

# 양성자가속기의 역할과 전망



한국원자력학회 최 병 호  
양성자기반공학기술개발사업  
단장

## 1. 머리말

20세기 과학기술의 핵심은 전자, 핵 그리고 빛이었고, 이를 이용한 전기, 전자, 원자력 및 레이저 관련 사업이 주를 이루었다. 이와 같이 20세기의 과학기술의 괄목한 발전을 가져올 수 있었던 것은, 20세기 들어와 비로소 물질의 근원인 원자를 발견하고 이를 탐구하여 활용할 수 있었기 때문이다. 20세기 초반에 양자물리가 성립되어, 오늘날 우리가 알고 있는 원자는 중심에 “+” 전기를 띤 무거운 원자핵과 그 주위를 “-” 전기를 띤 전자가 돌고 있는 원자의 모형이 완성되기에 이르렀으며, 이러한 발전의 중심에는 늘 양성자가속기가 있어, 이들 이론을 실험을 통하여 엄격하게 검증하여 확립하고, 더 나아가 새로운 입자들을 생성하여 새로운 물질의 세계의 지평을 연 것이다.

그러면 21세기의 과학기술은 어떻게 전개될까? 아마 그 단초는 1990년대부터 시작된 소위 중성자 과학(Neutron Science)이나 양성자 공학(Proton Engineering)에서 찾을 수 있을 것 같다. 많은 과학자들은 21세기는 핵자의 시대로서, 양자혁명의 시대가 될 것이라고 예측하고 있다. 즉, 원자핵의 핵자들을 떼어 내어 이를 날개로 활용하는 새로운 과학기술 문명의 시대가 열릴 것이라는 것이다. 그중 중성자과학이란 원자로, 양성자가속기 등을 이용하여 중성자를 다량으로 생산하여 사용하는 분야로서, 현재 물질의 3차원적인 원자 배열을 밝힐 수 있어 각종 물질의 원자배열의 정보와 유전자, 단백질 등의 생명정보를 확보할 수 있는 중요한 수단으로 개발되고 있다. 양성자공학이란 양성자를 에너지별로 대량으로 값싸게 생산하여 활용하는 분야로서, 앞으로 언급할 첨단산업기술, 신 의료기술, 방위산업기술 및 미래원자력기술의 개발에 활용될 것이다. 현재, 산업기술 전반의 흐름은 이미 NT(Nano-Technology), BT(Bio-Technology), IT(Information-Technology), ET(Environmental-

Technology)를 기반으로 성장하고 발전해 가고 있을 뿐만 아니라, 학제간의 경계가 없어지고 분야별 기술의 융합을 통해 시너지 효과를 극대화하는 방향을 향해 가고 있다. 따라서 앞으로는 다양한 에너지의 양성자를 다양한 기술 분야에서 활용하는 기술개발이 양성자공학의 범주에서 시도될 것이다. 세계적으로도 양성자가속기로 강력 중성자원을 만들어 BT, NT, ET, 재료과학 등에 활용하는 기술이 선진국들을 중심으로 서서히 성장하고 있으며, 양성자를 이용한 동위원소생산 및 암치료기술 등의 많은 양성자공학의 기술들이 실용화되고 있다.

아마 대부분의 사람들은 가속기를 떠올리면 대부분 포항 방사광가속기 PLS(Pohang Light Source)를 떠올릴 것이다. 이 가속기는 2 GeV 전자 선형가속기와 저장링으로 구성된 국제적 규모의 가속기로서, 광속도에 근접한 속도를 내는 전자 빔(Electron Beam)이 자기장 속에서 휘어질 때 접선방향으로 나오는 빛, 즉 방사광(Synchrotron Light)을 이용한 물질 분석, 반도체 식각, 광화학 반응 등 기초 연구 및 학술 목적에 사용되고 있다. 반면 양성자가속기는 수소원자로부터 분리한 양성자(Proton)를 빠른 속도로 가속하여 기초연구뿐만 아니라 산업 및 의료 등 다양한 분야에서 활용할 수 있는 장치로 발돋움하게 되었다. 이는 가속관을 통해 가속되는 양성자는 속도에 따라 물질의 분자나 원자를 날개로 띄어 내거나, 물질의 표면에 박혀 새로운 물질을 형성하거나, 물질의 원자핵과 반응 또는 파쇄 그리고 핵자를 구성하는 중간자 등과의 소립자 반응 등의 다양한

현상을 가지고 있어, 현재까지 개발된 기술의 한계를 넘어서 다른 차원의 물질을 생성하거나, 기존 제품의 성능을 획기적으로 향상시키는 기술개발을 할 수 있는 역할을 담당하리라 보기 때문이다.

