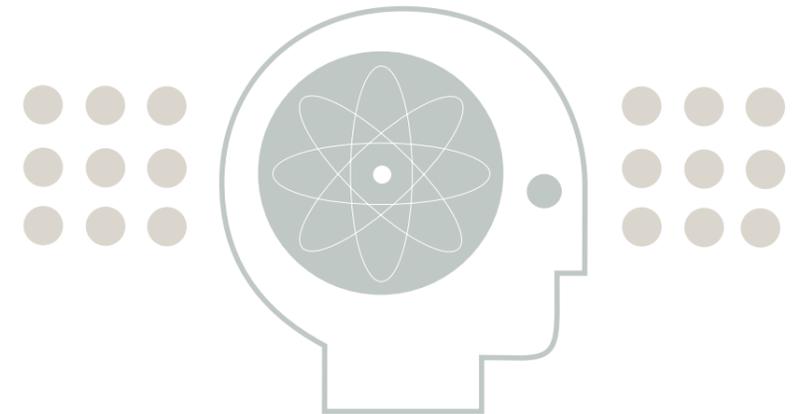


충청권공동발전연구단 세미나

## 「충청권 국제과학비즈니스벨트」의 성공적 구축



- ◎ 일 시 : 2008년 4월 15일(화) 14:00~16:00
- ◎ 장 소 : 충청남도청 대회의실
- ◎ 주최·주관 : 충청권공동발전연구단  
(대전발전연구원, 충북개발연구원, 충남발전연구원)
- ◎ 후 원 : 대전광역시, 충청북도, 충청남도

### 충청권공동발전연구단

대전발전연구원 · 충북개발연구원 · 충남발전연구원

문의처

충남 공주시 금홍동 101 충남발전연구원 기획정보팀

TEL. 041)840-1120~1

충청권공동발전연구단 세미나

## 「충청권 국제과학비즈니스벨트」의 성공적 구축

- 일 시 : 2008년 4월 15일(화) 14:00~16:00
- 장 소 : 충청남도청 대회의실
- 주최·주관 : 충청권공동발전연구단  
(대전발전연구원, 충북개발연구원, 충남발전연구원)
- 후 원 : 대전광역시, 충청북도, 충청남도

# 세 미 나 안 내

## ♣ 개 요

- ◆ 주 제 : 충청권 국제과학비즈니스벨트의 성공적 추진
- ◆ 일 시 : 2008년 4월 15일(화) 14:00~16:00
- ◆ 장 소 : 충청남도청 대회의실
- ◆ 주최·주관 : 충청권공동발전연구단  
(대전발전연구원, 충북개발연구원, 충남발전연구원)
- ◆ 후 원 : 대전광역시, 충청북도, 충청남도

## ♣ 진행 순서

14:00	개 회 사회자
14:00~14:05	개 회 사 충청권공동발전연구단장(육동일 원장)
14:05~14:08	환 영 사 이완구 충청남도지사
14:08~14:10	격 려 사 김문규 충청남도의회의장
14:10~15:00	주제발표 및 토론
	좌 장 : 김용웅 원장 (충남발전연구원) 제1 주제 : 중이온가속기 시설의 세계적 사례 발 표 자 : 최병호 박사 (한국원자력연구원) 토 론 자 : 김선근 교수 (대전대학교) 임호범 기자 (충청투데이) 이필용 의원 (충청북도의회)
15:00~15:10	휴 식
15:10~16:00	제2 주제 : 충청권의 국제과학비즈니스벨트 구축 타당성 발 표 자 : 박상철 교수 (한국산업기술대학교/KAIST) 토 론 자 : 김학민 원장 (충남테크노파크) 강병주 교수 (한남대학교) 안성호 교수 (충북대학교)
16:00	정리 및 폐회

# 목 차

## 제1주제 중이온가속기 시설의 세계적 사례 (최병호 박사)

1. 만물, 원자, 입자 빔 .....	2
2. 가속기 개요 .....	6
3. 국내 가속기 현황 .....	8
4. 세계적인 중이온가속기 현황 .....	12
5. 중이온가속기 활용분야 .....	16
6. 복합형 중이온가속기(예시) .....	21
7. 국제과학비즈니스벨트와 연계성 .....	24

## 제2주제 충청권의 국제과학비즈니스벨트 구축 타당성 (박상철 교수)

1. 현 황 .....	29
2. 기술선진국 발전전략 .....	33
3. 혁신클러스터의 의미 .....	35
4. 혁신클러스터의 신규경향 .....	36
5. 충청권 과학기술 인프라 및 투자 .....	37
6. 국제과학비즈니스벨트 구축 배경 및 이유 .....	40
7. 과학비즈니스벨트 추진과제(하드 인프라) .....	41
8. 과학비즈니스벨트 추진과제(소프트 인프라) .....	43
9. 결 론 .....	44



## 중이온가속기 시설의 세계적 사례

### 좌 장

- 김 용 응 원장 (중남발전연구원)

### 발 표 자

- 최 병 호 박사 (한국원자력연구원)

“중이온가속기 시설의 세계적 사례”

### 토 론 자

- 김 선 근 교수 (대전대학교)
- 임 호 범 기자 (충청투데이)
- 이 필 용 의원 (충청북도의회)

중성권공동발전연구단 세미나

# 중이온가속기 시설의 세계적 사례

Introduction to Heavy Ion Accelerators

2008. 4. 15

한국원자력연구원



양성자기반공학기술개발사업단  
Proton Engineering Frontier Project

[www.komac.re.kr](http://www.komac.re.kr)

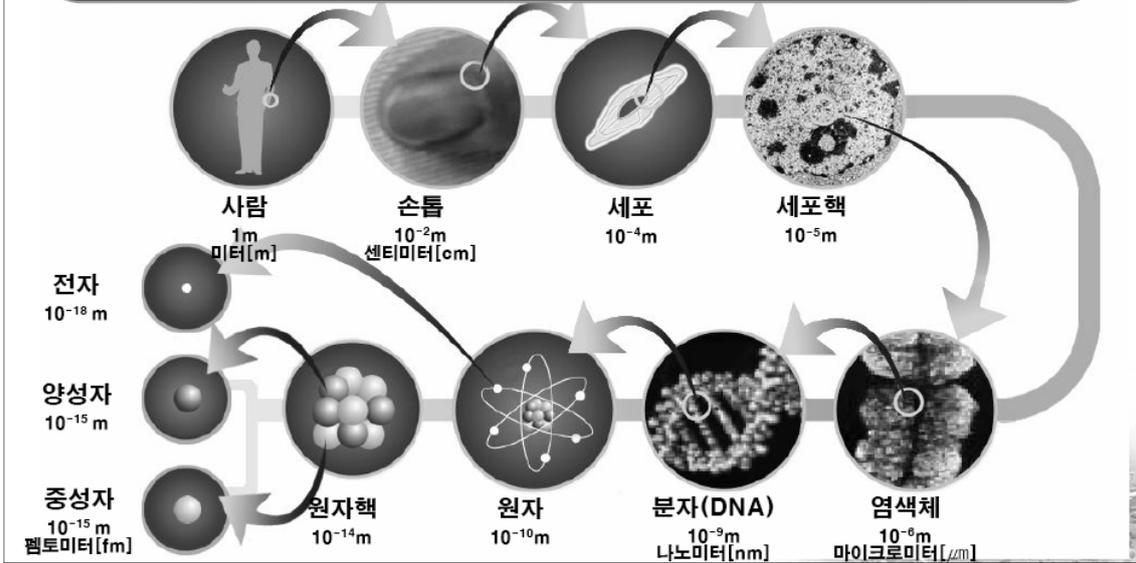
## 순서

PEFP Proton Engineering Frontier Project

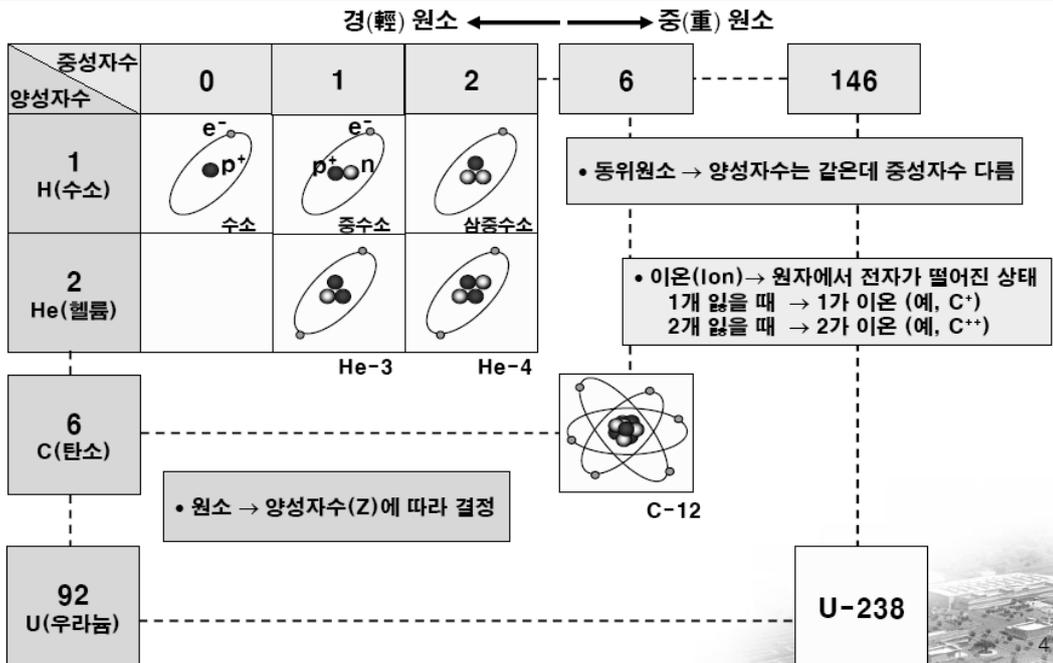
- ① 만물, 원자, 입자 빔
- ② 가속기 개요
- ③ 국내 가속기 현황
- ④ 세계적인 중이온가속기 현황 - 연구용, 의료용
- ⑤ 중이온가속기 활용분야
- ⑥ 복합형 중이온가속기 (예시)
- ⑦ 국제 과학비즈니스벨트와 연계성 (예시)

# 물질, 생명과 원자의 세계

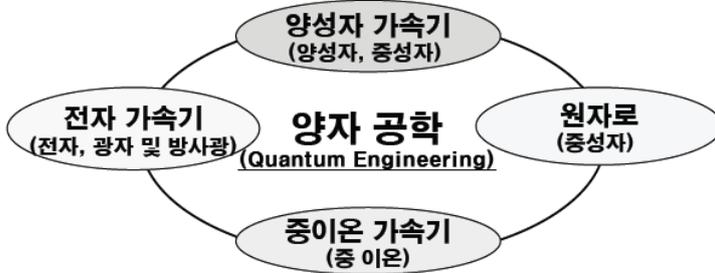
- 모든 물질과 생명체는 여러 종류의 원자(原子)로 구성
- 원자는 양성자(陽性子)와 중성자(中性子)로 이루어진 원자핵(+) 주위를 전자(電子)(-)가 도는 구조



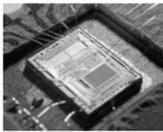
# 원자의 구성, 원소, 동위원소 및 이온



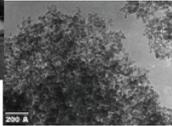
## □ 입자 빔과 양자공학



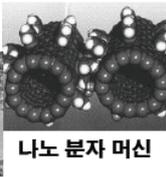
## □ 양자공학의 예



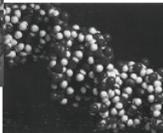
초고집적 회로



나노 입자



나노 분자 머신

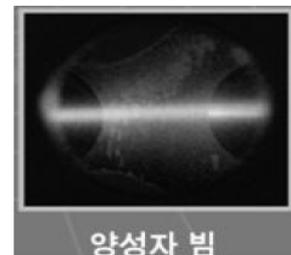
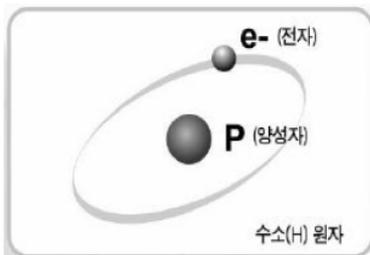


생명 공학

- 21세기에 들어와, 생명과학, 재료 과학, 공학 등 대부분 거시계를 다루던 학문분야가 분자 및 원자 차원의 미시세계의 이해와 탐구를 요구하는 수준으로 빠르게 전개
- 미시세계에는 거시세계의 물질과는 완전히 성질이 다른 양자법칙(量子法則)이 지배하는 새로운 세계
- 이러한 연구를 위해서는 미시세계를 관측하고 조작하는 수단이 필요하고, 이 수단으로서 아 원자(亞原子) 입자인 양성자, 전자, 중성자, 광자, 이온 등이 요구됨
- 가속기는 이러한 각종 입자들을 연구에 알맞은 조건으로 생산하여 제공

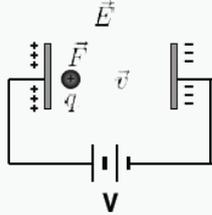
# 입자 가속기(粒子加速器)의 기본 원리

원자로부터 전자를 떼어낸 양성자, 전자, 이온 등 전기를 띤 입자(荷電粒子)를 전기장을 사용하여 빛의 속도(30만km/초) 가까이로 속도를 높여주는 장치



- 양 이온(예, C<sup>+</sup>, O<sup>++</sup>)도 같은 원리로 가속됨

## □ 전기장 내에서



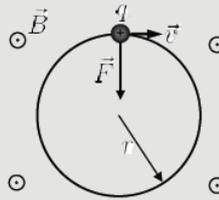
힘:  $\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a} \implies a = \frac{qE}{m}$

에너지 이득

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= \int \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int q\vec{E} \cdot d\vec{l} = q \int \vec{E} \cdot d\vec{l} \\ &= qV \end{aligned}$$

하전 입자를 가속함

## □ 자기장 내에서



힘:  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$   
 $qvB = m\frac{v^2}{r} \implies r = \frac{mv}{qB}$

에너지 이득: (없음)

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= \int \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int q(\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \\ &= q \int \left(\frac{d\vec{l}}{dt} \times \vec{B}\right) \cdot d\vec{l} = 0 \end{aligned}$$

