

# 과학비즈니스벨트 중이온가속기

(가칭) KoRIA 프로젝트

**채종서**

성균관대학교

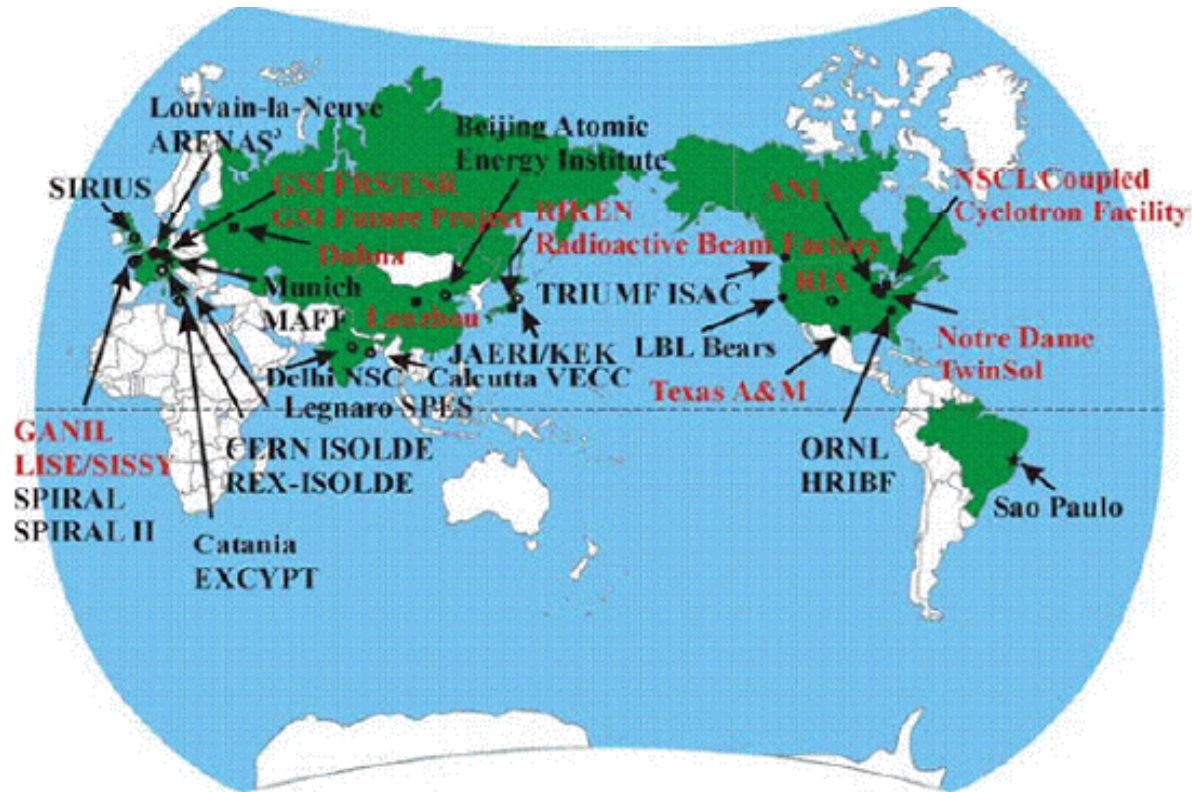
# 1. 외국의 중이온(RI)가속기 현황

2. 한국의 현황

3. 과학비즈니스벨트의 중이온가속기 KoRIA?

# 1. 외국의 중이온(RI)가속기 현황

- 현재 2001년부터 전세계는 불안정 원소의 가속으로 추구하고 있음 (아래 지도 참조)
- 새로운 불안정 원소의 가속을 위하여 새로운 가속기를 건설하거나 기존의 가속기를 개조하고 있는 중
- 검은색은 건설 완성한 연구소, 붉은색은 건설 중 혹은 추진 중인 연구소