## 2. 양성자가속기 개발의 역사 및 현황

### -양성자 가속기 개발 역사:

과학자에 의해 최초로 양성자 가속이 시도되었던 것은 1931년 영국의 코크로프트(J.D. Cock-croft)와 월튼(E. T. S. Walton)에 의해서였는데 그들은 고전압 전기회로로 구성된 정전형가속기로 양성자를 750 keV까지 가속하여 리튬 표적에 쏘여서 인공적인 핵반응( $Li+P \rightarrow 2He$ )을 시키는 데에 성공하였다. 그 후 더 높은 에너지를 갖는 양성자는 미국의 로렌스(E. O. Lawrence)에 의해서 발명된 원형 가속기의 일종인 사이클로트론(Cyclotron)에서 얻어졌다. 이후 제2차 세계대전 중에 원형 가속기의 일종인 싱클로트론(Synchrotron)이 미국의 맥밀란(E. M. McMillan)과 소련의 벡슬러(V. Veksler)에 의해서 원리가 발명되어 양성자의 에너지는 기하급수적으로 증가하게 되었다. 그래서 1980년 중반에는 에너지량이 1 TeV ( $10^{12}$  전자볼트)에 이르게 되었고, 이렇게 얻어진 높은 에너지의 양성자는 물질의 근원인 소립자 탐구에 사용되어 많은 노벨상 수상자들이 배출될 수 있었다.

선형 가속기(Linear Accelerator)는 위테로(R. Wideroe)에 의해 1928년에 이미 나트륨 이온 가속에 사용되었으나, 양성자 선형가속기는 2차 세계대전 당시 레이더 기술

에서 얻어진 대출력 고주파원의 뒷받침을 받아서 알바레스(W. L. Alvarez)에 의해 1947년 처음으로 완성되었다. 선형가속기는 원리적으로 다량의 양성자를 동시에 가속할 수 있으므로 개발 초창기부터 대전류형 가속기로서 각광을 받았다. 이후 대용량 양성자 가속기는 미국 로스알라모스 국립연구소(Los Alamos National Laboratory)의 800MeV 1mA급 선형 가속기(LAMPF)가 1980년대 말까지 중간자물리와 원자력 분야 연구에 주로 이용되는 정도였다. 하지만 1990년대에 이르러 영국에서 러더포드 애플턴연구소(Rutherford Appleton Laboratory)의 ISIS 및 스위스 PSI 연구소의 SINQ 가속기가 파쇄중성자원의 용도로 건설된 이후 다시 대용량 양성자 가속기의 건설이 활발해지고 있다. 그동안 저에너지 양성자가속기 개발은 주로 의료 및 산업용으로의 개발이 활발히 진행되었다. 그 대표적인 예가 주로 의료 분야에서 많이 이용되는 PET용 및 동위원소 생산용 양성자가속기와 반도체 공정에서 주로 사용되는 이온 및 양성자 주입장치로 현재 우리 주변에 널리 사용되고 있다.

#### -선진국들의 대용량 양성자가속기 개발 현황:

현재 선진외국에서 개발 중인 10mA급 대용량 양성자가속기는 미국과 일본에서 2006년 및 2007년에 완공 예정으로 10억 eV(1GeV)의 에너지를 갖는 양성자를 초당 6경개( $6 \times 10^{16}$ 개) 이상 만들 수 있는 선형가속기를 개발하고 있다. 이들 가속기는 고속의 양성자를 금속표적에 충돌시켜 생산된 중성자로 물질의 3차원적 구조분석 등의 생명공학과 나노기술이 접목된 신소재 개발 등에 활

용될 예정이다.

미국에서 건설 중인 양성자가속기는 현재 14억불을 투입하여, 2006년 완공을 목표로 양성자 빔 출력 1,400kW의 파쇄중성자원 SNS (Spallation Neutron Source)을 테네시주 오크릿지에 건설하고 있다. 이 개발 프로젝트는 미국의 가속기관 관련 6개 국립연구소(Argonne National Lab., Brookhaven National Lab., Lawrence Berkeley National Lab., Los Alamos National Lab., Oak Ridge National Lab., Thomas Jefferson National Accelerator Facility)가 공동으로 참여하여 수행하고 있다. 지난해 미국 오크릿치 국립연구소 SNS 건설현장의 근처에서는 미국 에너지성장관의 참석 하에 미국의 첫 번째 나노센타(Nanoscale Science Research Center)의 기공식을 가졌다고 한다. 14억불이 소요되는 SNS시설 옆에 6,500만불을 투입하는 나노센타 시설을 건설하여 두 시설이 다방면에서 보완적으로 활용될 것이라 한다. 이러한 사실은 양성자가속기가 NT의 개발에 크게 기여할 것이라는 점을 시사하고 있다.

한편 일본에서는 일본 원자력연구소(JAERI)와 고에너지가속기연구기구(KEK)가 양성자 빔출력 1MW의 다목적 양성자가속기 계획(J-Parc)을 태평양에 면한 JAERI의 도카이무라 부지에 건설하고 있다. 기초 시설을 완성하는 1단계 예산은 1,335억엔으로 2007년을 목표로 건설이 진행되고 있다. 또한 유럽에서도 현재 소립자 탐구를 목적으로 유럽연합가속기연구소(CERN)에 대형 원형 양성자가속기인 LHC의 건설이 2006년도 완공을 목표로 진행되고 있으며, 건설

이 완료되면 미국 및 일본에서 진행 중인 대용량 양성자가속기와 동급의 양성자가속기 파쇄중성자원 (ESS)를 추진하려는 계획을 가지고 있다.