하전 입자의 운동방향만 바꿈

# 가속기 관련 단위

## □ 가속기 특성 단위

- 1) 에너지 : eV, keV( $10^3$  eV), MeV( $10^6$  eV), GeV( $10^9$  eV), TeV ( $10^{12}$  eV)  
 \* 1eV = 11,605 °K, 1억도 = 약 9keV,
  - 2) 빔 전류 : mA( $10^{-3}$  A),  $\mu$ A( $10^{-6}$  A)  
 \* 1A =  $6.25 \times 10^{18}$  개/초
  - 3) 빔 파워 (=에너지x빔전류) : W, kW, MW
- 예) 13MeV Cyclotron  
 빔전류 : 100  $\mu$ A  
 빔파워 : 1,300W

## □ 각국의 양성자가속기 특성 예

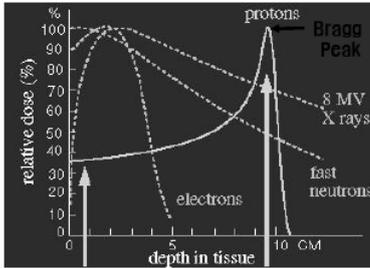
국명	장치명 (연구소)	가속기 종류 (빔 전류)	에너지			비고	
			100MeV	1GeV	10GeV		
미국	SNS (ORNL)	선형(38mA)		1 GeV		2006 완공	
	LANSCE (LANL)	선형(2mA)		800 MeV			
일본	J-PARC (JAEA)	선형/원형 (30mA/330 $\mu$ A/15 $\mu$ A)		400 MeV	3 GeV	50 GeV	2008 예정
유럽	SINQ (PSI, 스)	원형(2mA)		590 MeV			
	ISIS (RAL, 영)	원형(0.2mA)		800 MeV			
한국	PEFP	선형(20mA)	100 MeV			2012-08	
	NCC	원형(0.001mA)	230 MeV			2007B	

# 가속에너지 (속도)에 따른 기본반응 - 탄소 이온

~1 keV	125 km/초		스퍼터링 (Sputtering) : 분자, 원자 떼어내기	· 나노 가공 · 빔 가공
~100 keV	1,250 km/초		주입 (Implantation) : 물질 속에 투입됨	· 표면 개질 · 나노 결정 · 반도체 도핑
~100 MeV	4만 km/초		핵반응 (Nuclear Reaction) : 물질의 원자핵과 반응	· 신중 유전자원 · 위 생산 · 방사선 의료기기
~10 GeV	25만 km/초		파쇄 (Spallation) : 무거운 원자핵을 파쇄 가벼운 안정원소 및 중성자 생성	· 중성자 원 · 신중 제
~100 GeV	29.8만 km/초		소립자 반응 : 원자핵을 구성하는 소립자와의 반응	· 중간자/중성미자과학 · 원자핵/고에너지물리

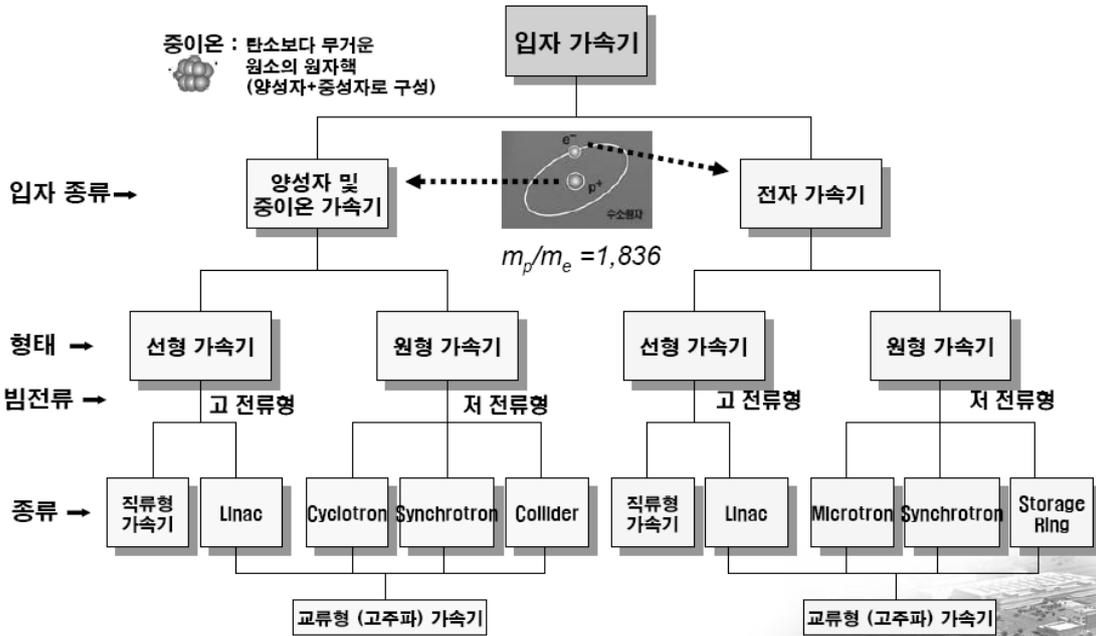
· 빛의 속도 : 약 30만 km/초

원자 ● 전자 ● 양성자 ● 중성자 ● 소립자 ●



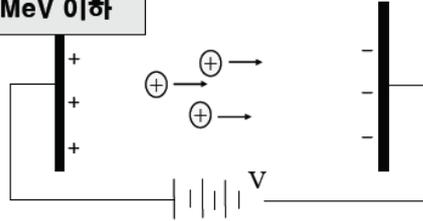
가속기는  
물성을 변화시키고  
새로운 물질(원소, 핵종)을 생성할 수 있는 수단을 제공 !!

# 가속기의 분류



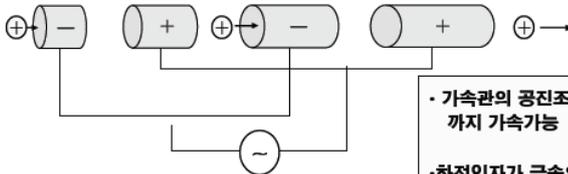
## 직류형 VS 교류형(고주파) 가속기

### 직류 : MeV 이하



- 전기를 띤 모든 입자 (양성자, 이온, 전자 등) 가속이 가능
- 공학적 문제로 수 MeV 이하 낮은 에너지 가속만 가능

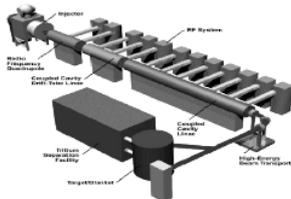
### 교류 (고주파) : MeV 이상



- 가속관의 공진조건에 맞는 특정한 입자(e/m 동일)만 높은 에너지 까지 가속가능
- 하전입자가 금속으로된 원통(Drift Tube) 사이에 걸려있는 전기장에 의하여 가속, 다음 원통 내부로 들어갈 때에 역(감속)방향의 전기장이 형성되도록 하면, 금속원통 내부에서는 전기장이 0이므로 감속되지 않음

## 선형 VS 원형 가속기

### 선형 가속기



- 입자가 직선형으로된 가속관을 지나면서 점차 에너지를 얻음
- MeV 이하에서는 직류형을, MeV 이상에서는 고주파형(Linac)을 사용
- 에너지가 커질수록 가속관 길이가 길어짐
- 같은 하전입자들간의 반발력을 통제하는데 유리해, mA급 이상 대전류 빔 가속에 유리

### 원형 가속기

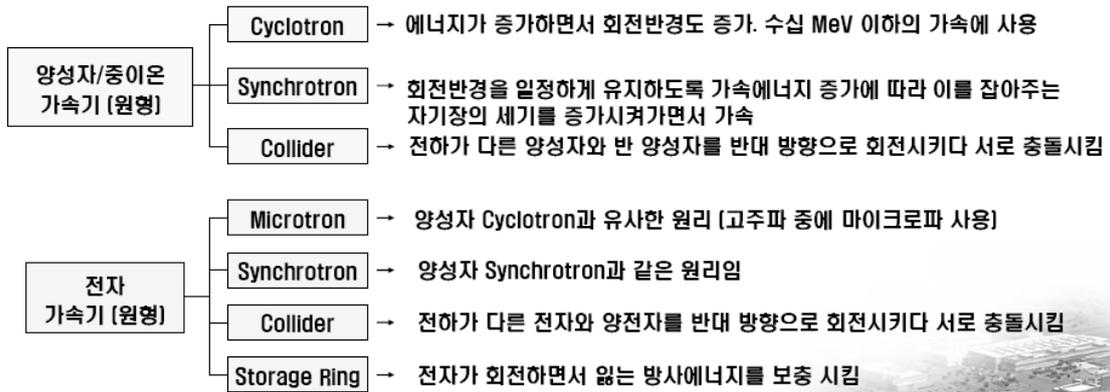


- 입자가 원형의 궤적을 돌면서 중간에 설치된 가속관에서 에너지를 얻음
- 고주파형만 사용
- 에너지가 커질수록 지름이 또는 자기장이 커지며, 선형에 비해 공간, 운영측면에서 효율적임
- 입자들이 곡선 운동을 하므로 통제가 어려워 mA 이하의 저전류 빔 가속에 적합

# 양성자/중이온 vs 전자 가속기

• 전자의 질량은 양성자의 1/1,836 이므로, 수 MeV 정도의 낮은 에너지에서 빛의 속도에 도달하게 되어 가속방법이 간단하나, 양성자의 경우는 속도의 변화를 고려하여 여러 종류의 가속방법을 단계적으로 사용하므로 복잡함. (정지질량 ; 전자 = 0.511MeV, 양성자 = 938.6MeV)

→ 고주파 전자선형가속기인 경우, 전자는 1-2 가지 가속방법을 사용하나, 양성자는 RFQ, DTL, CCL, SCL 등의 가속방법을 단계적으로 사용



# 국내 대형가속기 현황

**□ 운영 중인 소형 가속기**

사이클로트론 : 저에너지(3~50MeV) 소전류(0.1mA이하); 20여기(4기 국내개발)  
 의료용 동위원소 생산 (양성자)  
 탄뎀형 가속기 : 저에너지 (1~6 MeV) 4기(도입)  
 물질 분석용 (중이온)  
 \* 소형 의료용, 산업용 전자가속기 제외

**□ 포항공대, 포항 방사광가속기**

2.5 GeV 전자가속기 및 저장링 (방사광원)  
 1995년 국내 개발 완공, 운영 중  
 물질구조 분석용

**□ 국립암센터, 양성자치료기**

230 MeV 소전류 (0.0003 mA) 사이클로트론 (양성자)  
 2007년 도입, 운영 중  
 암 치료 전용 (200여명 치료)

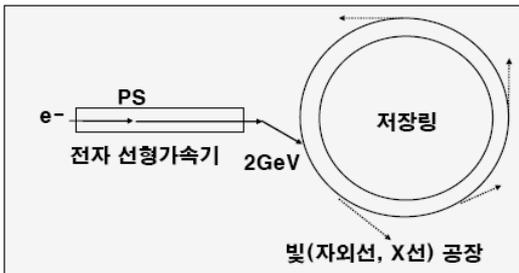
**□ 양성자반공학기술개발사업단, 경주 양성자가속기**

중 에너지 (100 MeV) 대전류 (20 mA) 양성자 선형가속기  
 2012년 국내 개발 완공, 예정  
 재료, 나노, 생명, 우주, 의료 등 원천기술 개발 및 생산용

\* 국내 방사광가속기와 양성자가속기의 개발 경험을 통한 선형가속기 및 원형가속기 설계 및 개발 능력 보유 15

## 방사광 가속기 vs 양성자/중이온 가속기

**전자가속기**



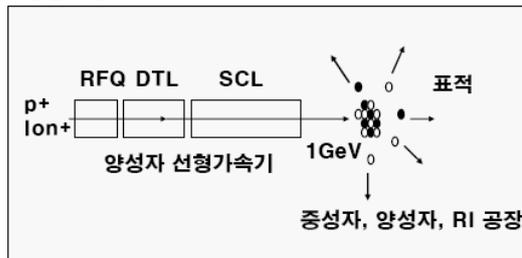
**□ 요소기술**

- 전자총
- 가속기구조 단순
- Periodic Structure
- 가속원리: 진행파
- 500, 3000 MHz

**□ 주요 활용분야**

- 물질 구조 분석
- 단백질 구조 분석
- 극 미량 원소 분석
- 촉매 연구
- 반도체 식각
- 심장 진단
- 자외선, X-선원

**양성자/중이온가속기**



**□ 요소기술**

- 이온원
- 가속기구조 복잡
- Drift Tube, Cavity
- 가속원리: 정상파
- 350~700 MHz

**□ 주요 활용분야**

- 나노 입자 생산 가공
- 표면 개질
- 신종 유전자원
- 암치료(양성자/중이온)
- 항공우주 소자 시험
- 반도체 가공 및 생산
- 방사성동위원소 생산
- 단백질 구조분석
- 양성자원, 중성자원

# 포항 방사광가속기

## Synchrotron Light Source – PLS @ Postech, Korea

- 연혁: 한국 최초의 대형 가속기 시설  
1987년 포스코, 포스텍 건설 시작  
1994년 완공  
가속기건설 예산 : 약 1,500억원  
부지면적: 65만m<sup>2</sup>
- 구성: 2.5GeV 전자선형가속기  
2.5GeV 저장링 (방사광)
- 특성: 제3세대 방사광가속기  
중형급(2-3GeV)  
세계적 우수 가속기 시설
- 활용현황:  
27기 빔 라인 운영 (자외선, X-선)  
이용자 : 약 1,600명/년  
광 이용 물질 분석, 단백질 분석 등

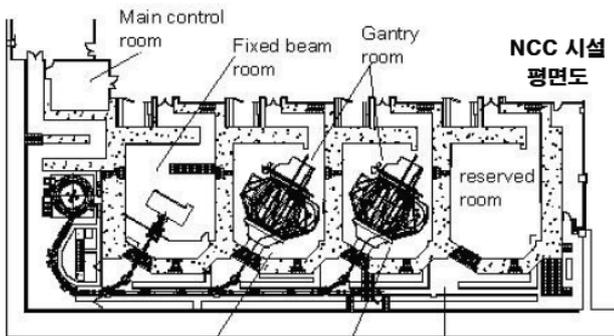


- 세계 대형 방사광가속기 시설
- 유럽: ESRF, 6GeV, Grenovl  
미국: APS, 7 GeV, ANL, (10억\$)  
일본: Spring-8, 8 GeV, JASRI

# 국립암센터 양성자치료기 시설

## Proton Therapy Facility – National Cancer Center(NCC), Korea

- 연혁: 한국 최초의 양성자빔 치료 시설  
2002년 보건복지부 사업으로 착수, 2007년 완공, 치료 시작  
건설예산: 총 480억원 (장치360억)  
건물 : 90x55m (120억원)
- 구성: 230MeV(1uA) 사이클로트론  
2개 Gantry + 1개 고정빔 치료기
- 특성: 세계 수준급의 양성자치료시설  
IBA(벨기에) Turn Key 도입 설치
- 활용현황:  
2007년 임상 연구 및 치료 시작  
이용자 : 약 200명 ('08.3 현재)  
각종 암, 종양 치료 및 관련 연구