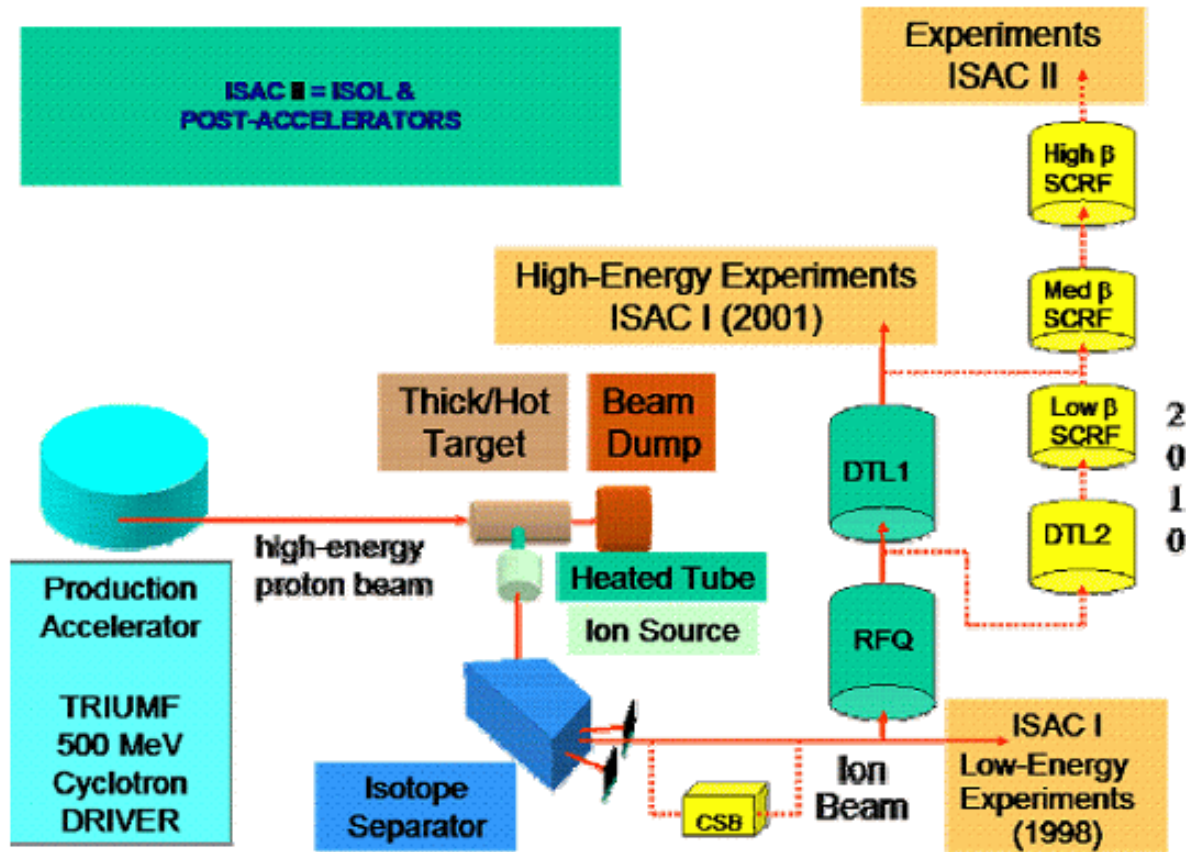


# 1-1. ISAC II ( TRIUMF, 캐나다)

500 MeV 100uA source

ISAC I 1998년에 완성하여 실험중

현재 ISAC II 구축중 (2010 완성 목표)