선진국에서 이러한 대용량 양성자 가속기를 개발하는 이유는 모두 21세기 국가 발전에 필수적이라 생각되고 있는 원천 기술의 개발에 필요한 도구를 만들기 위해서이다. 이 도구는 분자나 원자의 구조 등 극미세 구조를 볼 수 있어야 하고, 원자를 날개 단위로 가공할 수 있는 것이어야 한다. 이러한 기술은 NT, BT, ST, ET 등 첨단산업 분야에 많은 기술 발전을 가져다 줄 것이라고 생각되고 있으며, 이미 이러한 대형 가속기 프로그램은 이러한 분야와 연대하여 개발이 진행 중이다.

#### -국내 양성자가속기 개발 현황 :

우리나라에서도 1960년대부터 가속기를 개발한 역사를 가지고 있었지만 주로 외국에서 기초연구 및 의료용으로 생산된 소형 가속기를 수입하여 활용하는 단계에 있었다. 하지만 2002년 양성자기반공학기술개발사업이 착수되면서 외국과 견줄 수 있는 가속기를 자체개발하고, 이를 활용하는 기술을 개발할 수 있는 장이 열리게 된 것이다. 현재 사업을 추진하고 있는 양성자기반공학기술개발사업단은 양성자가속장치 분야에서는 세계적으로 10mA(밀리 암페어)급 이상의 대용량(대전류) 양성자가속기를 개발하고 있는 미국, 일본보다는 좀 뒤떨어져 있지만, 영국, 불란서, 스위스 등의 유럽선진국들과는 견줄만한 실력을 갖추고 있다.

현재 국내에서 운영 중인 양성자가속기는

약 10여기로 기초연구 및 분석용으로 4기와 의료용으로 6기가 있다. 이 가속기들의 에너지는 2~50MeV급이며, 빔 전류도 0.002~0.15mA로 단일 목적의 가속기들이다. 현재 사업단에서 건조 중인 양성자가속기는 100MeV, 20mA급의 선형 양성자가속기로 전략적으로 선진국과의 경쟁이 가능한 기술을 선택하여 집중개발하고, 국가경쟁력을 향상시킨다는 정부의 21세기 프론티어연구개발사업의 철학 및 목표를 달성하기 위해서 에너지대의 가속장치 및 양성자 빔 응용기술개발을 중점적으로 추진하고 특히, 산업적 활용 연구에 박차를 가하고 있다. 특히 고에너지화를 추구하는 선진국의 양성자가속기 개발 계획과의 차별화를 이루어, 우리만의 고유 특성을 발휘할 수 있는 틈새 전략으로 추진하고 있다. 현재 개발 중인 양성자가속기는 2005년까지 20MeV, 2010년까지는 100MeV 가속장치를 개발할 예정으로 추진 중에 있다. [표 1]은 국내 운영 중인 양성자가속기 및 사업단에서 개발 중인 양성자가속기 현황을 나타낸 것이다.

### 3. 양성자와 물질과의 반응 및 활용분야

#### -양성자 에너지에 따른 물질과의 상호작용 :






양성자는 그 한 개의 질량이  $1.67 \times 10^{-27}$  kg이고 그 크기는 약 100만분의 1 나노미터에 해당되는 아주 작은 입자이다. 양성자의 속도는 질량과 에너지의 상관관계에서 결정되는데 빠른 속도를 가진 양성자가 물질과 충돌했을 때 일어나는 여러 가지 기본 현상들을 잘 이해하게 되면, 양성자를 어떻게 활용할 수 있는지 알 수 있게 된다. [그림 1]은 양성자

속도에 따른 물질과의 반응현상을 나타낸 것이다.

**-양성자 에너지에 따른 활용분야 :**

일반적으로 양성자가속기의 특성을 결정

짓는 변수는 에너지와 전류이다. 에너지가 크고 전류가 작은 가속기는 주로 고에너지 물리학 등의 기초과학 연구에 활용된다. 산업적 활용 목적을 위해서는 생산성이 중요하게 되는데, 이 경우 빔 전류가 학술연구용에 비

양성자 에너지	속도	물질과 양성자와의 반응	주요 이용 분야
~1 keV	500km/초	 스퍼터링(Sputtering) : 분자, 원자 띄어내기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노 가공</li> <li>• 빔 가공</li> </ul>
~100 keV	5천km/초	 주입(Implantation) : 물체속에 투입됨	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표면 개질</li> <li>• 나노 결정</li> <li>• 반도체 도핑</li> </ul>
~10 MeV	5만km/초	 핵반응(Nuclear Reaction) : 물질의 원자 핵과 반응	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신종 유전자원</li> <li>• RI 생산</li> <li>• 방사선 의료기기</li> </ul>
~100 MeV	13만km/초	 핵파쇄(Spallation) : 무거운 원자핵을 파쇄 시킴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중성자 원</li> <li>• 신종 RI</li> </ul>
~1 GeV	26만km/초	 소립자반응 : 핵자를 구성하는 중간자 등의 반응	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 뮤온/뉴트리노 과학</li> <li>• 핵/입자 물리</li> </ul>