Cyclotron

Gantry

- 세계 입자빔 치료시설 현황 ('07.12 현재)
- 양성자 치료시설: 26기 운영, 11기 건설 확정  
중이온 치료시설: 2기 운영, 3기 건설 확정  
복 합 치료시설: 1기 운영, 4기 건설 확정

## High Power Proton Accelerator – PEFP @ KAERI, Korea

□ **연혁:** 한국 최초의 대형 양성자가속기  
 2002년 과기부 21세기 프론티어  
 연구개발 사업으로 시작  
 경주시 부지 및 부대시설 제공  
 2012년 완공, 예정  
 건설 예산: 약 3,000억원  
 부지 면적: 44만 m<sup>2</sup>

□ **구성:** 100MeV, 20mA 대용량 선형  
 양성자가속기 + 10개 빔 라인

□ **특성:** 차세대 대용량 양성자가속기  
 중에너지 대전류 빔 이용 시설

□ **개발 현황:**  
 20MeV(RFQ, DTL) 완성, 빔 제공  
 나노, 우주, 생명, 반도체, 재료분야  
 기술개발



□ **세계 대용량 양성자가속기 시설**

- 미국: SNS, 1GeV, ORNL (14억\$)
- 일본: J-PARC, 3GeV, JAEA(1,400억엔)
- 유럽: ISIS(RAL, 영국), SIN(PSI, 스위스)

# 양성자가속기사업 장기 비전

- 양성자가속기 연구센터는 미래원천기술을 개발하는 국가 기반연구시설로 운영
- 궁극적으로는, 이를 중심으로 연구시설, 산업단지, 교육 및 의료시설 등이 접목되는 과학기술 단지를 구현하여, 지역발전에 기여할 수 있는 중심 역할을 담당

양성자 가속기 연구센터



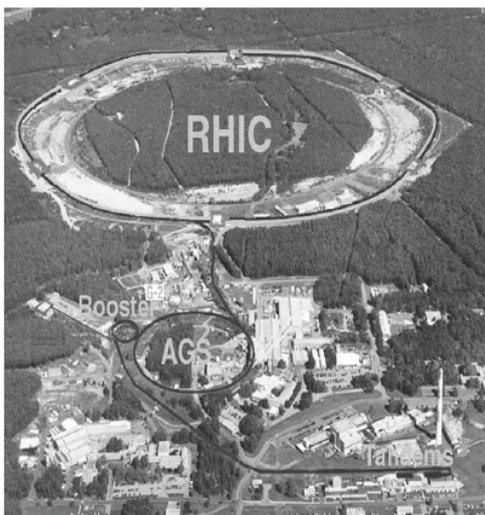
- ① 1 GeV 가속기
- ② 첨단산업단지
- ③ 교육시설
- ④ 의료 및 문화시설
- ⑤ 배후도시

# 세계적 중이온가속기 현황 (학술 연구용)

## 미국 - 중이온가속기

### RHIC @ BNL

소재지: 미국 뉴욕



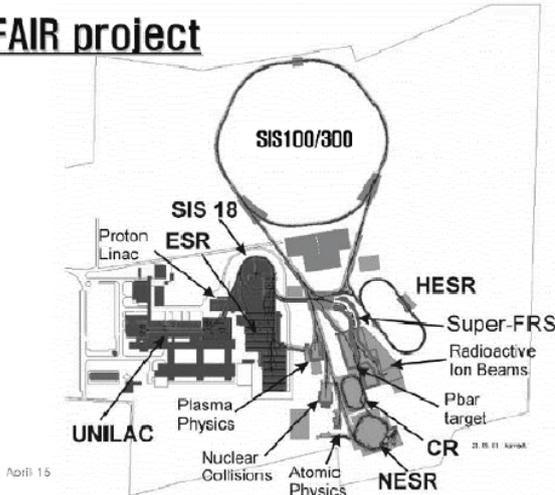
- 연혁
  - 1958년 완성 후 계속 Upgrade (50년간 사용 중)
  - AGS - 세계 최초의 AG형 가속기
  - 고에너지 물리 연구시설로 혁혁한 연구 성과
  - 1997년 RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) 중설
- 구성
  - 200 MeV Linac(양성자 입사기)
  - 10 MV Tandem(중이온 입사기)
  - 3 GeV Booster Synchrotron
  - 30 GeV AGS
  - 100 GeV/n RHIC Synchrotron(직경 1.2km)
- 활용 현황
  - 세계 최대의 중입자 충돌형 Synchrotron
  - 고에너지 물리 연구 ;  $J/\psi$  입자 발견 등
  - 노벨 물리학상 3건 수상
  - Quark-Gluon Plasma 연구 등 핵물리 연구에 사용
- 참고
  - 이용자: 약 1,100명/년
  - RHIC 건설비(운영비); 약 1.1조원 (약 1,300억원/년)

# 독일 - 중이온가속기

## FAIR @ GSI

## 소재지: 독일, 다름슈타트

### FAIR project

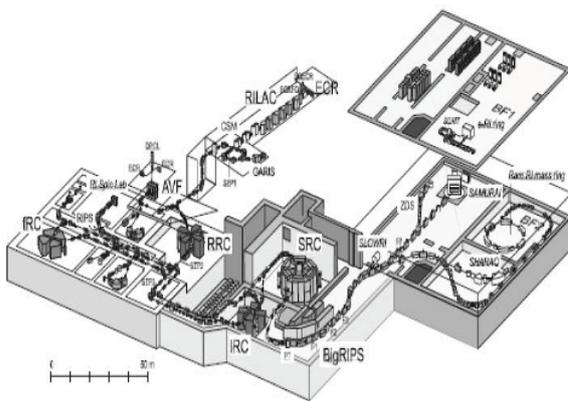


- 연혁
  - 1991년 SIS18(1.5 GeV/n) 완성 운영
  - 2007년 확장 건설(FAIR 프로젝트)착공, 2015년 완공 목표 (SIS100/300 + 2차빔 이용시설)
- 구성
  - 20 MeV/n 중이온 UNILAC
  - SIS18 + SIS100 + SIS300 (직경 350m)
  - 최대 에너지: 양성자 90 GeV, U 35 GeV/n
- 특성
  - 핵물리, 고에너지물리 및 암치료용 복합장치
  - 1차 입자빔: U: 35 GeV/n, 양성자: 90 GeV
  - 2차 입자빔: 휘귀동위원소 - 1~2 GeV/n
  - 중이온 암치료 시설
- 활용 분야
  - 신 원소 6종 합성: 107번(Bh), 108번(Hs), 109번(Mt), 110번(Ds), 111번(Rg), 112번(Uub)
  - 핵구조 및 휘귀원소 생성 연구
  - 우주의 진화과정 탐구
  - 중이온 암치료 ('97-'07, 316명)
- 참고
  - 독일 중심으로 15개국 국제 공동 개발
  - 이용자: 약 3,000명/년
  - SIS 건설비(운영비): 약 1.5조원 (약 1,500억원/년)
  - \* 치료용 중이온가속기 제작 보증 중 (Heidelberg대 병원)

# 일본 - 중이온가속기

## RI Beam Factory @ RIKEN,

## 소재지: 일본, 도쿄



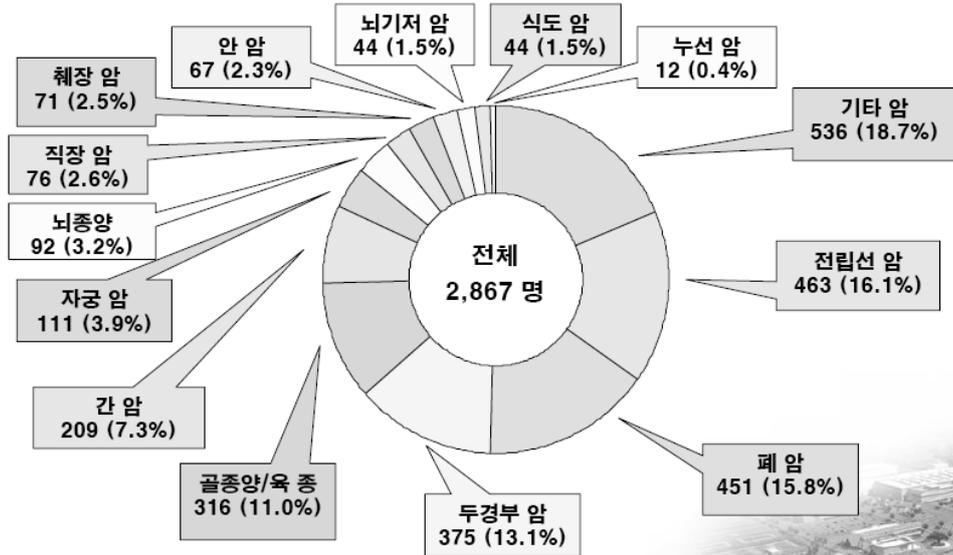
- 연혁
  - 1986년 RRC 완성
  - 1997년 건설 착수, 순차적으로 대형시설 구축
- 구성
  - RILAC: (2.7 MeV/n)
  - K540 RRC (11 MeV/n)
  - K510 fRC (51 MeV/n)
  - K980 IRC (114 MeV/n)
  - K2500 SRC (440 MeV/n)
  - 2차빔 이용시설
- 특성
  - 1차입자빔: 최대 440 MeV/n, 편극 양성자빔
  - On-/Off-line 2차입자빔 이용시설
- 활용 분야
  - 핵물리: 원소의 기원 연구, 113번(Uut)원소 발견
  - 환경/화학: 추적자 동위원소
  - 재료: 물질 구조 해석
  - 생물학 응용: 신물질 개발(화해류), 분자생물학
- 참고
  - 이용자: 약 600명/년
  - 건설비(운영비): 약 4000억원 (약 400억원/년)

## 세계적 중이온가속기 현황 (의료용)

## 의료용 중이온가속기 현황

시설 명, 소재지	국명	입자	가속기 최대 에너지(MeV)	빔 방향	치료 개시년도	치료 환자수 (통계 일자)	비고
HIMAC, Chiba	일본	탄소	Synchrotron, 800/n	수평, 수직	1994	2,867('06.8)	운영
GSI, Darmstadt	독일	탄소	Synchrotron, 430/n	수평	1997	316('06.7)	
HIBMC, Hyogo	일본	양성자 탄소	Synchrotron, 230/n 320/n	Gantry 수평, 수직	2001 2002	1,099('06.9) 131('06.9)	
Heidelberg U, GSI	독일	양성자 탄소	Synchrotron, 430/n	1 Gantry 2 Fixed	2008		건설 완료
CNAO, Pavia	이태리	양성자 탄소	Synchrotron, 430/n	1 Gantry 3수평, 1수직	2009		건설중
PCT, Maburg	독일	양성자 탄소	Synchrotron, 430/n	3 수평 1 45도	2010		
Med-AUSTRON	오스트 리아	양성자 탄소	Synchrotron	2 Gantry 2 수평	2011		
SPTC, Karolinska	스웨덴	양성자 탄소			2011		계획
Lyon	프랑스	양성자 탄소			2011		

## 탄소 빔 암 치료 건수 (일본, HIMAC, '94.6-'06.8)



## Cyclotron과 Synchrotron 비교

### 사이클로트론



- **특성:** 연속 빔, 에너지 변동이 곤란(Δ)  
가속장치 치료기의 크기, 무게 작음(○)  
장치 시설 가격 저렴(○)  
양성자 가속에만 적합(Δ)  
단순한 빔 조사 가능(Δ)  
치료 효과(○)
- **제작사:** IBA (벨기에),  
Accel/Verian (미국)

### 싱크로트론



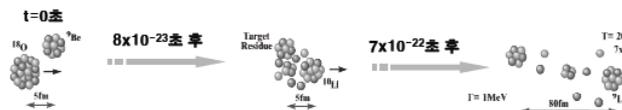
- **특성:** 펄스 빔, 에너지 가변이 용이(○)  
가속장치, 치료기의 크기, 무게 큼(Δ)  
장치 시설 가격 고가(Δ)  
양성자, 탄소 빔 모두 적합(○)  
다양한 빔 조사 가능(○)  
치료 효과(○)
- **제작사:** Mitsubishi, Hitachi (일본)  
Siemens(독일)

# 중이온가속기의 활용분야

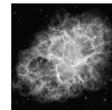
## 기초과학의 진흥 : 핵, 입자, 천체물리 연구

- 중이온 가속기는 핵, 입자, 천체물리 연구의 핵심시설로서, 인류 공동의 지식 향상에 기여하고, 이를 통한 미래 원천기술 개발에 중요한 수단
- 세계적으로 중요 연구테마; 원자핵의 구조 및 특성 연구, 중 원소 생성 규명, 우주초기 진화과정 탐구 등
- 국내 관련분야 연구자 (잠재적 이용자): 약 150명

□ 원자핵과 원자핵을 충돌: 반응과정, 결과를 관찰 및 분석



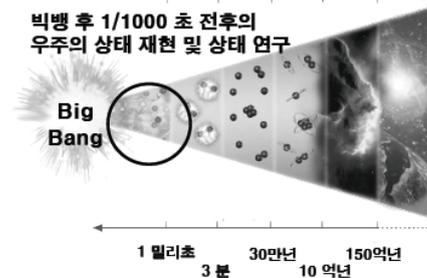
□ 별의 진화 과정과 중(重)원소의 기원



초신성 폭발 원인 및 과정

무거운 원소의 기원 (Fe ~ U)

