응을 이용하여 방사성 동위원소 시료를 제작하여 주로 핵의학 진료에 사용하였다. 현재 삼성의료원(GE/Scanditronix 제품), 서울대 부속병원(EBCO의 TR-13제품), 아산서울병원(IBA/Cyclone18) 등에서 PET(Positron Emission Tomography)를 위한 cyclotron을 도입하여 각 병원 단위의 본격적인 핵의학 진료 사업에 돌입하였다. PET를 대체하는 SPECT의 개발은 이 방향으로의 의료비 저하와 더불어 핵 의료 이용의 촉진제가 될 것으로 기대된다. 즉, 우리나라도 이제 드디어 PET용 싸이클로트론 사용이 본격화되었다고 할 수 있겠다. 앞으로의 전망을 살펴보면 21세기의 통일한국(7천만 인구)은 인구 및 경제력으로 보아 세계 10대 핵의료 사용 국으로 예상된다. 이런 경향은 서울의 종합병원 뿐만 아니라 지방에까지 확산될 것으로

예상된다.

현재 국내에서 사용하고 있는 대부분의 싸이클로트론은 해외에서 도입된 것으로 10년 정도가 지나면 구형이 될 뿐만 아니라 각종 특성의 미세 변화로 인한 성능 저하로 사실상 폐물이 될 것으로 예상된다. 싸이클로트론은 구입에 대한 경제적인 부담도 있지만 운영을 위한 유지 보수 문제도 심각하게 고려 되어야한다. 특히 외산의 경우 문제 발생시에 외국의 전문가를 불러 들여야 하는 문제가 남아 있다.

따라서 본 연구 팀은 원자력 중장기 개발 과제를 통하여 개발한 13 MeV 싸이클로트론은 향후 현장에서 PET 진단을 위한 목적으로 우리나라 병원에 보급을 하려는 계획연구과제를 성공리에 수행하여 13 MeV 시작품 싸이클로트론을 제작하여 빔을 인출 하고 있다. 이 싸이클로트론은 반감기가 비교적 짧은 방사성동위원소를 싸이클로트론에서 생산을 하려는 목적으로 국내에서 처음으로 개발이 된 것인데 현재 병원등 실무 장소에서 신뢰성 있는 사용을 하기 위한 싸이클로트론의 가동 성능 강화 및 가동의 성능 강화 연구가 진행되고 있다. 또한 외국 유수의 싸이클로트론에 견주어 가격 및 성능대비가 결코 뒤지지 않는 경쟁력이 있는 가속기로 제작 되어 국외에 수출 할 수 있는 기반을 마련하고 있다.

2. PET용 싸이클로트론의 개발 개요

본 연구는 1999년 4월 1일부터 2002년 3월 31일까지 수행되었다. 본연구의 주관연구기관은 원자력병원이고 공동연구기관은 포항공과 대학과 포항 가속기연구소이며 참여기업은 (주) 컨버테크와 (주)금룡테크이다.

먼저 본 연구과제는 1999년 4월 1일부터 2000년 8월 25일까지 1 MeV 싸이클로트론 시작품을 개발하였다. 그후 2000년 9월부터 2001년 11월까지 13 MeV 부분품의 설계와 제작을 하였고 2001년 11월부터 2002년 2월까지 조립을 하였으며 2002년 3월 한달 동안 빔 인출 실험을 통하여 에너지, 빔 전류 세기등을 측정 하였다.

본 연구의 최종 목표는 의료용 싸이클로트론 가속기 설계 및 제작이며 세부적으로는 다음과 같다.