## 1-2. RIBF ( RIKEN 일본)

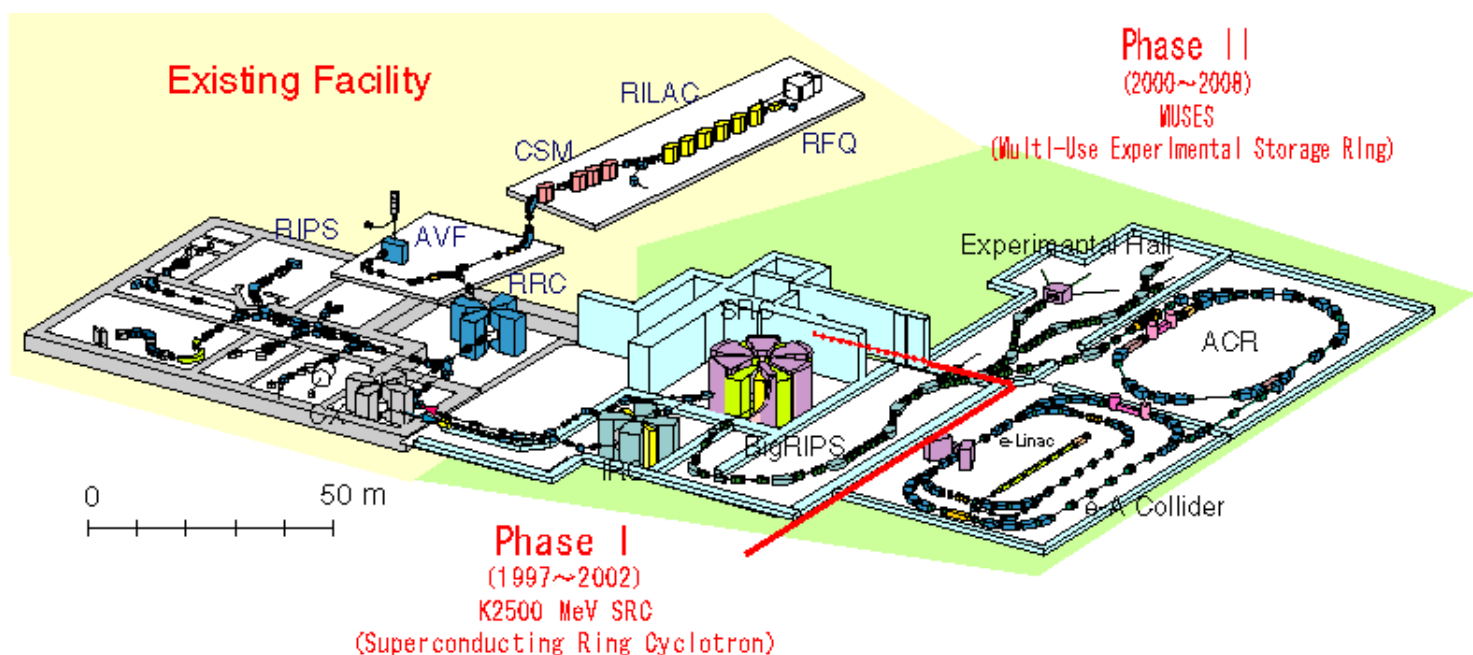
기존의 RRC 사이클로트론에 fRC, RRC SRC(Superconducting Ring Cyclotron)의 3 가지 형태의 사이클로트론을 source로 사용