※빛의 속도 : 약 30만 km/초    원자 ○    전자 ◦    양성자 ●    중성자 ○    소립자 ◦

[그림 1] 양성자 속도에 따른 물질과의 반응

[표 1] 국내 운영 중인 양성자가속기 및 사업단 개발 가속기 현황

운영기관	가속기 용도	가속기 제원			장치제작	주요 용도	비고
		가속기 종류	빔 에너지 (MeV)	빔 전류 (μA)			
서울대학교	분석용	탄뎀 (Tandem)	6	~3	수입	• 고고학 분야, 탄소 연대 측정용	
지질자원연구원	분석용	탄뎀	3.4	~3	수입	• 극미량 물질성분 분석용	
과학기술연구원	분석용	탄뎀	4	~2	수입	• 극미량 물질성분 분석용	

운영기관	가속기 용도	가속기 제원			장치제작	주요 용도	비고
		가속기 종류	빔 에너지 (MeV)	빔 전류 ( $\mu$ A)			
전자통신 연구원	분석용	탄뎀	2	~2	수입	• 극미량 물질성분 분석용	
원자력의 학원	의료용	싸이클로트론 (Cyclotron)	50	~20	수입	• 의료용 동위원소 생산용 • 중성자 치료용	
	의료용	싸이클로트론	30	~50	수입	• 의료용 동위원소 생산용	
	의료용	싸이클로트론	13	~50	국내개발	• PET 동위원소 생산용	권역별 2기 건설 중 (대구·경북대) (광주·조선대)
서울대병원	의료용	싸이클로트론	13	~150	수입	• PET 동위원소 생산용	
삼성서울병원	의료용	싸이클로트론	16.5	~100	수입	• PET 동위원소 생산용	
세브란스 병원	의료용	싸이클로트론	18		수입	• PET 동위원소 생산용	
국립암센터	의료용	싸이클로트론	230	~1	수입	• 양성자 암 치료용	건설 중 (2005년 설치 완료 예정)
사업단	다목적용	선형 (Linac)	100	~20,000	국내개발	• 산업기술 개발용 (NT, BT, IT, ST 등) • 기초연구 및 의료용	건설 중 (2012년 설치 완료 예정)

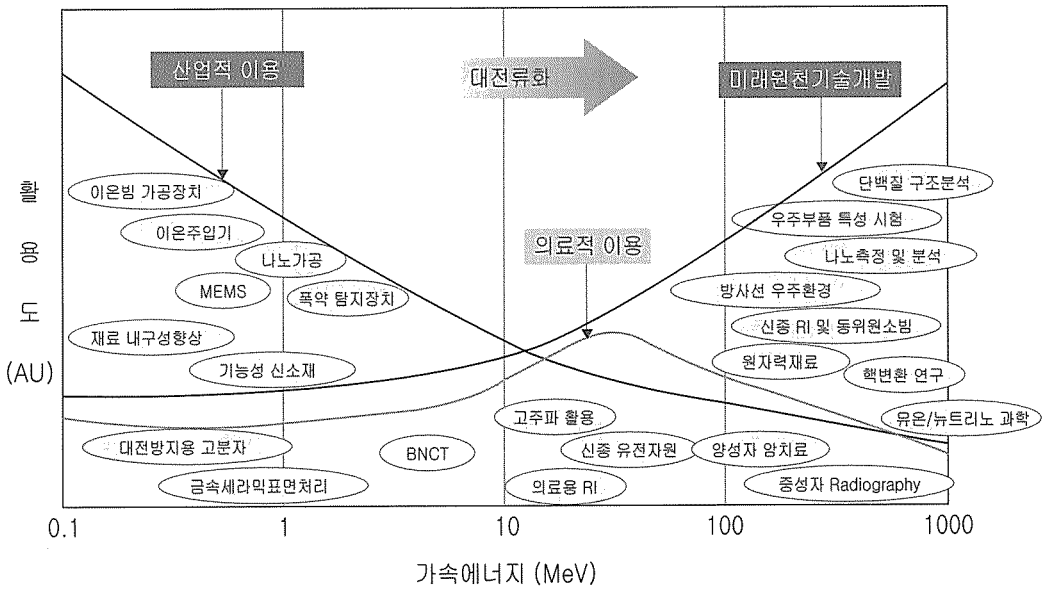
하여 보통 천 배 내지 만 배 정도가 더 큰 수십 mA 급의 대전류 가속장치가 사용된다. 의료용으로는 그 중간급인 양성자가속기들이 의료용 동위원소생산 및 암 치료 등에 활용되고 있다. [그림 2]는 양성자 에너지에 따른 활용 분야를 나타낸 것이다. 그림에서 보여주는 양성자 빔의 다양한 활용성 및 이에 따른 사회·경제 전반에 미치는 파급효과 이것이 바로 전 세계 과학 기술계의 이목을 집중시키고

또한 양성자가속기 건조에 막대한 비용과 인력, 시간을 투입하는 요인인 것이다.