□ 우주 초기 진화과정 탐구

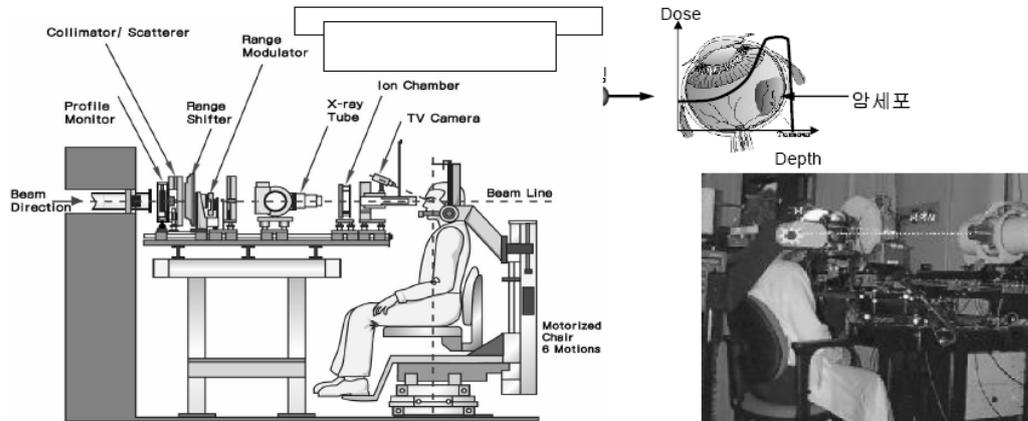


년도	수상자	업적	관련 가속기 시설
2002	Koshiba Masatoshi (일본)	중성미자 검출	범이온분야
1995	M.L.Peri (미국)	$\tau$ 입자 발견	SLAC e+e- Collider (SPEAR)
1994	B.M.Brockhouse (캐나다) C.G.Shull (미국)	중성자 산란 실험장치개발	가속기빔 이용분야
1992	G.Charpak (프랑스)	입자검출기 개발	가속기빔 이용분야
1990	J.I.Friedman (미국) H.W.Kendall (미국) R.E.Taylor (미국)	쿼크 존재 확인	SLAC 전자 선형가속기 (Two Mile Accelerator)
1988	L.M.Lederman (미국) M.Schwartz (미국) J.Steinberger (미국)	뮤온뉴트리노 발견	BNL Synchrotron 양성자가속기 (AGS)
1984	C.Rubbia (이탈리아) S.Van der Meer (네덜란드)	W, Z 입자 발견과 가속기기술 부문 공헌	CERN ppbar Collider (SPS)
1980	J.W.Cronin (미국) V.L.Fitch (미국)	CP violation 검증	BNL Synchrotron 양성자가속기 (AGS)
1976	B.Richter (미국) S.C.C.Ting (미국)	J/ψ 입자 발견	SLAC e+e- Collider (SPEAR) BNL Synchrotron 양성자가속기 (AGS)
1968	L.W.Alvarez (미국)	Resonance states의 많은 입자를 발견과 RF 양성자가속기 기술개발 공헌	버클리 Synchrotron 양성자가속기 (Bevatron)
1961	R. Hofstadter (미국)	핵구조 조사	SLAC 전자 선형가속기
1959	E.G.Segre (미국) O.Chamberlain (미국)	반양성자 발견	버클리 Synchrotron 양성자가속기 (Bevatron)
1951	S.J.D.Cockcroft (영국) E.T.S.Walton (아일랜드)	가속입자에 의한 최초 핵종변환 실현	DC 양성자가속기 자체 개발 사용
1939	E.O.Lawrence (미국)	Cyclotron 양성자 가속기 발명과 인공 동위원소 합성	Cyclotron 자체 제작 (MIT)

참고: 1939 - 2002 년 동안의 노벨 물리학상 수상자 109 명 중 23 명이 가속기 및 빔 이용 관련 수상

## 중이온 암 치료

- 암의 3대 핵심 치료법으로 성별, 연령, 부위에 따른 제한이 없고, 수술 또는 약물 금기인 환자에도 적용
- 고령화 사회를 맞이하여 고령암 환자 비율 증가, 수술 없는 무 고통 치료. 다양한 종류의 암 치료에 효능
- 국내 중이온 치료 적용 환자수(추정치): 3,000명('07), 5,000-6,000명('12)
- 관련 가속기 및 치료장치 기초기술 개발 (원자력의학원/양성자사업단)

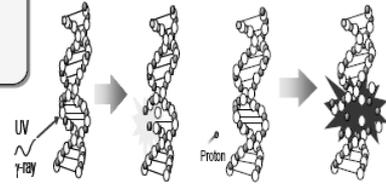


고정 빔라인을 사용한 안구 암의 치료

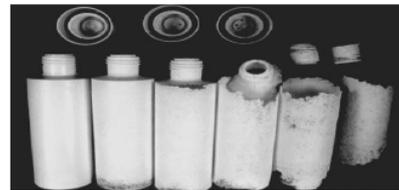
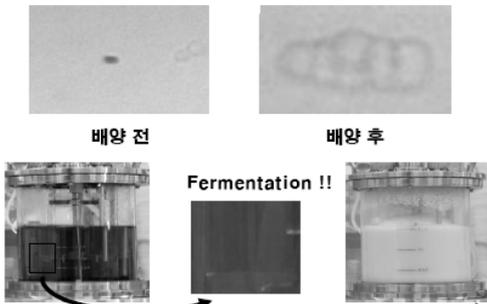
## 미생물 유전자원 개발 예

- 양성자/중이온 빔을 미생물에 조사, DNA 변형 유도에 의한 유용 돌연변이 균주 개발
- 예, 생분해성 플라스틱(PHB) 생산 균주 확보 및 생산공정 개발 (KAERI/양성자사업단)  
최종 60~70g/L의 PHB 생산성 확보 => 기존 기술에 비해 80~95배 이상 향상
- 산업적 규모의 대량 생산 공정 개발 중
- 적용 시장: 1회용 플라스틱 세계 시장 (약 100조원/년)  
2020년 기준, 국내시장 840억원/년 점유 예상
- 적용 분야: 알코올 발효 균주 등 각종 식품용 및 산업용 균주 개발에 적용

- 저 LET 공정 (자외선, 감마선)
- 고 LET 공정 (양성자, 중이온)



배양 전과정에서 *E. coli* mutant에서 PHB 축적



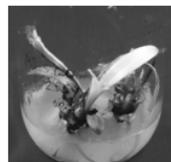
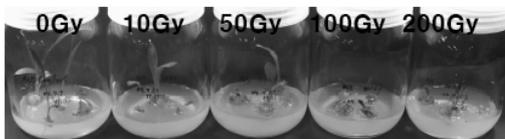
생분해성 플라스틱 용기의 시간에 따른 분해

Yield : 60-70g/L PHB > 원자력의학원 MC-50 가속기 사용

## 고부가가치 화훼류, 채소류 개발 예

- 양성자/중이온 빔을 식물에 조사, DNA 변형 유도에 의한 유용 유전자 변이체 선발
- 화훼류, 채소류 신 품종 개발: 무, 배추 130여종 우수 유전자원 확보,  
배추 2개 품종 등록 신청 (종묘회사/양성자사업단)
- 적용 시장: 국내 약 1,500억원/년, 국외 약 3,200만\$/년
- 적용 분야: 화훼류, 채소류, 유채류 등 각종 식물 품종 개량에 적용

□ 양성자빔 이용 화훼류 신품종 (무늬종나리) 선발



[ 나리(조지아) 인편 ]

□ 양성자빔 이용 채소류(배추, 무) 우수 품종 개량

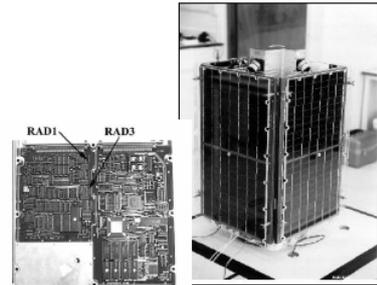
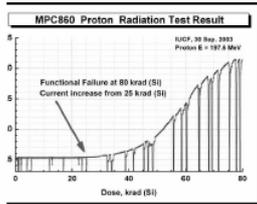
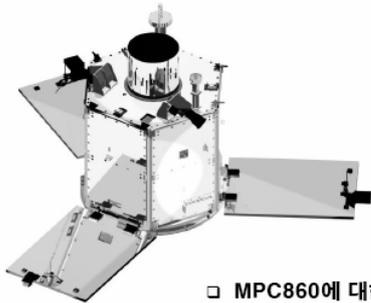


무 (M3 세대)

> 일본 RIKEN 중이온 및 양성자 가속기 사용

## 우주부품 내방사선 특성 평가기술 개발 예

- 국내 자력 위성 및 발사체 개발 시대를 맞이하여, 위성의 우주방사선 예민 부품의 특성시험
- 우주 부품(마이크로 프로세서, 메모리 칩, 태양전지 등)의 적합성 평가
- 평가 항목: SEE, TIE 효과 특성 평가 (세트렉아이/KAIST/양성자사업단)
- 적용 시장: 국내 약 120억원/년 (2015년까지 14기 발사 계획 반영)



- MPC860에 대한 양성자 조사 시험  
 MACSAT(말레이시아 수출 위성)의 우주환경 분석  
 (고도 685km, 궤도 경사각 9°, 수명 3년)

- 우리별 1호의 우주환경 분석  
 (고도 1330km, 궤도 경사각 66°)

▶ 미국 IUCF, UC-Davis 및 스위스 PSI 양성자가속기 사용

## 입자검출기 기술 개발 및 응용

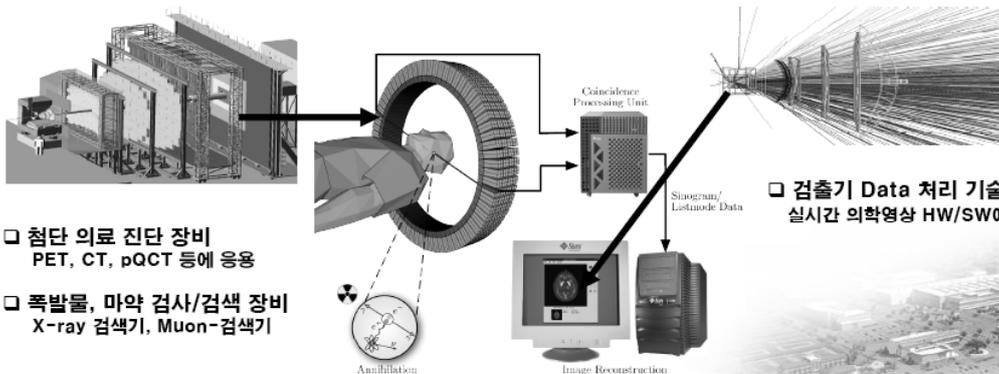
- 핵, 입자물리 실험에서 충돌시 생성되는 2차 입자의 특성 측정을 위해서는 고정밀도 검출기 개발 사용
- 검출기 기술의 다양한 응용: 첨단 의료진단 장비, 공항 항만 검색장비, 각종 비파괴 진단 장비
- 적용 시장: 국내 약 1,000억원/년

### 입자검출기

입자-입자 충돌시 생성되는 2차입자의 종류, 에너지, 운동량, 전하 등을 측정  
 ⇒ 반응과정을 연구

### 입자-입자 반응 모사

입자- 입자 충돌시 생성되는 2차 입자의 궤적 모사



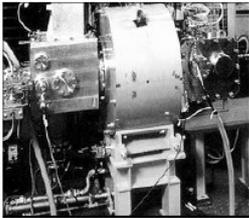
- 첨단 의료 진단 장비  
 PET, CT, pQCT 등에 응용
- 폭발물, 마약 검사/검색 장비  
 X-ray 검색기, Muon-검색기

- 검출기 Data 처리 기술  
 실시간 의학영상 HW/SW에 응용

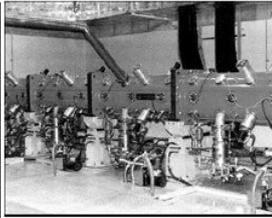
### 중이온 치료용 가속장치 및 치료기 개발

- 중이온 암치료의 우수한 치료효과의 입증으로 중이온치료기 시장의 점차적인 확대
- 중이온치료기 가속장치, 빔라인, 치료기 장치 부분 개발 여지 많음
- 세계적으로 개발 초기로서 후발 주자로서 추월 가능성 많음
- 적용 세계시장 (2012년 기준) : 3,000억원/년 이상

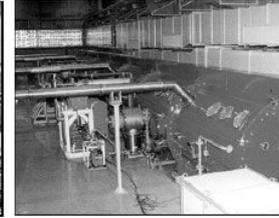
#### □ 치료용 가속장치



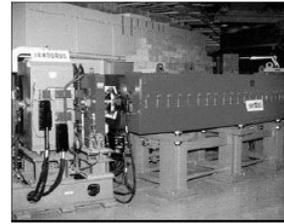
ECR 이온원



RFQ



DTL



싱크로트론

#### □ 치료기 (Gantry)



### New Technology

- IT (Information Technology)
- BT (Bio Technology)
- NT (Nano Technology)
- ET (Energy & Environment Technology)

• 신 산업 공통으로 다루는 대상이 분자 및 원자 수준으로 → 초 고집적화, 초 정밀화, 극 소형화 추세로 발전

### Global Issues

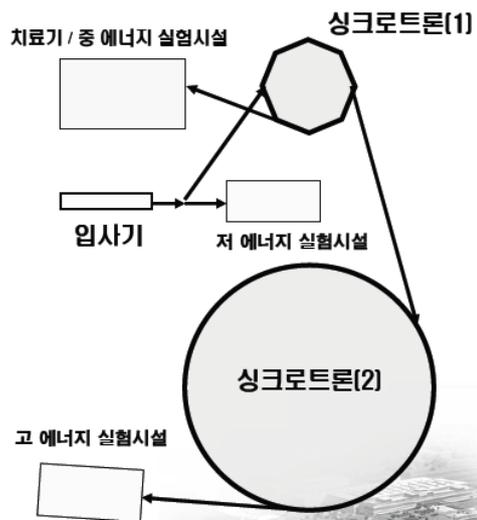
- Energy Issue
  - 각국의 공업화, 경제발전 → 에너지 수요량의 급격한 증가 (개발도상국 중국, 인도 등)
  - 인류의 삶의 질 향상
- Environmental Issue
  - 지구의 온난화, 오존층 파괴
  - 환경 폐기물

# [예시] 복합형 중이온가속기

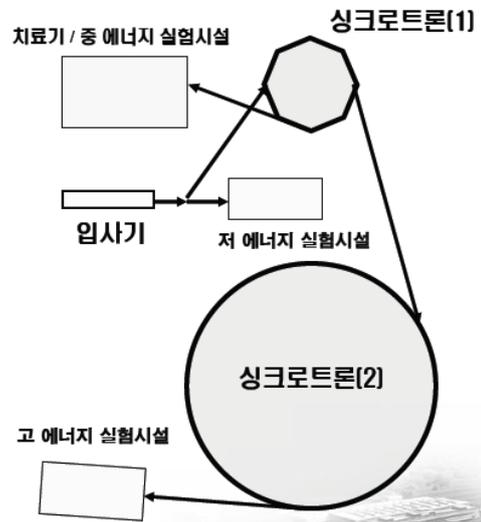
## 중형 중이온가속기 [예시]