기존의 RRC k=540, fRC k=520, IRC k=980, SRC k=2500 우라늄 이온에 대하여 350 MeV/n

2007년 3월에 처음 빔 인출 실험 완성

현재 빔 테스트 실험 계속중, 실험시설 확충 중

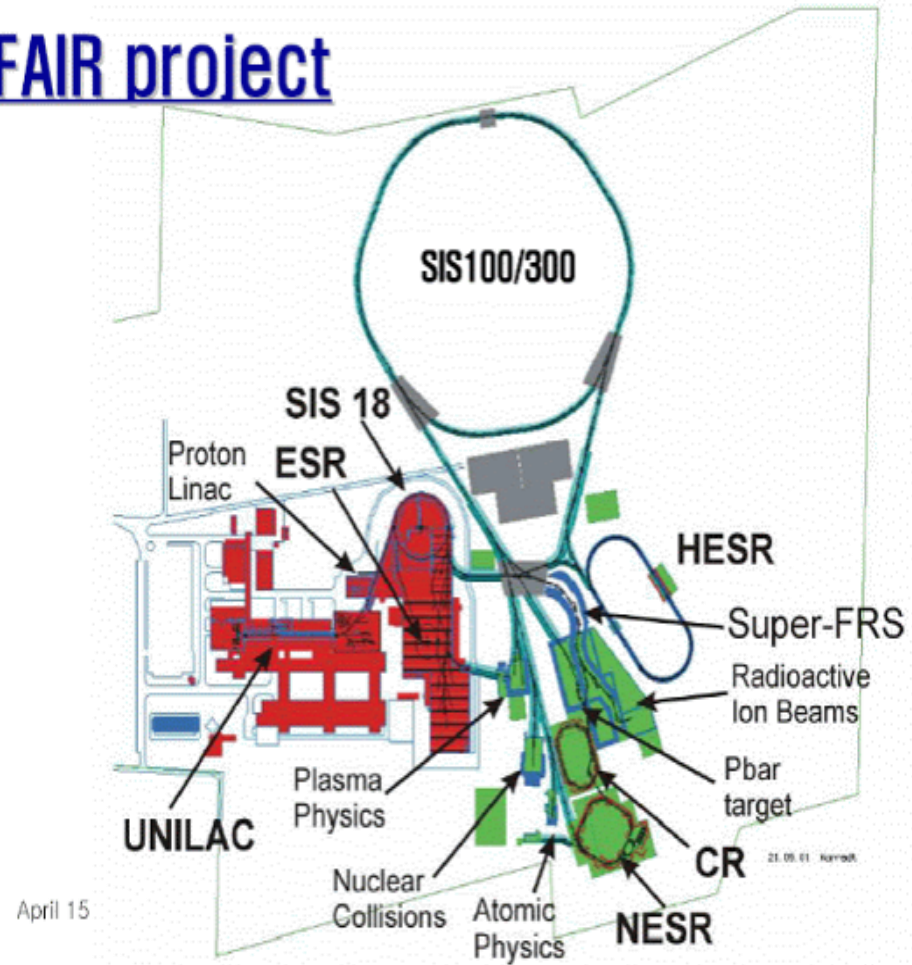
그럼에도 2008년 가동률 61%



### 3. International Accelerator Facility (GSI, 독일)

Universal Linear Accelerator (UNILAC),  
the heavy (Schwer) Ion Synchrotron SIS18,  
FRagment Separator (FRS)  
Experimental Storage Ring (ESR).  
UNILAC/SIS18 (입사가속기)  
superconducting synchrotrons SIS100 (100Tm)  
SIS200 (200 Tm 둘레 1100 m)  
High Energy Storage Ring (HESR),  
Collector ring (CR)  
New Experiment Storage Ring (NESR)  
Superconducting FRagment Separator (Super-FRS)