#### 4. 양성자기반공학기술개발사업 내용과 추진현황

##### -양성자기반공학기술개발사업 내용 :

양성자기반공학기술개발사업단은 국가 과학기술 경쟁력을 향상시켜 선진경제를 실현



[그림 2] 양성자가속기 특성에 따른 활용도

하고 선진국 수준의 삶의 질을 구현하며 기술 혁신의 성과를 사회기반 전 분야로 확산시키고자 21세기 프론티어연구개발사업단으로 2002년 7월에 출범하였다. 본 사업은 양성자가속기를 개발하여 NT, BT, IT, ST 등 중요 국가과학기술 분야의 발전기반을 확충하는데 그 목표를 두고 있다. 사업단은 향후 10년간 3단계 개발 일정에 따라 총 1,286억원의 예산을 투입하여 100 MeV, 20 mA급의 선형 양성자가속기 건설을 위한 연구를 수행 중에 있다. 사업단에서는 2002년 9월 사업 1단계 1차년도 연구에 착수하면서 1단계 2차년도인 현재 가속장치 개발 분야, 가속장치 및 빔 이용 분야와 통합시스템 및 기술지원 분야로 나누어 총 21개의 세부연구과제를 선정하여 추진 중에 있다. 본 연구에는 5개 연

구소, 12개 대학교 그리고 15개의 기업체를 포함한 총 330여명의 연구 인력이 참여하고 있다. 양성자기반공학기술개발사업은 양성자공학 분야를 집중 개발하여 외국과 차별화된 우리 고유의 기술을 개발하고, 첨단산업단지(NT, BT, IT, ST, ET 등), 의료기관, 관련 연구기관 및 전문교육기관으로 구성된 과학기술단지를 조성하여 산업적 활용의 극대화를 기하고자 한다. 궁극적으로는 1 GeV로의 양성자가속기 확장 프로그램을 수립하여 국내 증성자원의 한계를 극복하고 양성자가속기를 이용한 High Flux의 펄스 증성자를 이용자에게 공급할 수 있도록 추진할 예정이다.

**-핵심 가속기 장치기술의 국산화 추진 :**

본 양성자가속기는 에너지 100 MeV, 빔

전류 20 mA의 성능을 가지고 있다. 100 MeV의 에너지는 기존의 가속기들에 비하면 낮은 편에 속한다. 하지만 양성자가속기를 평가하는 또 다른 한 축인 양성자 빔 전류가 20 mA라는 점이 가속장치 기술개발의 측면에서는 매우 의미가 크고 또한 중요하다. 왜냐하면 에너지를 높이는 기술은 이미 잘 확립된 기술인 데에 반해서 전류를 높이는 기술은 전류가 클수록 양성자들 간의 반발력이 커져서 양성자들의 집속이 매우 어렵기 때문이다. 바로 이런 이유로 해서 선진국들에서도 1980년대 중반에 들어와서야 10 mA급 양성자가속기 개발이 가능하게 되었다. 가속기 개발에서 강조하는 또 다른 한 가지는 ‘핵심 기술의 국산화’이다. 사업단에서는 지금까지 원자력중장기사업을 비롯해 다양한 가속기 관련 사업을 추진해본 경험을 보유하고 있다. 특히 원자력중장기사업에서 양성자가속기 개발은 1997년부터 지난해까지 지속적으로 이루어졌으며, 양성자가속기 전단부를 개발한 실적이 있다. 이를 통해 본격적인 대형 양성자가속기 개발을 위한 국내 기술의 벤치마킹이 이룩될 수 있었던 것이다. 이런 연구를 통해서 양성자 입사기를 비롯해 고주파 4중극 가속장치(RFQ: Radio Frequency Quadrupole)를 개발하는 데에도 성공하였다. [그림 3]은 현재 한국원자력연구소 내에서 개발 중인 양성자가속기의 전경이다.

**-주요 가속장치 및 빔 이용기술 연구개발 내용:**

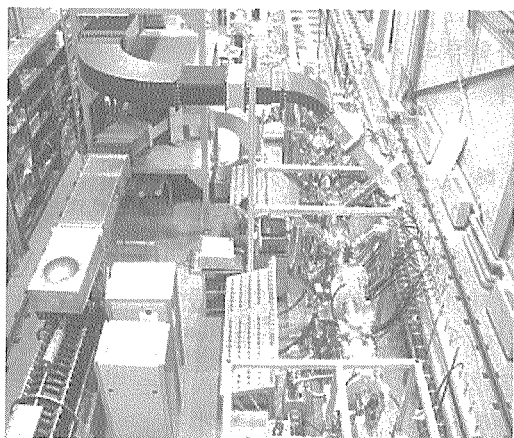
현재 추진 중인 사업을 통해 대표적으로 가시적인 성과를 조기에 달성할 수 있는 분야에 대한 연구테마를 소개하면 다음과 같다.