- 싸이클로트론 전자석 설계 및 제작
 - 주 전자석설계 및 제작,
 - 이온빔 유도 장치 설계 및 제작
 - 전자석 비섭동적 자기장 측정 장치 개발 및 제작
- 싸이클로트론 RF발생장치 및 DEE전극 설계 및 제작
 - RF 공진기와 DEE 전극 설계 및 제작
 - RF 전력 인가 장치 설계 및 제작
 - 공진 주파수 및 최대 전력 인가치 측정 장치 설계 및 개발
- 이온원 및 이온빔 진단,수송 장치 개발
 - H- 이온 장치 설계 및 제작
 - 외부 이온 주입기 설계 및 제작
 - 싸이클로트론 중심부에서 이온 입사 안정화 기술 개발
 - 고에너지 이온빔의 외부 인출 장치 설계 및 제작
 - 인출 효율 최적화 기술 개발 및 최적치 확보
 - 이온빔 전류 세기 비간섭적 측정 장치 개발 및 제작
 - 싸이클로트론 내부 이온빔 인출 효율 측정 장치 제작
 - 돌발적 사고 진단 및 처리 장치 설계 및 제작
 - 이온빔 수송 최적화 기술 개발 및 최적치 설정

- 빔 수송 장치 설계 및 제작
- 싸이클로트론 인출 이온빔의 특성 측정 장치 개발 및 제작
- 진공함 및 진공시스템 설계 및 제작
 - 고진공 유지 장치 설계 및 제작
 - 고진공 검출 및 진공파괴로인한 손실 최소화 기술 개발
- 싸이클로트론 제어장치 설계 및 제작
 - 실시간 다변수 제어 체계 설계 및 제작
 - 사용자 용이한 운전 시스템 설계 및 구성
 - 인공지능형 제어기 설계 및 구성



그림 1 1MeV 싸이클로트론 시작품

3. 기존 싸이클로트론과의 차이점

한국원자력연구소 부설 원자력병원에서 개발한 13 MeV 싸이클로트론 시작품을 대상으로 대국민 원자력 기기 보급을 위한 상업화 수준의 기기 성능 심층 강화하여 아래와 같은 기능들을 개발 하였다.

1) 전자석

- 강집속과 약집속에 의한 자극의 섹터 기술 개발
- 저전력 전원 공급에 의한 고선속 자기장 실현

2) 고주파 공동 공진기

- 고 RF Q (4000이상) 실현
- 저전력 RF 전력증폭기(10kW 이하)로 구현
- 77.3 MHz로 세계 최고의 주파수로 양질의 빔을 보장.

3) 고효율 음 이온원 개발(양성자, 중양자 겸용)

4) 전자동 stripper 개발

5) 사용자 중심의 컴퓨터 제어 시스템 개발

6) 컴퓨터 제어 모듈화 표적장치 개발

이러한 사양으로 원자력병원 개발 싸이클로트론은 세계 최저 가격을 유지 할 수 있다.

싸이클로트론의 운전과 유지 보수면에서 13 MeV 싸이클로트론은 아래와 같은 특징을 가지고 있다.

가. 이온 빔 에너지 크기

PET용 단수명 동위원소 생산용 싸이클로트론의 에너지 크기는 10MeV-18MeV이나 대부분 의 료용 방사성 동위원소 생산을 위한 빔 에너지의 크기는 18MeV에서 30 MeV이다. 물론 이보다 큰 싸이클로트론에서 인출된 빔도 빔 에너지 감쇄기를 이용하여 사용할 수 있으나 경제적으로 적합하지 않으며 빔도 산란되어 빔 조절이 여의치 않다. 따라서 적당한 에너지에 맞는 싸이클로트론이 적합하다. 따라서 단수명 방사성 동위원소의 생산에 적합한 에너지는 가속기의 경제성을 고려 할때 13 MeV 가 가장 적합한 에너지이다.