### 연구용, 의료용 복합형

- 가속기 제원  
가속 이온; 탄소(C) - 우라늄(U) 이온  
빔 에너지(최종); 약 5GeV/n  
빔 전류(최종); 약  $10^{12}$ 개/펄스 (0.2pA/pulse), 1Hz  
빔 에너지(중간); 약 400MeV/n (C 이온 기준)
- 가속기 구성 및 크기  
입 사 기 ; 이온원+RFQ+DTL(20MeV/n, 길이 20m)  
부 가속기; 싱크로트론(1)(400MeV/n, 직경 30m)  
주 가속기; 싱크로트론(2)(5GeV/n, 직경 130m)
- 특성  
아시아권의 선도 중이온가속기  
기초과학+의료용 겸용시설  
입사기 빔; 저 에너지 실험  
1차 가속빔; 암치료, 중에너지 실험  
2차 가속빔; 핵물리 실험
- 이용 분야:  
핵구조 및 희귀원소 생성 연구  
원소의 생성 및 우주의 진화과정 탐구  
중이온 암치료  
생명과학, 항공우주 이용



- **부지 조건**  
 최소 부지 면적; 200mX400m  
 부지 지질학적 조건; 매립지 불가  
 교통 및 접근성; 고속도로, 철도 및 국제공항 인접지역
- **건설 비용 (추정)**  
 가속기; 3,500억원  
 검출기 및 실험 시설; 1,000억원  
 치료기; 300억원  
 부대시설(건물 포함); 2,000억원
- **건설 기간 및 방법**  
 개념설계; 1년  
 상세설계 및 R&D; 1년  
 장치제작 시험; 3년  
 설치 및 시험; 2년  
 건설 공사(가속기개발과 병행) ; 3년
- **이용자 수 (운영 초기 추정)**  
 핵물리 분야; 200명/년  
 암치료 분야(환자수); 500명/년  
 기타분야 (생명과학 등); 300명/년
- **운영인력 및 운영비**  
 운영 인력; 약 180 명  
 운영비; 약 350 억원/년



## 타 기관의 협조 및 연계성

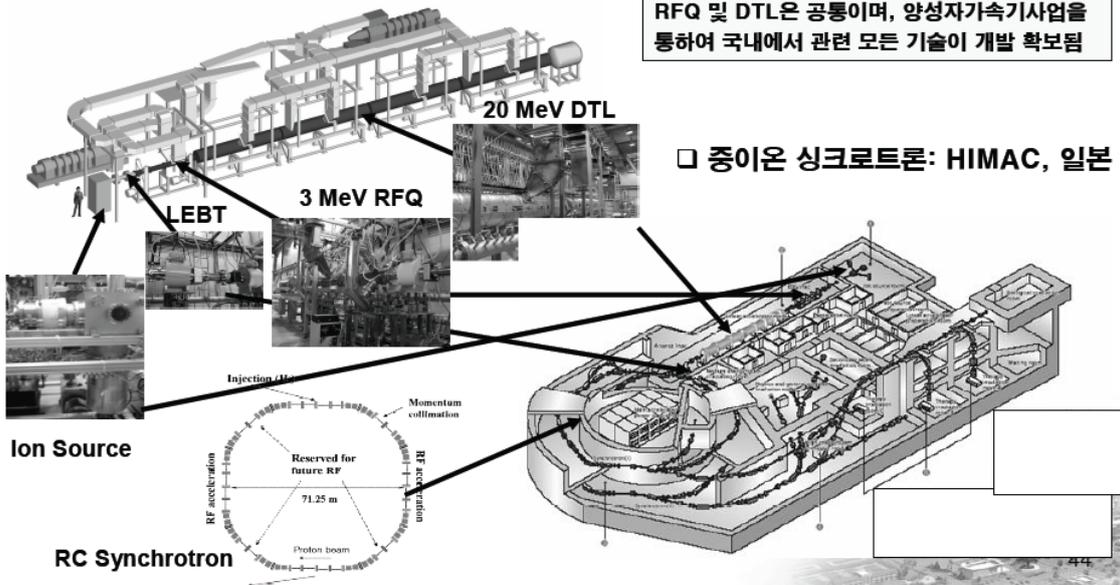
# 각국의 가속기연구소 현황

가속기 종류	활용 입자	용도	각국의 가속기 관련 연구소 (의료기관 제외)						비고
			미국	일본	독일	프랑스	중국	한국	
중이온	이온 (He-U)	핵, 입자 물리 천체물리 RI 빔 유전자원 우주소자 암 치료	BNL	RIKEN	GSI	Ganil	INP (Lanjou)	없음	
양성자	양성자(P) 중성자(n)	고에너지 물리 파쇄 중성자원 RI 생산 물질구조분석 반도체 가공 암 치료	ORNL FANL LANL	JAEA	COSY	Saclay	IHEP (CSNS)	KAERI	
전자	전자(e) 광자	고에너지 물리 방사광 물질구조분석 단백질분석	SLAC J-Lab ANL	KEK JASRI	DESY	Grenoble Orsay	IHEP (Beijing) SSRF (Shanghai)	PAL	43

# 중이온가속기와 양성자가속기 기술

□ 양성자 선형가속기: PEFP, 한국

양 가속기의 핵심 요소기술인 이온원, LEBT, RFQ 및 DTL은 공통이며, 양성자가속기사업을 통하여 국내에서 관련 모든 기술이 개발 확보됨



# [예시]

## 중이온가속기 사업의 국제과학비즈니스벨트와의 연계성



### 국제과학비즈니스도시-기본 방향 설정

□ 요건1: 세계적 선도연구단지

세계과학을 따라가는 수준이 아니라 기초과학에서부터 응용과학까지 세계를 선도할 수 있는 대형연구시설 필요

□ 요건2: 고부가 산업단지

개발기술을 신속히 산업화할 수 있는 비즈니스개념에 입각

□ 요건 3: 명품 배후도시

세계 일류 과학자 유치와 저명 예술인 및 지역 주민이 함께하는 거주

(사례) 대덕연구개발특구

- 국내 최대의 연구기관 집적 (연구기관 70개, KAIST 등 7개대)
- 정부 R&D 투자의 30.5%
- 풍부한 연구인력
  - 국내 박사급 연구인력의 10.2%
  - 국내외 등록 특허의 6%



(사례) 오창, 오송 과학산업단지

- 충청권 최초의 국가산업단지
- 벤처산업의 기반 구축 완료 (바이오분야, IT분야)
- 관련 분야 학교 유치 및 해외기업 유치 중
- KTX 호남/경부선 분기점



\* 단정개발(주)가공사 | 한국토지주택공사 | 단정개발(주) | 한국토지주택공사

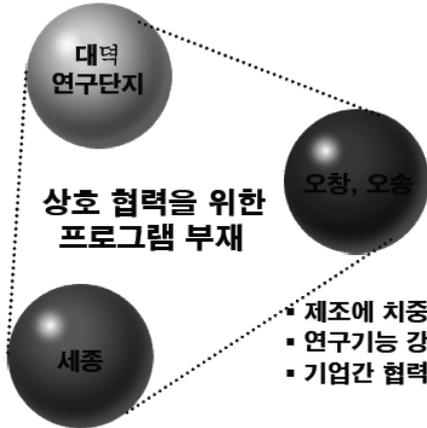
(사례) 세종 행정복합도시

- 세계 톱클래스의 명품도시
- 거주 교육 등 정주여건이 완비된 웰빙형 행정 도시
- 기존도시의 개량이 아니므로 신개념에 의한 도시개발의 최적지



## 현재 상황 - 외형적 성장의 한계성 측면

- 대기업 부재
- 개발기술의 실용화 미흡
- 기관간 네트워크 부족(융합기술 미흡)



- 행정기능만으로는 독자 생존 한계
- 광역권과의 연계 추진을 통해 역할 분담과 협력이 요구

### 현 단계: 단순 군집 단계

네트워크 역량 강화 필요

자발적 네트워크 형성위해 유인책이 필요

융합형 기술개발이 가능한 기반연구시설과 연구인력의 확보

정책지원 (세액 감면, 분양가 할인 등)

기술 유인책

단기적 조치에 불과

## 협력 네트워크 구심체로서의 - 중이온가속기

### 가속기 주요 활용분야

- 저 에너지 중이온빔의 활용
  - 저 에너지 핵반응 연구
  - 별의 생성 등 천체물리 연구
  - ET 분야: 연료전지용 멤브레인 개발 등
- 의료적 이용, 중 에너지 활용
  - 중이온 암치료 (Heavy Ion Therapy)
  - BT 분야: 생명공학 이용 (미생물 유전자원 등)
  - 핵의 구조 및 희귀원소 생성 연구
  - ST 분야: 우주 부품 우주 방사선 내구성 시험
- 고 에너지 중이온빔의 활용
  - 우주의 진화 및 원소의 생성 연구
  - 쿼크 글루온 플라즈마 연구
  - 고 에너지 물리 연구

### 지역간 역할 분담

- 대덕연구단지: 연구기관 등 연구기능 및 인프라 제공
- 대전시: 대규모 의료수요를 바탕으로 진단, 치료 첨단 의료산업 육성 담당
- 세종시: 일류명품도시 구축으로 우수 인재 유치
- 오송, 오창: BT, IT 등 기 육성된 벤처단지 통한 신속한 기술산업화
- 청주시: 공항 및 배후도시로 활용

기초과학 육성 및 인재 양성  
첨단 의료 및 관련산업 단지 육성  
BT, ET, ST, NT 등 다 분야로 기술혁신 확대

## 1단계: 기반조성 단계

- 실버타운, 웰빙타운 건립  
대전권의 기본적인 의료수요를 바탕으로 국내 및 국외의 고급의료수요를 흡수
- 진단 및 치료센터의 설립  
광역권내 의과대학 및 대형병원이 주도
- 인프라 구축  
중앙정부 및 지방정부의 협력 추진, 특히 운영프로그램의 구축이 핵심
- 융합기술 기초연구  
국책연구기관, 민간연구소, 대학 등이 공동참여하고 관련 연구인력을 육성

## 2단계: 기술 산업화 단계

- 기술의 이전을 통한 산업화 가속단계

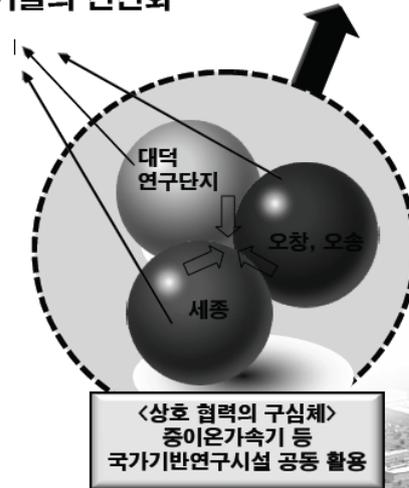
## 3 단계: 기술 융복합화 단계

- 연구기관, 의료산업, 진단 및 치료센터, 실버타운/웰빙타운 등이 상호 발전 선 순환 고리 형성 → 민간 주도형 발전체제 정착

## 기술융합형 클러스터 단계

〈테마 1〉  
고유기술의 선진화

〈테마 2〉  
융합형 기술개발



# 사례 1 - 세계적인 키워드는 “차별화”



- 1~3세대 혁신클러스터(전통적): 단일(또는 2개 내외) 전략 산업내 기술혁신 촉진 네트워크
- 혁신 클러스터의 버블현상 발생: 미국 2006년 UCSD CONNECT방문결과 건설됨
- 4세대 클러스터(최근 10여년) : 다 분야 융합형 기술개발 촉진 네트워크
- 차별화된 혁신 클러스터가 필요 : 가속기 중심의 기술융합 혁신 클러스터 → 블루오션

### □ 국내 주요 클러스터의 시사점

	중점산업 분류	구성주체간 협력형태(대-중소기업)	클러스터 유형
창원	기계	생산 위주 수직적 체계	전문공급자형 - 자본 생산집적지
구미	전자부품 (디스플레이)	생산 위주 수직적 체계	규모집약형 - 생산협력집적지
울산	자동차부품	생산 위주 수직적 체계	규모집약형 - 생산협력집적지
반월 시화	부품소재 (기계산업)	수직적 체계의 영세 하청업체 비중 높음. 단, 부품개발능력을 가진 선도 중소기업도 상당수 존재	규모집약형 - 부품개발집적지
광주	광산업	선도기업 없음. 기업별 자체 R&D 및 생산 체계	과학기반형 - 연구기반구축지역
원주	의료기기	의료기기 업체 기술적 한계 존재 (기업 자체 R&D 역량 부족)	과학기반형 - 연구기반구축지역
군산	자동차부품	생산 위주 수직적 체계	규모집약형 - 생산협력집적지

#### □ 문제점

- 기존 국내 클러스터는 연구보다는 생산 중심형
- 기술혁신이 잘 일어나지 않는 태생적 한계

#### □ 시사점

- 최고의 기술을 유인책으로 활용
- 유치된 기업 및 연구기관을 네트워크에 추가하여 신기술개발 가속화 추진
- 이를 위해 세계적 수준의 기반 연구시설이 필요  
→ 예, 증이온 가속기

좋은 연구시설 → 좋은 연구인력 → 좋은 연구결과 → 좋은 산업체 → 좋은 과학기술산업단지

**감사합니다**



## 충청권의 국제과학비즈니스벨트 구축 타당성

### 좌 장

- 김 용 옹 원장 (충남발전연구원)

### 발 표 자

- 박 상 철 교수 (한국산업기술대학교/KAIST)  
“충청권의 국제과학비즈니스벨트 구축 타당성”

### 토 론 자

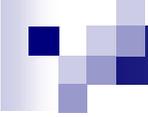
- 김 학 민 원장 (충남테크노파크)
- 강 병 주 교수 (한남대학교)
- 안 성 호 교수 (충북대학교)

# 충청권의 국제과학비즈니스벨트 구축 타당성

박 상 철 교수

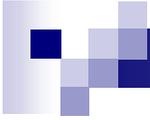
한국산업기술대학교/KAIST

[scpark@kpu.ac.kr](mailto:scpark@kpu.ac.kr)  
[scpark86@kaist.ac.kr](mailto:scpark86@kaist.ac.kr)



## 1. 현황

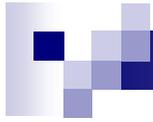
- 국가경쟁력 향상 (세계 11위/131개국)  
(표1 참조)
- 대한민국 강점: 거시경제 안정성, 고등교육 및 훈련, 기술준비성, 혁신 (표3 참조)
- 대한민국 단점: 정책의 불안정, 비효율적 관료제도, 불합리한 세제 등 (그림1 참조)
- 대한민국 위상: 세계 13위 경제국가, 세계 39위 소득국가 (표4 참조)



**Table 1: The Global Competitiveness Report 2007-2008**

<b>Rank</b>	<b>Country</b>	<b>Score</b>
1	USA	5.67
2	Switzerland	5.62
3	Denmark	5.55
4	Sweden	5.54
5	Germany	5.51
6	Finland	5.49
7	Singapore	5.45
8	Japan	5.43
9	UK	5.41
10	The Netherlands	5.40
<b>11</b>	<b>Korea</b>	<b>5.40</b>

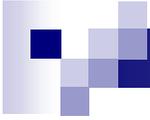
Source: World Economic Forum, 2008



**Table 2: Trend of Korean Global Competitiveness (As of 2003 - 2007)**

<b>Year</b>	<b>2007-2008</b>	<b>2006-2007</b>	<b>2005-2006</b>	<b>2004-2005</b>	<b>2003-2004</b>
Rank	11	24	17	29	18
Score	5.4	5.13	5.07	4.90	N.A.