**■ 가속장치 응용분야**

양성자가속기의 제일 앞단은 양성자 입사기로서, 수소에서 양성자를 분리하여 가속하게 된다. 이러한 입사기 장치기술을 응용하면 각종 용도의 이온빔 장치를 만들 수 있는데, 현재 다양한 이온빔 장치가 개발되어, 기존 플라스틱 제품에 다양한 기능(전도성, 강도, 자외선 차단 등)을 부여한 기능성 소재의 개발, 수십 나노미터급의 금형 표면정밀연마 이온공정기술로 디스플레이, 카메라, 핸드폰용 초정밀 금형을 제작하는 기술 개발 등의 신기술 개발에 이용하고 있다.

**■ 나노 가공기술 개발(NT) 분야**

나노 단위두께의 반도체 웨이퍼 제작에 양성자 빔을 활용하는 기술로, 기존 반도체 생산용 웨이퍼에 비해 각종 전기적 특성이 우수한 차세대 웨이퍼 생산기술을 개발하기 위해 양성자 빔을 주입하여 수십~수백 나노미터급의 SOI(Silicon on Insulator)웨이퍼를 제조하는데 활용될 기술을 개발중이다.



[그림 3] 현재 개발 중인 양성자가속기 전경



### ■ 전력반도체 소자 제조기술 개발(IT) 분야

전력소자들에서 전력손실을 줄이고 스위칭 속도를 향상시키기 위해 현재 사용하고 있는 방법의 단점을 보완할 수 있는 대체기술로 양성자 빔 조사 방법을 개발하고 있다. 특히 양성자 빔 조사를 이용한 전력용 반도체소자(IGBT, GTO, FRD 등)는 기존제품에 비해 약 2배 이상의 스위칭 속도를 향상시킨 고품질 제품 생산으로 이 분야의 경쟁력 향상에 크게 기여할 것으로 예상된다.

### ■ 생명공학기술 개발(BT) 분야

정상적인 자연환경 내에서 발생하는 돌연변이는 이론상 20만년에 겨우 한 종이 만들어질 정도로 극히 드디고 자연스럽게 발생한다. 이러한 돌연변이가 새로운 환경 또는 새로운 목적에 합당한 생물종의 품종개량을 위해 인위적으로 양성자 빔을 조사하여 돌연변이의 발생을 획기적으로 촉진하여 유용유전자원을 선택적으로 개발하는데 이용된다. 현재 생분해성 플라스틱의 대량생산을 위한 균주선별 및 산업적 활용성검증과제와 채소 및 화훼류의 신품종 개발 과제를 수행하고 있다.

### ■ 우주항공기술 개발(ST) 분야

지상에서 우주산업용 소자나 재료의 건전성을 확인하는 실험을 수행하려면 우선 우주 방사선에 유사한 환경을 만들어야한다. 우주 공간에서만 존재하는 다양한 방사선의 영향을 가장 유사하게 재현할 수 있는 방법은 다양한 에너지의 양성자를 이용하는 것으로, 양성자가속기를 이용하여 인공우주 방사선

환경을 지상에서 재현하는 시설 개발 및 인공 위성 부품의 내 방사선 특성시험 기술개발을 수행중이다.

### ■ 원천기술개발 분야

연구개발 중인 기술 외에 미래 지향적이고, 아직 시장이 형성되지 않았으나 많은 가능성을 잠재하고 있는 원천기술개발을 위해 이용자프로그램을 통한 기초연구 및 개발 가능성 타진을 계속적으로 추진하고 있다.

현재 국내에는 이와 같은 양성자 빔 이용기술개발을 위한 적합한 시설이 없어 사업단에서 건조중인 가속기가 완성될 때까지 부득이 미국, 일본, 프랑스, 영국 등 외국의 양성자가속기를 활용하고 있다. 외국의 가속기를 이용하여 연구 개발한다는 것은 비싼 사용료 지급뿐만 아니라 사용시간을 얻기에 많은 어려움이 따르고, 개발 내용이 공개되는 등의 상당한 문제점을 안고 있는 현실이다.

### -양성자가속기의 의료분야 이용가능성:

개발 중인 선형양성자가속기는 기존 상용 원형가속기인 사이크로트론 보다 빔 전류가 100~1000배 정도 크고 가속기 중간 단에서 빔을 낼 수 있어 다양한 에너지의 빔을 낼 수 있다는 특징을 가지고 있다. 따라서 20MeV 빔 라인에서는 F-18, C-11, N-13, O-15, As-74등의 양성자 단층촬영(PET)용 핵종 생산뿐만 아니라 Ga-67, Tl-201, Co-57, I-123 대량생산이 가능하고, 100MeV 빔 라인에서는 Tl-201, I-123의 생산과 특히 핵파쇄반응에 의한 약 1000여개의 새로운 방사성 핵종의 동시 생성이 가능하며, 새로운 특성의 동위원소 생산이 기대된다. 특히 에너