나. 빔전류세기

의료용 방사성 동위원소의 일상 생산을 위하여 채산성을 고려한다면 싸이클로트론의 최대 빔전류세기는 300uA 이상이 되어야 한다. 더 높은 빔전류를 갖는 싸이클로트론이 생산성을 높이는데 더 효율적이거나 현재 표적장치의 냉각장치 기술로는 300uA가 최대 빔전류세기로 나타나 있다. 그러나 고효율의 냉각장치 기술의 발전이 계속 진행되므로 더욱 높은 빔전류를 인출할 수 있는 싸이클로트론은 필 요하게 된다. 그러나 싸이클로트론이 PET용 동위원소만을 생산하는 경우 강력한 빔 전류 세기는 필요하지 않으며 50uA정도라도 충분히 활용 가능하다. 이 경우 이온원 장치는 내부이온원 장치가 가능하며 시스템은 더욱 간단해질 수 있다. H+싸이클로트론은 빔인출장치의 인출 효율과 재질의 문제로 빔전류세기를 높이는 데에 한계가 있어 내부 빔을 이용하는 싸이클로트론의 건조가 호평을 받고 있는데 이것은 진공함 내부에 표적 장치를 설치하는 방법이다. 그러나 이것은 싸이클로트론 진공함내에 공기잠금장치를 통하여 표적 이송 장치를 제작하여야 하므로 시스템이 매우 복잡해지며 표적물에 빔조사시 빔을 조절할 수 없으며 빔진단이 매우 어렵고 표적장치 주위의 싸이클로트론의 부분품들의 방사능량이 매우 높아 유지 보수가 어려운 난점이 있다. 반면 H-싸이클로트론은 외부이온원장치로 H-이온을 입사하여 매우높은 빔전류를 얻을 수 있다. 이것은 얇은 탄소 막에 이중 전하 교환을 통하여 100%의 빔 인출 효율을 획득할 수 있다. 이런 형태의 싸이클로트론은 양성자와 중양자에 국한되지만 의료용 동위원소는 거의 (p, xn) 핵반응에 의한 것이므로 핵의 활용에는 무리 없이 사용될 수 있다. 따라서 높은 빔전류세기를 갖는 표적 장치를 외부에 설치 가능

하여 빔조정이 원활 하게 되며 이중의 빔을 획득 할 수 있어 동시에 2개의 표적물에 빔을 조사할 수 있다.

다. 전력소모율

싸이클로트론의 효율은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{효율} = \frac{\text{최대에너지} \times \text{최고 빔전류세기}}{\text{전력 소모량}} \times 100$$

과거의 싸이클로트론은 10kW 미만의 빔을 인출 하는데 수백kW에 이르러 에너지 효율이 1-3 %에 머물렀으나 현재 자석의 자극산 틈새를 매우 작게 설계한 신 기종들은 기종에 따라 15%에 이르는 것도 있다. 소모 전력 양도 150kW가 넘지 않는다.

라. 운전 및 안전장치

방사성 동위원소의 일상 생산을 위하여 싸이클로트론의 운전 시스템은 컴퓨터에 의한 완전 자동화는 필수이다. 대부분의 핵의학용 싸이클로트론은 빔수송을 하지 않는 상태에서 표적물에 빔이 조사 되기 때문에 빔튜닝 없이 내부에서 조사되어 버튼 하나로 빔의 조사가 가능하다. 핵의학용 싸이클로트론은 대부분 병원에 설치되어 운영 되기 때문에 가속기 전문가 없이 운전되어야 하므로 사용자가 전문지식 없이도 싸이클로트론의 운전에 임할 수 있도록 컴퓨터 모니터 상에 운전에 대한 상세하고 쉽게 설명되거나 그림으로 나타나도록 하였다. 모든 장치들은 자동으로 시작될 수 있도록 프로그램 되어야 하며 정상 가동 시에도 운전자의 감시 없이 운전되도록 소프트웨어가 작성되어야 한다. 외란에 의한 싸이클로트론의 가동 정지 시 동작 정지에 대한 진단 사항이 모니터 상에

〈표 1〉 13 MeV 원자력병원 개발 싸이클로트론 특성

Accelerating Beam	H-
Max. Energy	13 MeV
Number of magnet sectors	4 (radial ridge)
Ion Source	internal PIG
Hill angle	>30 degree (varying in r)
Ave. magnetic field @max radius	1.3 T
Radio Frequency	77.319 MHz (4th harmonics)
Max. orbit distance	41.4 cm
Bmax @hill	1.92 T
Bmax @valley	0.84 T
$\nu_r = 1.022$ $\nu_z = 0.25 \sim 0.3$	
Dee angle	43 degree
Dee voltage	40 kV
Beam Current	50uA
Extraction	by stripping foil

표시되고 수리자가 그 루틴에 의하여 조속히 고장 수리할 수 있도록 배려 되어있다.