Source: World Economic Forum 2004, 2005, 2006, 2007, 2008



**Table 3: Korean Global Competitiveness Index 2007-2008**

<b>Sub index A: Basic requirements</b>	<b>14</b>	<b>5.67</b>
1 <sup>st</sup> pillar: Institutions	26	5.05
2 <sup>nd</sup> pillar: Infrastructure	16	5.55
3 <sup>rd</sup> pillar: Macroeconomic stability	8	6.00
4 <sup>th</sup> pillar: Health and primary education	27	6.08
<b>Sub index B: Efficiency enhancers</b>	<b>12</b>	<b>5.28</b>
5 <sup>th</sup> pillar: Higher education and training	6	5.65
6 <sup>th</sup> pillar: Goods market efficiency	16	5.23
7 <sup>th</sup> pillar: Labor market efficiency	24	4.79
8 <sup>th</sup> pillar: financial market sophistication	27	4.79
9 <sup>th</sup> pillar: Technological readiness	7	5.15
10 <sup>th</sup> pillar: Market size	11	5.46
<b>Sub index C: Innovation and sophistication factors</b>	<b>7</b>	<b>5.42</b>
11 <sup>th</sup> pillar: Business sophistication	9	5.47
12 <sup>th</sup> pillar: Innovation	8	5.36
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>5.40</b>

Source: World Economic Forum, 2008

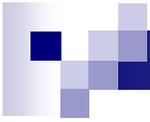
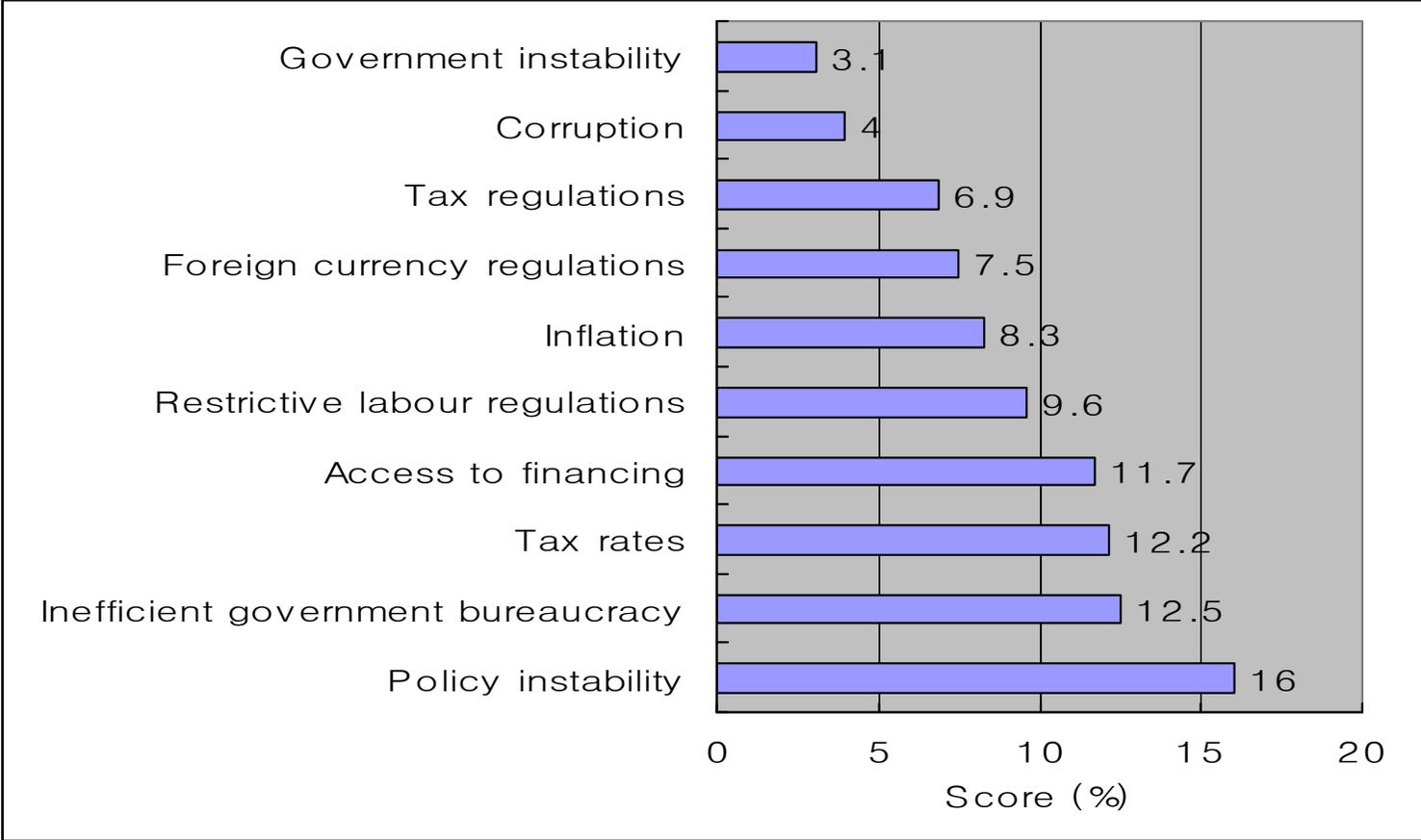


Figure 1: The Most Problematic Factors for Doing Business in Korea (As of 2007)



Source: World Economic Forum, 2008

표 4: 세계 상위 GDP 현황 (2006년)

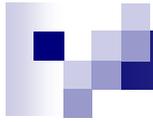
Total GDP 2006  
 (millions of  
 Ranking Economy US dollars)  
 1 United States 13,201,819  
 2 Japan 4,340,133  
 3 Germany 2,906,681  
 4 China 2,668,071  
 5 United Kingdom 2,345,015  
 6 France 2,230,721 a  
 7 Italy 1,844,749  
 8 Canada 1,251,463  
 9 Spain 1,223,988  
 10 Brazil 1,067,962  
 11 Russian Federation 986,940  
 12 India 906,268  
 13 Korea, Rep. 888,024  
 14 Mexico 839,182

World Bank, 2008

순위	수출	수입	교역액
1	독일	미국	미국
2	미국	독일	독일
3	중국	중국	중국
4	일본	영국	일본
5	프랑스	일본	영국
6	네덜란드	프랑스	프랑스
7	영국	이탈리아	네덜란드
8	이탈리아	네덜란드	이탈리아
9	캐나다	벨기에	캐나다
10	벨기에	캐나다	벨기에
11	한국	홍콩	홍콩
12	홍콩	스페인	한국
13	러시아	한국	스페인
14	싱가포르	멕시코	싱가포르
15	멕시코	싱가포르	멕시코

연합뉴스그래픽      YONHAP NEWS      자료/ 한국무역협회

20070327 / 전승엽 기자 kirin@yna.co.kr



**Table 5: Gross Net Income (GNI)/ per capita in Korea**

<b>Year</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
GNI/per capita US dollars	9,800	15,880	17,690	20,800

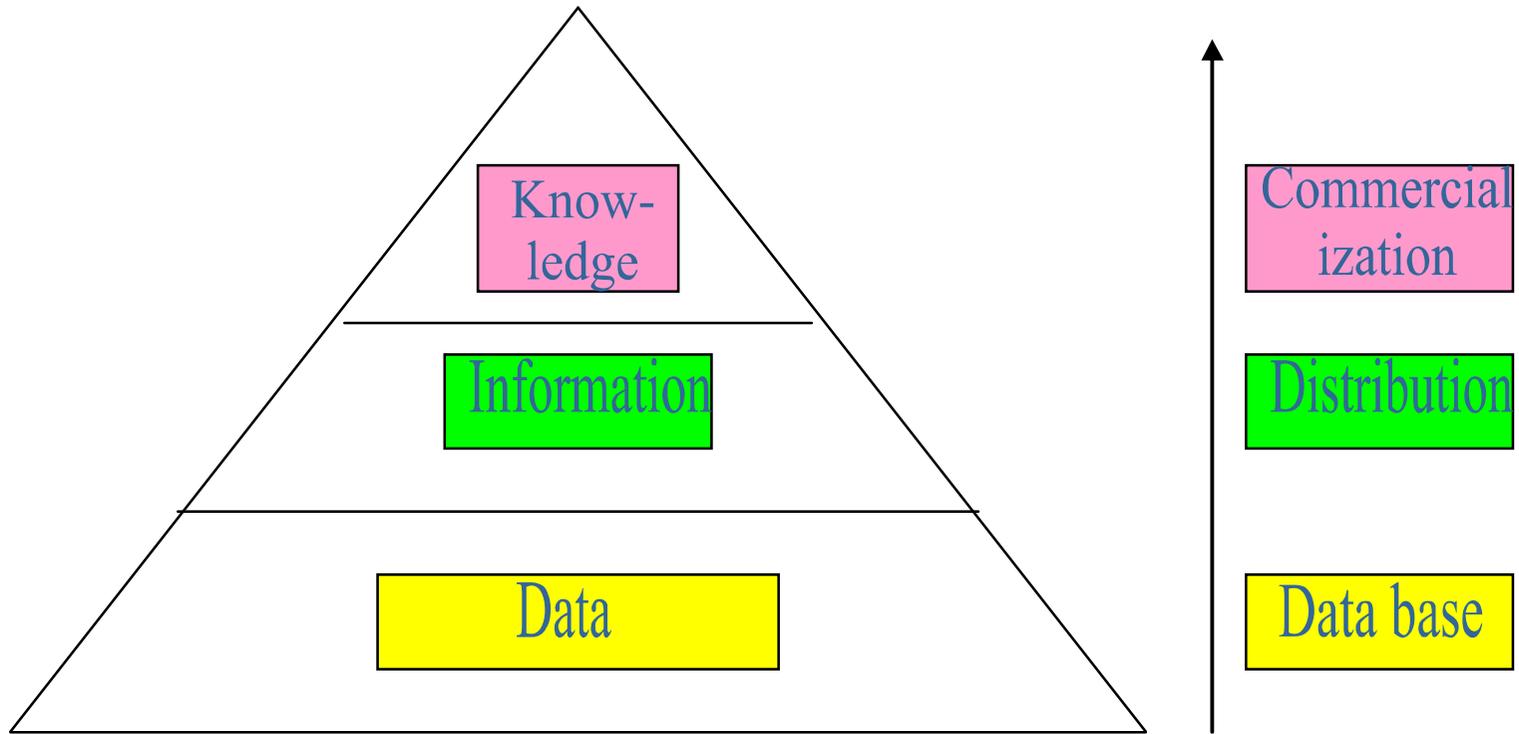
Source: World Bank, 2008



## 2. 기술선진국 발전전략

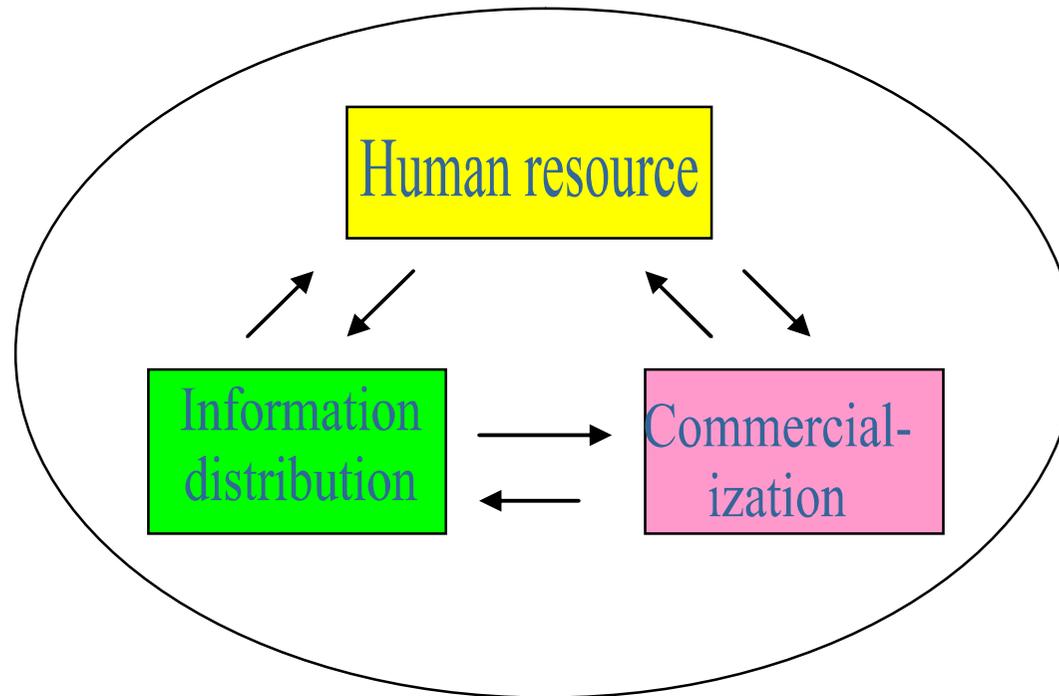
- 지식경제체제 전환: 지식경영  
(그림 2, 3 참조)
- 혁신클러스터 구축: 기술혁신, 기업가 정신,  
네트워크 (표 6 참조)
- 전략기술 확보: 원천기술, 기초연구  
(그림 4 및 표 6 참조)
- 국가혁신체제 (NIS), 지역혁신체제 (RIS)  
구축