지가 100MeV~250MeV 정도에서는 가속된 양성자 빔을 일부 사용하여 양성자 암 치료 연구에도 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

### 5. 양성자가속기의 역할 및 전망

#### -사업유치기관 선정 :

원래 본 사업의 기본 추진계획은 양성자가속기의 장치개발, 건조 및 이용기술개발을 본 사업에서 담당하고, 가속기가 들어설 부지 및 부대시설은 사업유치기관을 공모하여 담당하게 하는 것이었다. 그 이유는 사업에 추가재원이 소요되기 때문이기도 하지만 원자력 분야 연구시설의 지역 분산화를 통해서 국민의 이해 증진을 도모하자는 데에 큰 취지가 있었다. 따라서 2002년 12월 공개공모를 추진하여 5개 지역에서 유치신청을 하였으나, 2003년 4월 국무회의의 결과에 따라 원전수거물 관리시설과의 연계신청 방향으로 추진하게 되었다. 2003년 7월 부안군이 연계로 신청한 바 있으나, 부안군내의 원전수거물 관리시설 유치를 반대하는 주민들의 농성이 계속되는 상황 등으로 양성자가속기 부지 선정이 이루어지지 않은 상태에서, 정부는 부안이외의 지역에서도 원전수거물 관리시설 유치신청을 할 수 있도록 2004년 2월 원전수거물 관리시설 부지 공모에 관한 새로운 공고를 한 바 있다. 이 공고에 의하면 원전수거물 관리시설 유치를 희망하는 지역에서는 주민투표를 거쳐 금년 12월말까지는 원전수거물 관리시설 예정구역 후보 부지를 선정하도록 되었다. 따라서 양성자가속기 사업부지도 금년 12월말 이후에나 결정될 것으로 보여 당초계획의 지연은 불가피 할 것으로 보인다.

#### -사업유치기관의 역할기대 :

본 사업은 가속기시설의 부지와 부대시설 및 연구지원시설은 본 사업을 유치하고자 하는 기관에서 제공하는 것을 기본요건으로 하고 있다. 따라서 사업유치기관 선정과정 뿐만 아니라 선정 이후의 협약 및 이행과정 전반에 걸쳐서 사업유치기관을 비롯한 지역사회와 전폭적인 지원과 상호간의 긴밀한 협조관계가 필요하며 시설운영단계에서도 주변 기관과 가속기시설과의 협력네트워크 구축이 필요하다.

본 양성자가속기시설은 어느 특정한 분야에 한정된 시설이 아니라 21세기 과학 및 산업 전반에 다양하게 응용될 수 있는 국가기반 시설(National Facilities)이다. 따라서 일단 접근성(Accessibility)측면에서 가장 유리한 사업유치지역 내의 산업 및 연구 기관들부터 본 양성자가속기의 효과적 시설 활용에 선도적으로 나서야 할 것이다. 특히, 향후 10년 동안 구축하게 될 양성자가속기는 그 활용 용도가 산업적인 목적에 보다 큰 주안점을 두고 있기 때문에 사업유치기관은 양성자가속기를 중심으로 과학기술단지를 조성하고 육성시켜 나갈 장기적인 발전비전과 구체적인 추진전략, 그리고 사업수행능력과 확고한 의지를 가져야만 할 것이다.

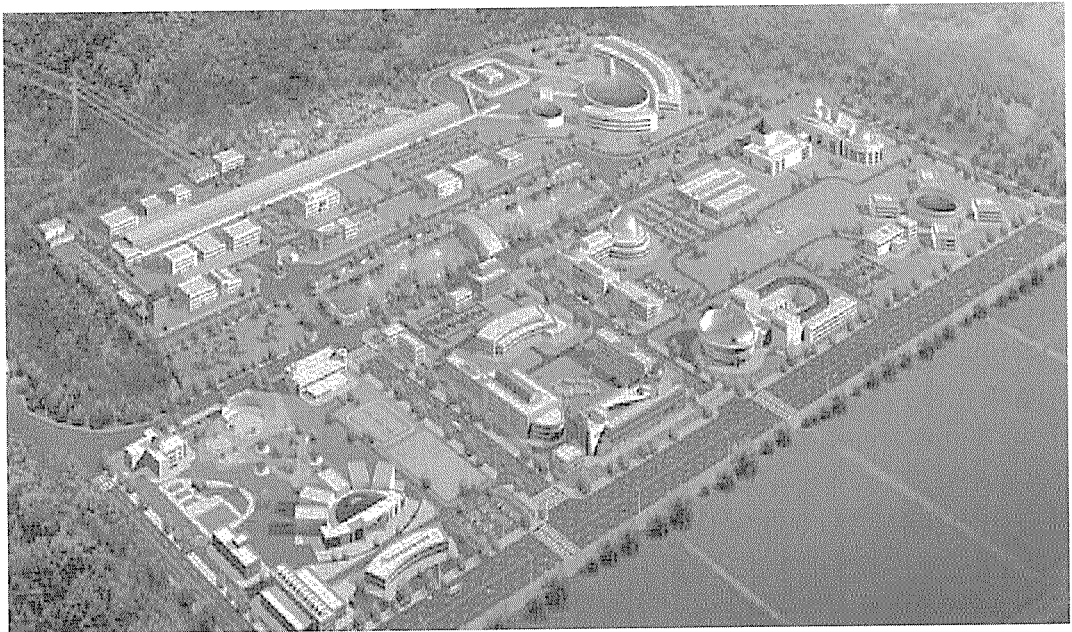
#### -지역사회발전의 토대마련 :