마. 유지보수

싸이클로트론의 선택시 중요한 사항 중의 하나는 신뢰성 있는 가동을 위하여 정지 시간을 최소화 시킬 수 있도록 설계 시 강인성과 단순성이 고려되어야 한다. 특히 신속한 보수를 위하여 싸이클로트론의 설계는 다음과 같은 사항이 고려되어 있다.

1) 자석 및 진공함이 상하로 분리되는 기종은 싸이클로트론의 중심부에 쉽게 도달할 수 있도록 충분한 간격을 가질 수 있도록 상승 잭의 길이가 고려되어야 하며 진공함의 개폐시 손쉽게 냉각수관의 연결을 위하여 쿼코넥터등을 사용하여야 하며 전선 부분의 연결도 분해 조립 없이 사용할 수 있는 플러그 방식의 연결 방식을 사용하였다.

2) 진공함 및 다른 싸이클로트론 부품들의 방사화 되는 것을 줄이기 위하여 빔의 인출 효율이 높아야 하며 고전압 대전류 및 열에 강한 내방사능 재료로 이루어진 부품들로 제작되어 있다.

3) 이온원장치, cathode, stripper foil 등 정기적으로 점검되는 부분은 진공 벨브로 분리하여 진공함의 진공을 파손하지 않고 점검할 수 있도록 되어 있다.

4. 권역별 싸이클로트론 센터 설립

가) 배경 및 필요성

가속기 방사성의약품 생산 기반시설 확보로 원자력 중장기 연구결과인 핵종 생산 전용 가속기의 활성화를 이룩하고 가속기 방사성의약품을 생산하여 핵의학 분야에 공급함으로써 국내 핵의학 수

준을 향상시킨다.

가속기를 연구할 수 있는 기반을 조성하여 고부가가치인 가속기 개발을 선진국 수준으로 향상시켜 대학에서 방사성의약품을 연구하여 동위원소 분야의 발전을 통해 국내 핵의학 수준을 향상시킨다.

동위원소 지역 생산센터는 부지와 설치와 운영에 필요한 제반 시설만을 부담하므로 암환자의 경제적 부담의 완화 및 수입대체에 의한 국가 경제적 손실을 줄인다. 고에너지 입자 가속기 제작기술은 장비의 종합적인 구성의 특징상 다양한 분야의 극한 기술이 복합적으로 결합된 기술이므로 가속기 기술의 발달은 주변분야의 기술혁신과 개발을 파생시킨다. 이온원 발생 장치는 의료용, 산업용 및 연구용 등 다양한 분야에 응용이 가능한 장치로서 이로 인한 경제적 부가가치와 산업적인 고도화에 기여한다. 가속기를 이용한 이온 증착 기술로 제작되고 있는 차세대 반도체 및 신소재 개발에 이용 가능하며 사업 추진에 소요되는 예산은 결과적으로 대학 등 학계에 그 이득이 돌아가는 사업이다. 가속기 연구기반의 활성화를 통하여 사용자, 취급자의 방사성동위원소등 원자력의 활용과 연구를 촉진하여 추후 대학 및 거점지역에서 도입할 고가의 가속기를 국내 개발 품으로 대처함으로써 중복투자를 미연에 방지한다

생산의 활성화를 통하여 사용자, 취급자의 방사성동위원소의 활용과 연구를 촉진하고 사업 추진에 소요되는 예산은 결과적으로 일반인에게 그 이득이 돌아가는 사업으로 대국민 복지사업의 일환

고에너지 입자 가속기를 통하여 플라즈마 발생 기술과 초정밀 다극자석 개발기술 및 고 진공 기술 등은 차세대 에너지원 개발 기술 및 신 소재의 개발에 기여 할 것임

원자력의 평화적 이용이 주된 쟁점화가 되고 있는 현재, 원자력 기술 연구를 통한 방사선의 이용 연구는 원자력기술의 부정적 인상을 불식시키며 국민의 협조를 도출할 수 있는 전환점이 될 수 있으며 원자력의 평화적 이용이 확대되어 원자력에 대한 국민이해 증진에 기여할 수 있다.