**Figure 2: Hierarchy of knowledge**

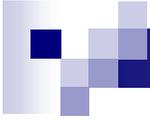


Source: Author's own adaptation

**Figure 3: Knowledge Management**



Source: Author's own adaptation



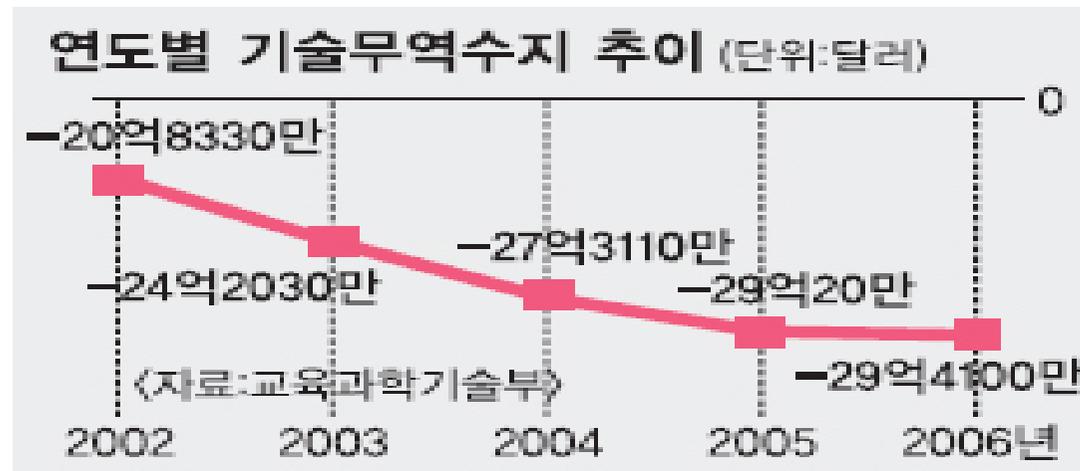
**Table 6: Patterns of Innovative Cluster in OECD Member Nations**

Member Nations	Characteristics
Australia	Product network technology innovation network, collaborative network
Belgium	Product network, technology innovation & cooperation network
Denmark	Resource concentrated areas
Finland	Harmonization of specialized knowledge in corporation
Italy	Knowledge exchange between industrial sectors
Canada	Technology innovation system
Mexico	Knowledge exchange between industrial sectors
The Netherlands	Product network, supporting new cluster
Switzerland	Technology innovation network
Spain	Technology innovation system
United Kingdom	Regional technology innovation system
Sweden	Collaborative system between corporations in all industrial sectors
Germany	Technology innovation of corporations in same industrial sectors
USA	Product network, supporting new cluster
Austria	Industrial areas
Japan	Modifying existing industrial sites
<b>Korea</b>	<b>Remodeling existing industrial sites and national R &amp; D hub</b>

Source: Den Hertog (1998) and author's own adaptation

그림 4: 대한민국 기술무역 추이

표 7: 5대 주력 수출제품 중 수입부품 비중



**5대 주력 수출제품 중 수입부품 비중**  
(2007년 기준, 단위:%)

제품명	수입부품 비중 (%)
반도체	44.0
자동차	23.0
선박	32.2
휴대전화	39.8
디스플레이	34.7

〈자료:대한상공회의소〉

### 3. 혁신클러스터의 의미

- 혁신클러스터 내 기업 간 강력한 사업교류 존재 (표 7 참조)
- 혁신클러스터 내 기업 간 사업교류가 클러스터 외 기업과의 사업교류보다 매우 강력함: 기술혁신/이전
- 혁신클러스터 내 사업활동이 클러스터 외 사업활동보다 안정적: 지속적 경제성장
- 공간적으로 밀집된 지역에서 사업활동 수행



**Table 7: Development Path of High-Tech Areas**

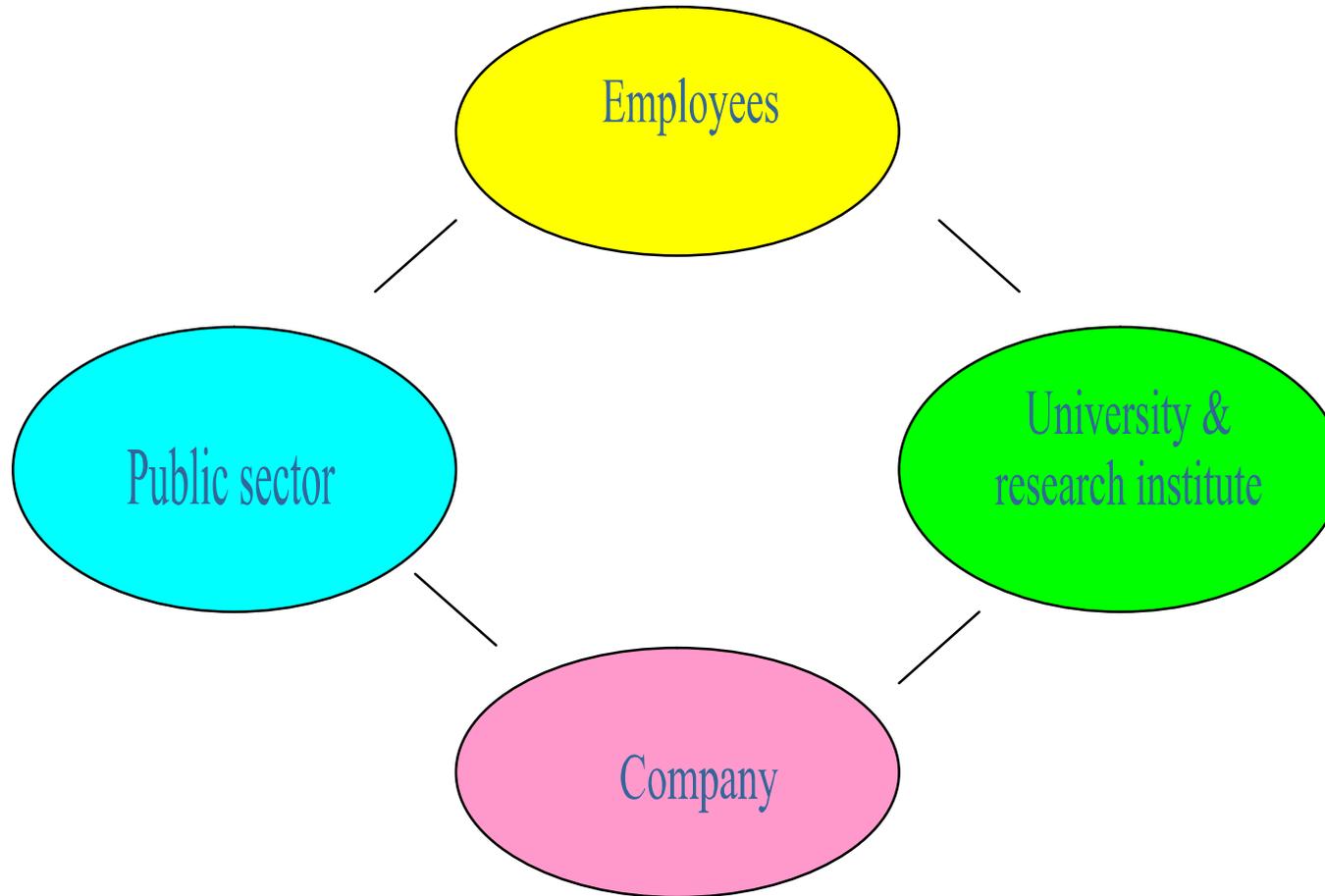
<b>Time</b>	<b>Scholar</b>	<b>Theory</b>
1890	Marshall	<b>Industrial district</b>
1911	Schumpeter	<b>Driving force of economic growth</b>
1950	Dahmen	<b>Development block</b>
1980	Porter	<b>National competitiveness</b>

Source: Author's own adaptation

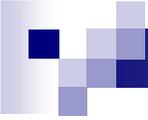
## 4. 혁신클러스터의 신규경향

1. 삼각체제에서 사각체제로 변화: 생태체제 (ecosystem), 지역환경 (local milieu) (그림 5)
2. 시스템접근방법 (systemic approach)에서 전체론적 (holistic approach) 접근방법으로 변화
  - **시스템접근방법**: 기술발전 및 혁신능력개발은 다양한 혁신주체와 지식 간 상호 학습 및 지속적인 통합을 바탕으로 형성되는 것으로 간주됨
  - **전체론적 접근방법**: 기술혁신은 혁신주체와 정책담당자 간 전체적이며 통합적인 협력관계의 결과물로 간주됨 (세금, 사회간접자본 구축, 법률, 규제 등에서 **지식 및 인력의 원활한 확산을 위한 효율적 네트워크** 개발 및 산업학습으로 **중요도가 이동**)

**Figure 5: Quadruple helix**



Source: Author's own adaptation



## 5. 충청권 과학기술 인프라 및 투자

- 대덕연구개발특구에 집중 (표 8, 9, 10 참조)
- 충남 전국 6위의 과학기술부문 투자  
(그림 6 참조)
- 충북 전국 9위의 과학기술부문 투자
- 충북 지역의 높은 비율의 과학기술부문 투자  
(그림 7 참조)
- 충남지역의 강력한 경제활동: 수도권과 더불어 최대 무역흑자지역 (표 11 참조)

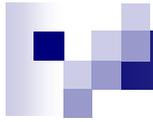


표 8: 대덕연구개발특구 내 대학 및 연구기관 현황 (2007년)

	국공연/출연연	정부투자연구기관	기업부설연구기관	대학
전 국	157	27	790	403
대 전	19(11.9%)	7(25.9%)	56(7.1%)	25(6.2%)
대 덕	19(11.9%)	7(25.9%)	32(4%)	5(1.2%)

표 9: 대덕연구개발특구 내 고급인력 현황 (2007년)

	계	학 위 별		
		박 사	석 사	학사 이하
전 국	209,979	56,572	68,261	85,146
대 덕	14,387(6.8%)	5,806(10.2%)	6,625(9.7%)	2,534(2.9%)

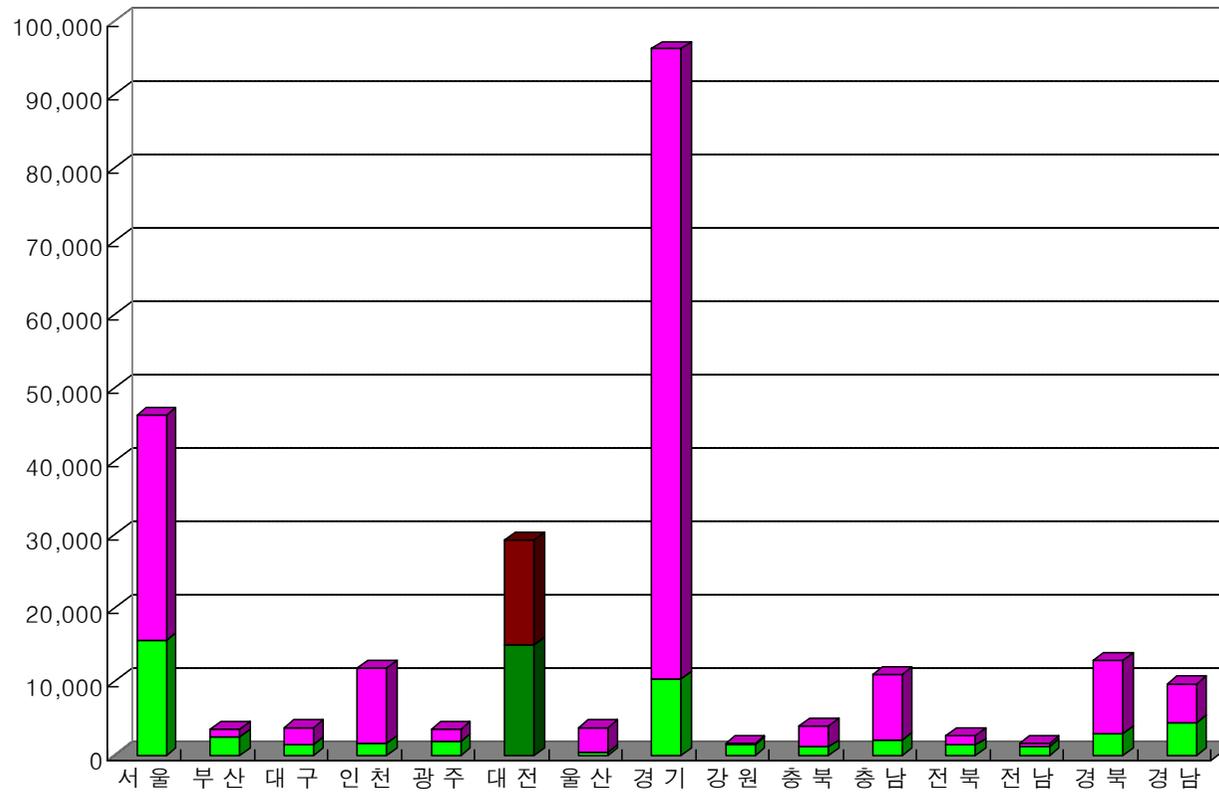
표 10: 대덕연구개발특구 R & D 인프라 현황 (2007년)

- 연구장비 구축DB을 통한 연구장비 현황은 대덕이 5,883건으로 전체 구축 DB의 23.6%를 차지하는 등 국내 최고의 R&D 인프라 보유

전 국	대 덕	서 울	경 기	부 산
24,877	5,883(23.6%)	4,925(19.8%)	2,585(10.4%)	1,743(7.0%)

그림 6: 지역별 전체 연구개발투자 및 공공부문 연구개발투자 현황

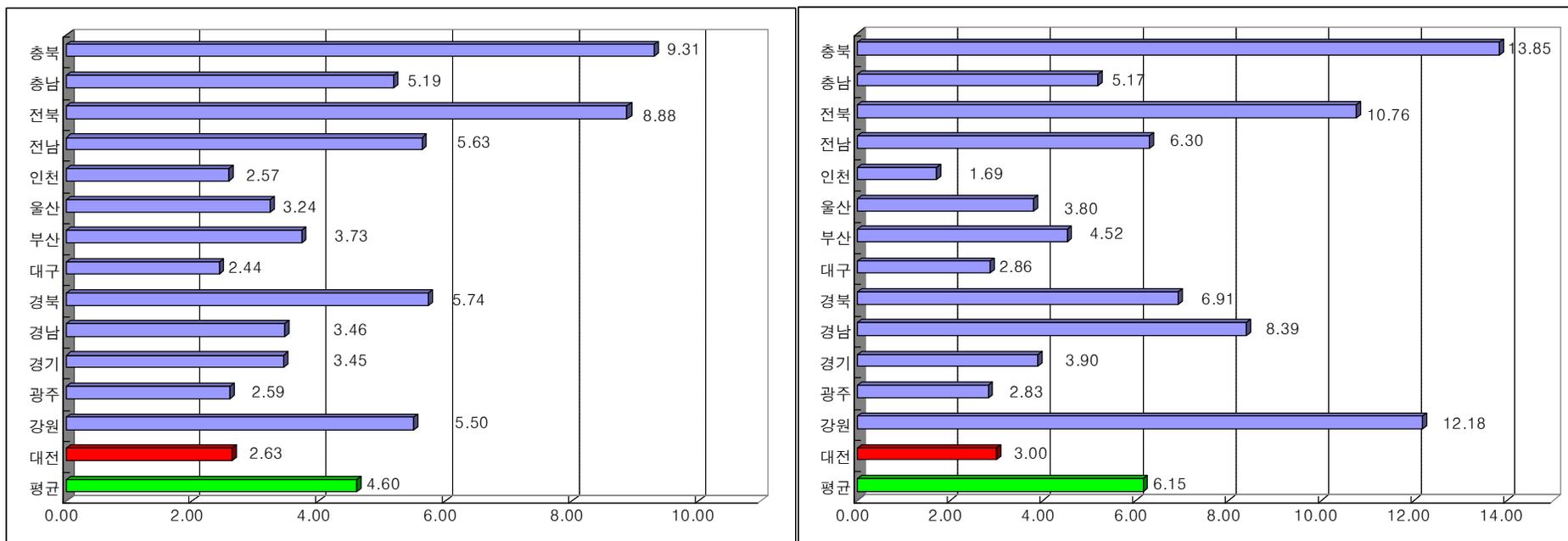
- 전체 연구개발 투자 3, 6, 9위 (경기, 서울, 대전, ...충남, 충북 순)
- 공공부문 연구개발 투자 1위 (대전, 서울, 경기 순)