양성자가속기 개발에 따른 파급효과는 궁극적으로 이 사업의 수행을 통해서 국내에서 절대적으로 취약한 첨단 장치기술을 확보하고 미래 원천기술개발을 활성화함으로써 국내의 산업기술 고도화에 기여하고 이를 통해 차세대 과학기술 분야에서 선진국과의 본격

적인 경쟁에 뛰어 들 수 있는 기반이 구축되는 것이다. 양성자가속기는 그 용도가 매우 다양하기 때문에 지속적인 연구개발로 미래 원천기술을 개발하는 대형설비로 운영되고, 이를 중심으로 관련 연구시설, 첨단산업단지 및 벤처기업뿐만 아니라 최첨단 의료시설까지 접목되어 연구 개발과 산업이 공존하는 Techno-Park을 구현함으로써 지역발전에 크게 기여할 수 있는 계기가 마련될 것으로 기대한다. 나아가 선진국에서 개발하고 있는 양성자가속기 에너지 수준으로 확장하였을 시 그 파급효과는 보다 클 것으로 기대된다. [그림 4]는 1GeV 양성자가속기를 중심으로 한 과학기술단지의 예시도이다.

## 6. 맺음말

이제 가속기는 양성자가속기가 주로 핵물리 및 입자물리학의 연구도구로서만 인식되어, 물리학의 한분야로만 생각되었던 것이 이제는 의료분야에서의 활용을 시작으로 첨단 기술을 개발하는 도구로서의 역할을 담당하게 되었다. 양성자가속기는 분자 및 원자 이하의 단위를 다룰 수 있는 연구 설비로 특히 나노기술 및 바이오 기술 분야에 큰 도움이 되리라 생각한다. 우리도 본 사업을 통해 개발되는 양성자가속기가 궁극적으로 21세기를 주도해 나갈 미래원천기술개발의 산실이 되리라 기대한다.

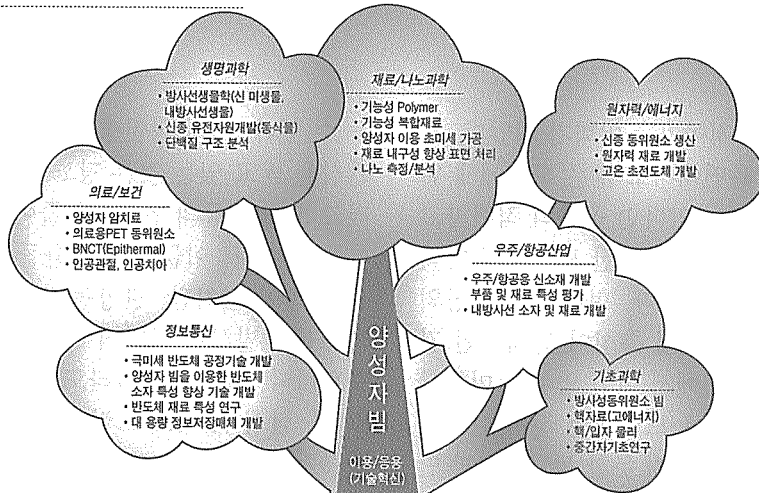


[그림 4] 1GeV 양성자가속기를 중심으로 한 과학기술단지 예시도

또한 우리나라의 가속기 관련기술은 이제 부티가 시작으로 앞으로 적극적인 기술개발을 통하여 조속한 시일 내에 기술의 정착을 도모해야 할 것이다. 요컨대 이미 우리 목전에 닥치고 있는 가속장치기술의 상업화시대에 조속히 대비할 수 있어야 하는 것이다. 물론 당분간은 본 사업범위에 속하는 가속기 기술과 빔 이용기술의 개발에 매진하여야 할 것으로 예상되지만 보다 장기적으로는 고에너지

지물리학 연구에 필요한 가속기들과 첨단산업에 소요되는 가속장치들 및 의료용 등의 다양한 가속기 기술들을 개발하는 데에도 눈을 돌려야 할 것이며, 다양한 빔 이용기술들의 개발과 산업화에도 많은 노력을 기울여야만 할 것이다. 앞으로 양성자가속기 사업의 부지가 어디로 결정되건 간에 기본적인 사업의 내용과 추진방향에는 변동의 여지가 별로 없을 것으로 기대해본다. **KRIA**

기술혁신



핵심기술 및 응용



기반기술



- 기술수목도 -