가속기의 원활한 공급에 따라 저렴한 가격으로 환자의 병의 조기진단이 용이하여지고 이를 통한 조기치료로 암의 치료성적이 급격히 향상되면 국민들의 원자력 및 암에 대한 인식도 바뀔 것으로 기대된다.

나) 관련 시설의 운용 내용

가. 싸이클로트론 운영 및 RI 생산

- 가속기운전 및 유지보수는 원자력병원에서 일괄 관리 함
- 단반감기 싸이클로트론 핵종의 생산 시설
- 싸이클로트론 설치 건물, hot cells 등
- 방사약사 또는 방사화학자
- 필요장비 : 싸이클로트론용 전원장치, 냉각

장치, 싸이클로트론, RI QC 장비 등

- 생산 대상 방사성핵종 및 방사성 의약품 : F-18 FDG 등

나. 단반감기 방사성의약품 분배

- 표지 : 자동합성장치
- 분배 : 자동분배장치
- 사업팀의 구성 필요

다. 싸이클로트론 교육 및 연구

- 교육시설 : 실습실, 강의실
- 교육내용: 핵공학 전공의 학부학생 및 대학원생의 가속기 관련 기술 교육 핵 반응 실험에 의한 핵과학 기초 실험, 핵의학 등 관련 응용분야와의 공동연구, 인적교류 등을 유도

라. 지역 원자력문화센터

- 원자력 홍보, 문화행사, 시설 규모 등을 사

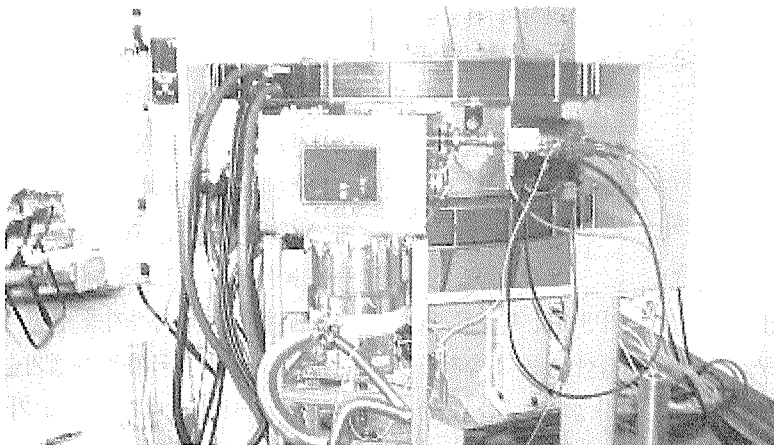


그림 2. 원자력병원 개발 싸이클로트론

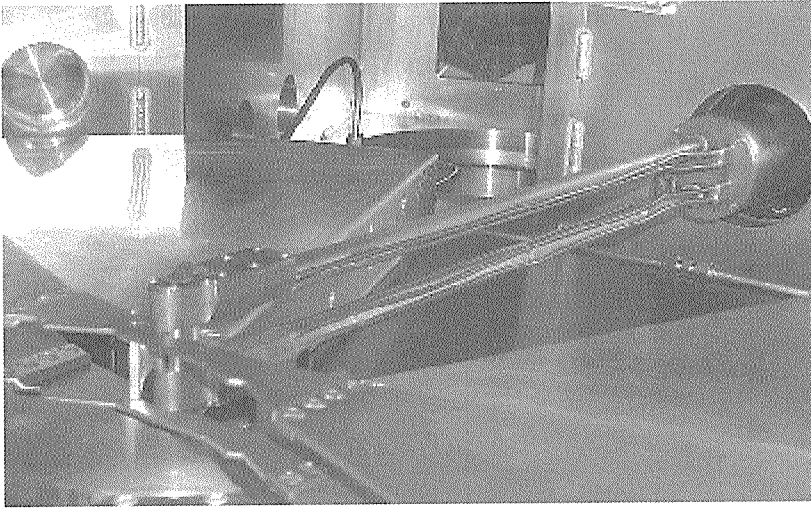


그림 3. 원자력병원 개발 싸이클로트론 내부

업단에서 기획함.

- 지역 원자력 학술대회, 공동연구 발표회 등의 행사를 지원함.