출처 : 과학기술부, 2006 과학기술연구개발활동 조사보고서, 2006. 11

그림 7: 충북, 충남, 대전 연구개발 투자 현황 (2004년, 2005년)

- 대전광역시의 재정자립도는 약 70% 수준  
(전국 평균은 50% 미만, 서울 제외)
- 충북은 재정자립도에 비해 높은 비율의 연구개발 투자



2004년도 재정자립도 대비 R&D예산 비율(%)    2005년도 재정자립도 대비 R&D예산 비율(%)

표 11: 충청남도 현황 (2005년/ 2007년)

부 문	전 국	충청남도	비 고
인구 (05년)	47,041,434	1,879,417	4.0%
지역총생산 (05년)	817조 8,100억 원	47조 5,146억 원	5.8%
전국평균연령(07년)	35.6세	37.8세	
경제활동참가율(07년)	62.3%	67.9%	전국 최고
실업률 (07년)	3.0%	1.9%	전국 최저

출처: [www.kokis.kr](http://www.kokis.kr) 2007-12-06 (국가통계포털)



## 6. 국제과학비즈니스벨트 구축 배경 및 이유

- 대덕연구개발특구 + 오송/오창 국가 및 지역 산업단지 + 세종시 연계: 슈퍼클러스터
- 기초과학 (원천기술), 첨단산업 (산업구조 고도화), 국가 및 지역경제 활성화 (지속적 성장): Global Korea
- 과학과 문화의 접목: 삶의 질 향상 및 과학적 문화 정립
- 기초기술, 응용기술, 개발기술 등 과학 및 산업의 균형적 발전 및 전략산업 육성에 기여



## 7. 과학비즈니스벨트 추진과제 (하드 인프라)

- 접근성: 항공, 철도, 자동차  
(그림 8, 9, 10 참조)
- 초 광역통신망 구축: 모바일 통신망
- 연구개발 중심의 벨트 조성: 90% 연구  
개발 활동, 10% 파일로트 생산
- 최적 주거 및 교육환경: 유아원 - 대학원  
(그림 11 참조)

Figure 8: Location of Kista Science City

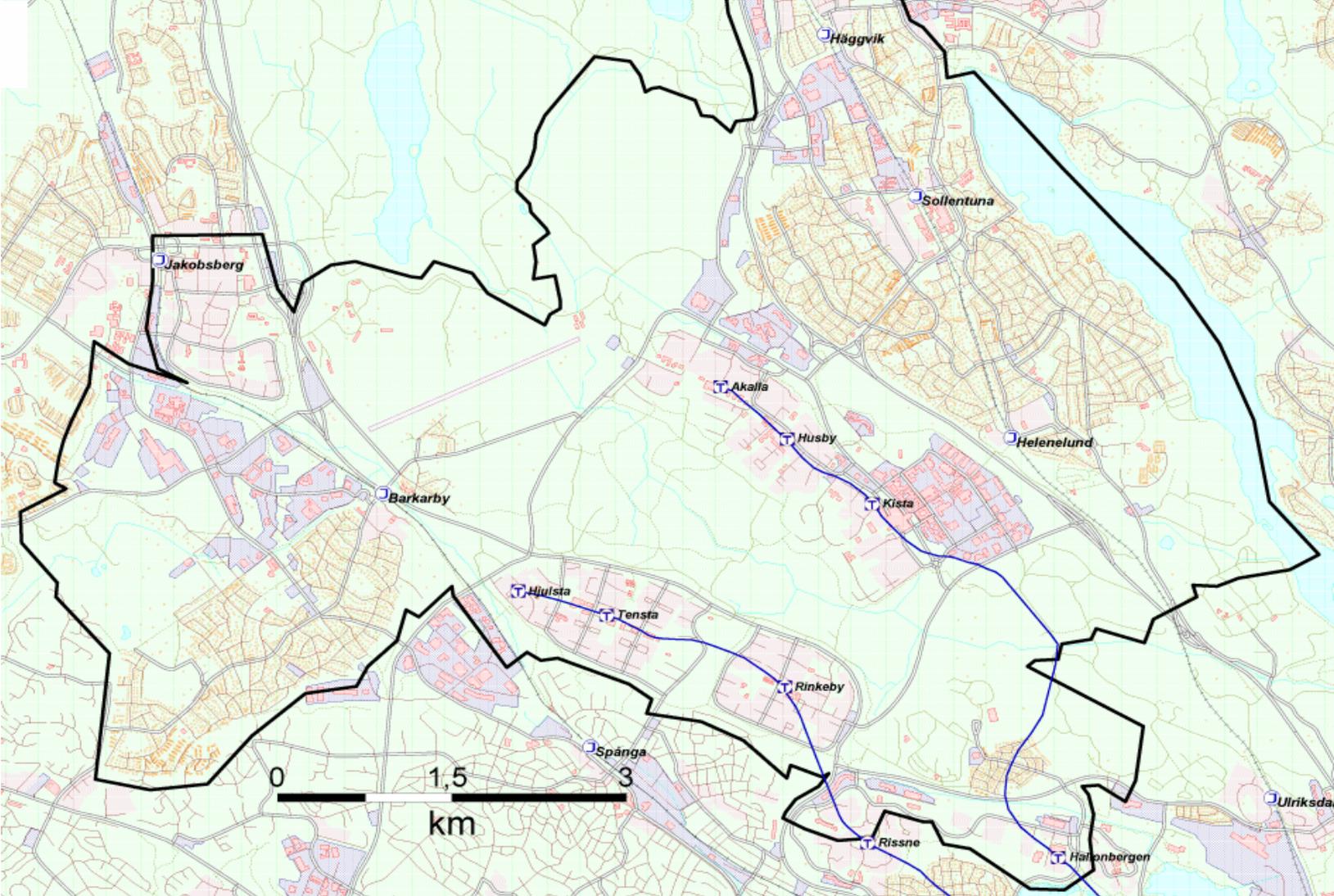
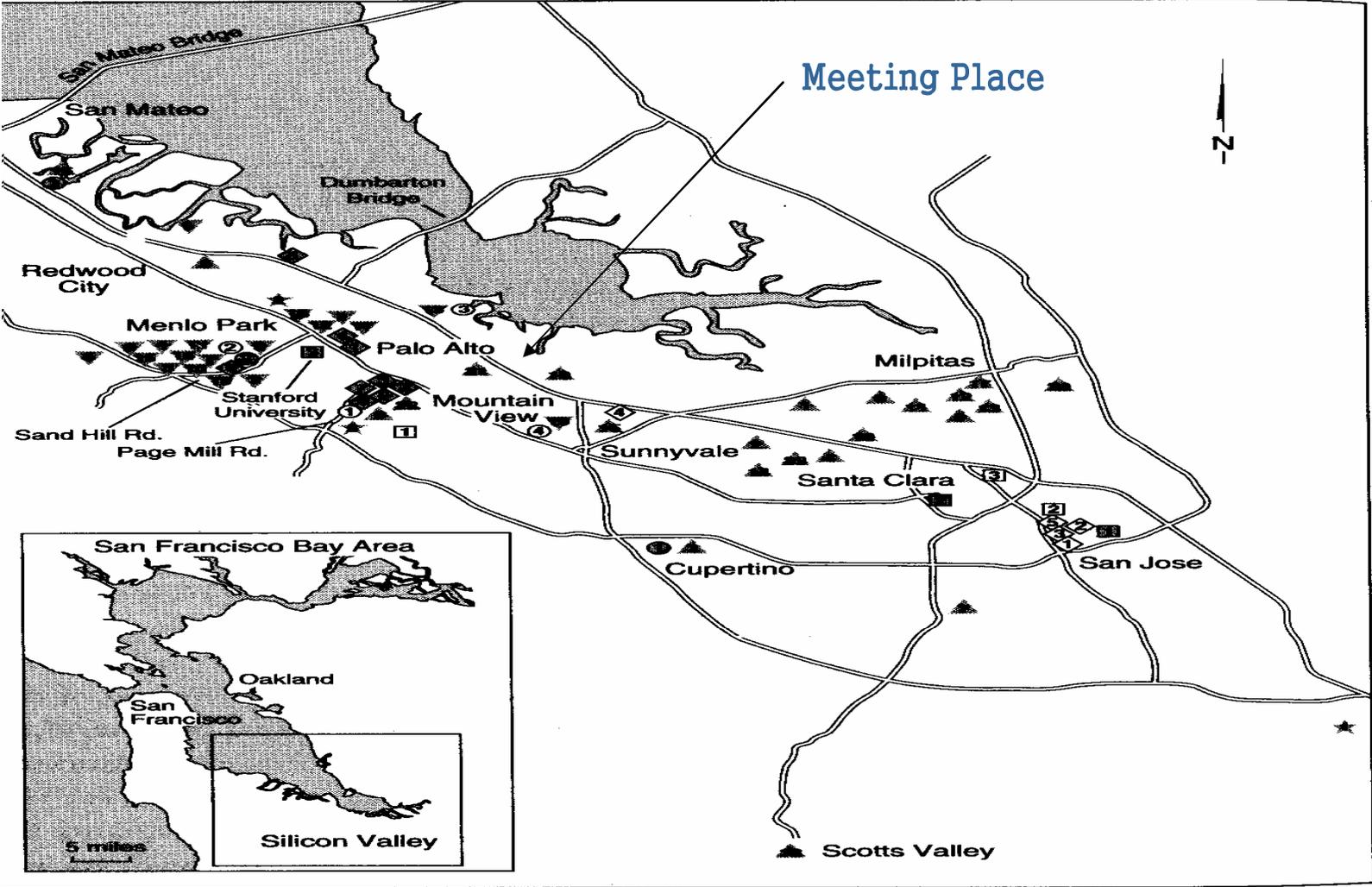


Figure 9: Location of Silicon Valley

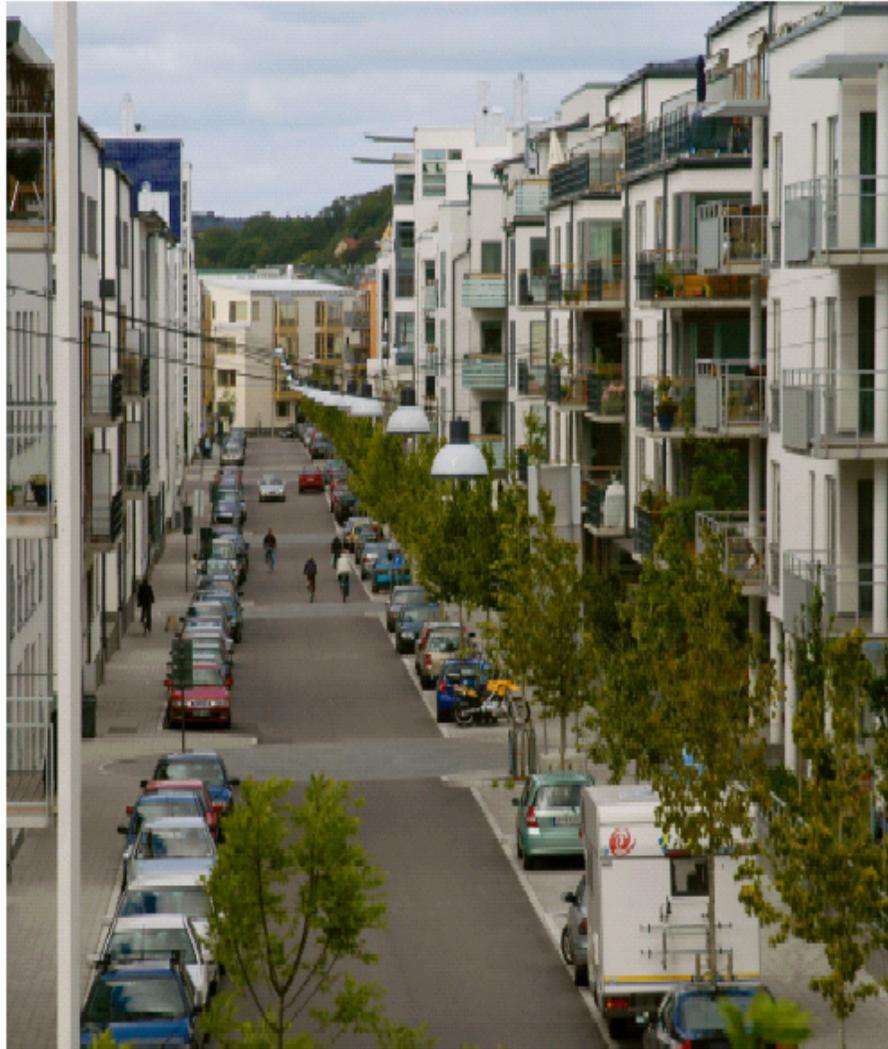


Silicon Valley's Microclusters

Figure 10: Inside views of Kista Science City



그림 11: 환경 친화적 공공주택지역



## 8. 과학비즈니스벨트 추진과제(소프트 인프라)

- 초 광역행정서비스 체제 구축
- 대덕연구개발특구, 오송/오창, 세종시 등 각 주체 간 명확한 역할 분담
- 초 광역 슈퍼클러스터 구축에 필요한 협력 체제 구축: 기술혁신, 기업가 정신, 네트워크
- 소프트웨어 인프라 구축 중시: 제도, 법률, 문화, 서비스 등
- 초 일류기업 및 R & D센터 유치



## 9. 결론

- 국제과학비즈니스벨트 구축: 국가 장기 발전 비전의 일환 (Global Korea)
- 지역의 능동적 협력 및 대응이 성공 필수 요건
- 기초과학, 첨단산업, 연구기관, 정부 등 각 참여주체 간 효율적 네트워크 구축
- 개방적 협력체제: Open Forum
- 슈퍼클러스터의 시너지 창출: 최대 관심사