다) 권역 싸이클로트론센터의 역할

과학기술부 주관으로 KISTEP 산하에 원자력병원이 주관사업기관이 되고 지방대학이 참여하는 별도의 사업단을 구성하여 권역별 지역싸이클로트론센터 사업을 맡도록 한다.

원자력병원은 예산의 집행, 싸이클로트론 유지 보수, 방사성의약품생산 관련 전문인력 양성 및 기술지원을 담당한다.

지방대학은 센터설치를 위한 부지 및 건물을 제공한다. 싸이클로트론의 설치는 원자력 기기 국산화 활성화를 위하여 국내산으로 잠정적으로 정한다. PET용 방사성의약품의 분배사업을 담당할 별도의 조직이 필요하다.

지방대학과 원자력병원, 한국방사성동위원소협회 및 싸이클로트론 기기생산 예정업체로 컨소

시엄을 구성하여 사업을 맡도록 한다.

라) 기대효과

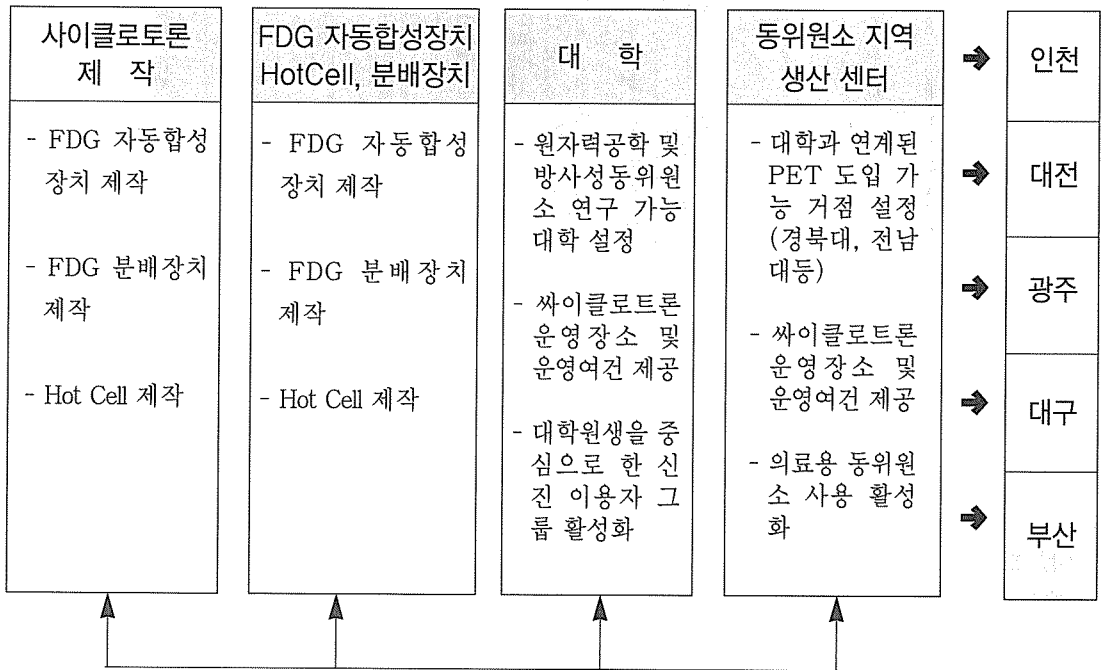
의학분야에서 사용되어질 PET용 단수명방사성 동위원소의 생산으로 동위원소를 사용하는 PET 이용 등 의료적 이용이 활성화되어 국민 건강증진의 효과를 갖게 되고 양성자 등의 입자선 치료에 적용, 보론 입사중성자 치료, 고속 중성자선 치료 등의 기초 연구에 사용이 가능하다

국내 등에서 대학을 주축으로 한 이러한 주변기술의 개발잠재력은 매우 크리라 예상되므로 가속기 사용은 이러한 별개의 산발적인 기술을 총집결하여 신기술 창출을 유도하는 계기가 되리라 생각되며, 기술 선진국과의 실제적인 기술 교류는 국내의 이러한 기술을 한 단계 높이는데 기여하리라 전망 된다.

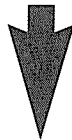
가속기 방사성의약품 생산 기반시설 확보로 핵의학 분야에 단반감기 핵종을 공급하여 국민 보건과 삶의 질을 한 단계 향상 시킨다. 지역적으로

동위원소 지역 생산 센터 구축사업

싸이클로트론 및 FDG 합성장치를
공급으로 국가적 동위원소 생산체제 구축



기술 전수
<ul style="list-style-type: none"> - 싸이클로트론 운영기술 - 동위원소 생산 기술 전수



- 원자력 이용기술의 보급
- 핵과학기술 선진화 및 민간 활용
- 국민 복리 증진

방사성 의약품을 생산할 수 있는 기반을 조성하여 고부가가치인 국내 방사성의약품 생산기술을 선진국 수준으로 향상시킨다. 가속기 방사성의약품 생산 기반시설 확보로 원자력 중장기 연구결과인 핵종 생산 전용 가속기의 활성화 한다.

가속기 방사성의약품을 생산하여 핵의학 분야에 공급함으로써 국내 핵의학 수준을 향상시킨다

가속기를 연구할 수 있는 기반을 조성하여 고부가가치인 가속기 개발기술을 선진국 수준으로 향상시킨다. 대학에서 방사성의약품을 연구하여 동위원소 분야의 발전을 통해 국내 핵의학 수준을 향상시킨다.

최근 전세계적으로 암 조기진단 기술로 많은 관심을 받고 있는 PET의 활성화를 위하여 PET 기술 확보 및 PET 방사성의약품의 원활한 생산 공급한다. 고에너지 입자 가속기 제작기술은 장비의 종합적인 구성의 특징상 다양한 분야의 극한 기술이 복합적으로 결합된 기술이므로 가속기 기술의 발달은 주변분야의 기술혁신과 개발을 파생시킨다.

이온원 발생 장치는 의료용, 산업용 및 연구용 등 다양한 분야에 응용이 가능한 장치로서 이로 인한 경제적 부가가치와 산업적인 고도화에 기여한다.

5. 결론

전술한 바와 같이 싸이클로트론은 여러 회사에서 각각의 특징과 장점을 가지고 다양한 기종을 설계 제작하고 있다. 현재 싸이클로트론의 가격은

회사와 기종별로 다르나 150만불에서 250만불까지 호가하는 고가의 장비이다. 싸이클로트론은 고가의 장비로 도입도 중요하지만 고장시 부품비도 상당히 비싸며 싸이클로트론 제작사들의 부침이 예상되어 항시 예비 부품을 보유하여야만 계속적으로 장비를 유지시킬 수 있다. 통상 싸이클로트론의 수명은 20년에서 30년까지 예상되는데 지난 30년동안 싸이클로트론의 주요 생산 회사였던 미국의 TCC 불란서의 CGR MeV가 도산하였고 독일의 AEG는 생산을 중지하였으며 스웨덴의 SCX도 여러 차례 부도후 현재 의로기기회사로 전략 해 버린 실정이다. 싸이클로트론의 주요 부품들은 회사별로 특징적으로 설계되어 회사가 도산하면 부품조달 및 고장 수리가 어렵게 된다. 따라서 장비 도입시 여벌의 중요 예비 부품의 도입을 권장한다.

싸이클로트론이 국내에 도입된지 10년 가까이 되었고 실제로 한국에서 소형의 연구용이기는 하지만 이미 1959년에 양성자빔 1MeV의 싸이클로트론도 제작했던 기록도 있다. 현재 국내에는 PET용 싸이클로트론이 2대 도입되어 가동 중에 있다. 그러나 앞으로 PET가 각광을 받게 됨으로 싸이클로트론의 숫자는 훨씬 증가할 것으로 예상되므로 국내에서 싸이클로트론을 설계 제작하여 주요 포스트에서 PET용 동위원소를 공급하고 병원에서는 PET scanner 만을 운용하는 방식을 채택한다면 효율적인 싸이클로트론의 운용과 표준화된 부품 사용으로 부품 조달이 용이하여 신뢰성 있게 PET이 활용되어 국내에서 이 분야의 발전이 예상된다.

KRIA