#### FAIR project



## 4. SPIRAL 2 at GANIL

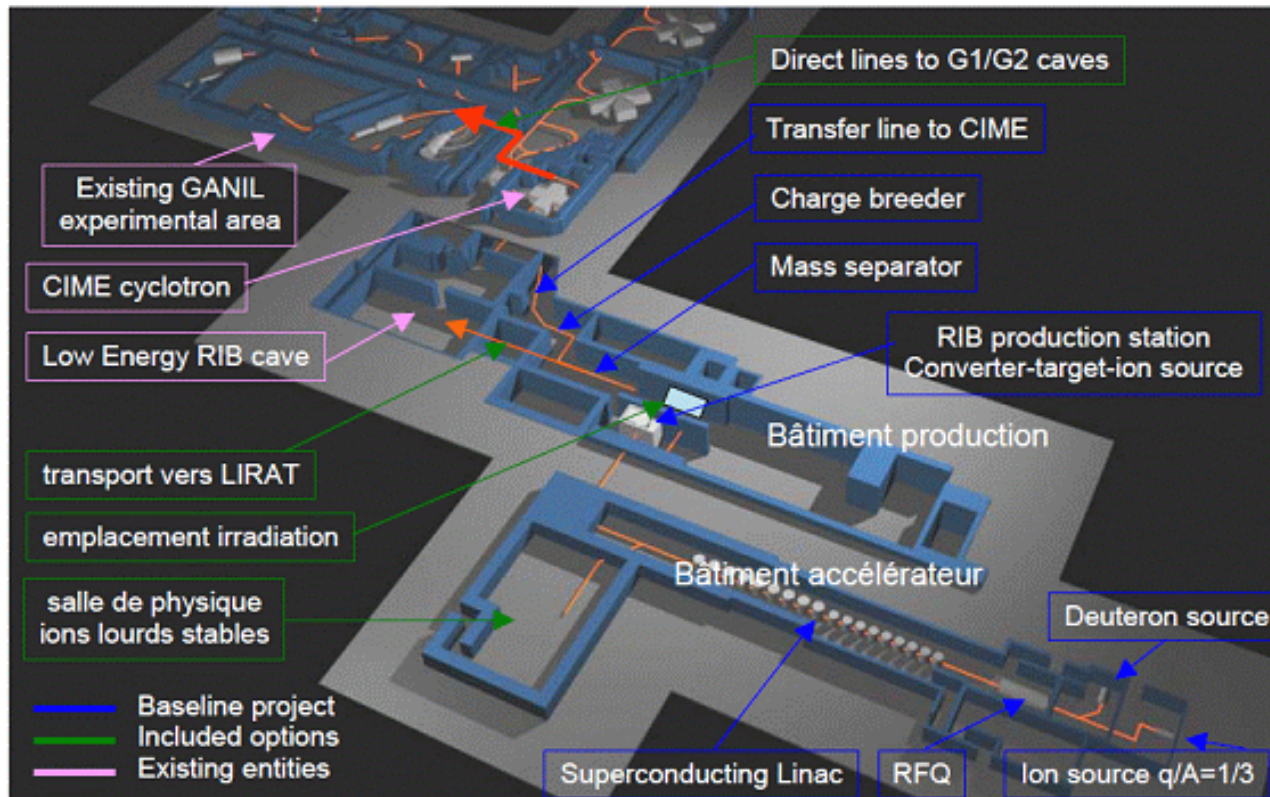
기존의 2 대 쌍둥이 가속기에 새로운 시설을 추가

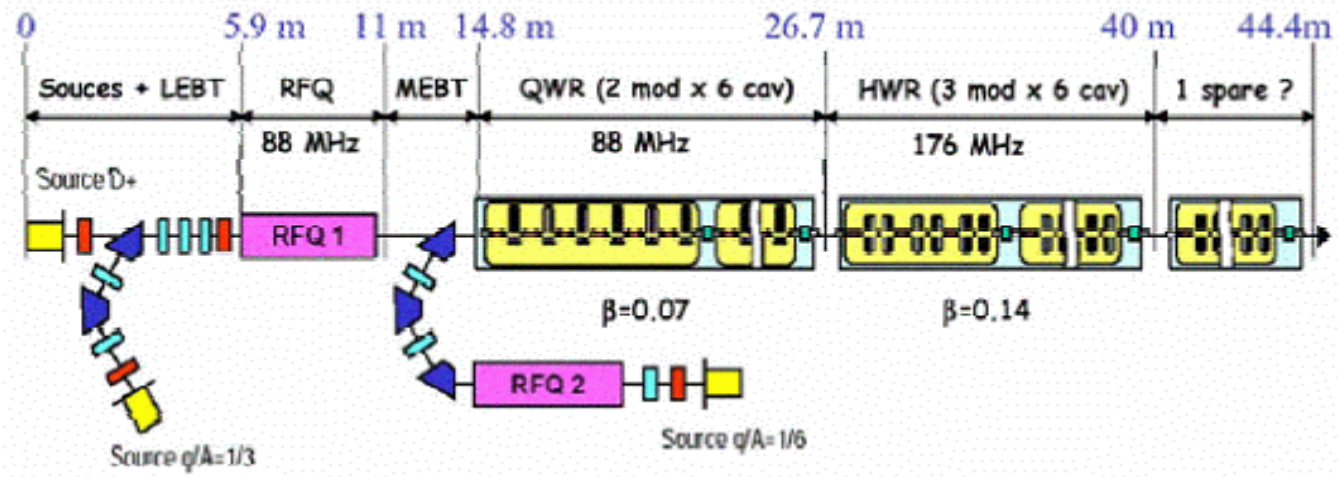
구동가속기 5 mA D+ to 20 MeV/u에서 14.5 MeV/u (1 mA of  $A/q = 3$  ions)

30 개의 공진기 (resonators ,  $\beta = 0.07$ , 88 MHz quarter-wave)

3 개의 공진기 ( $\beta = 0.14$ , 166 MHz half-wave )resonators.

ECR sources, 등

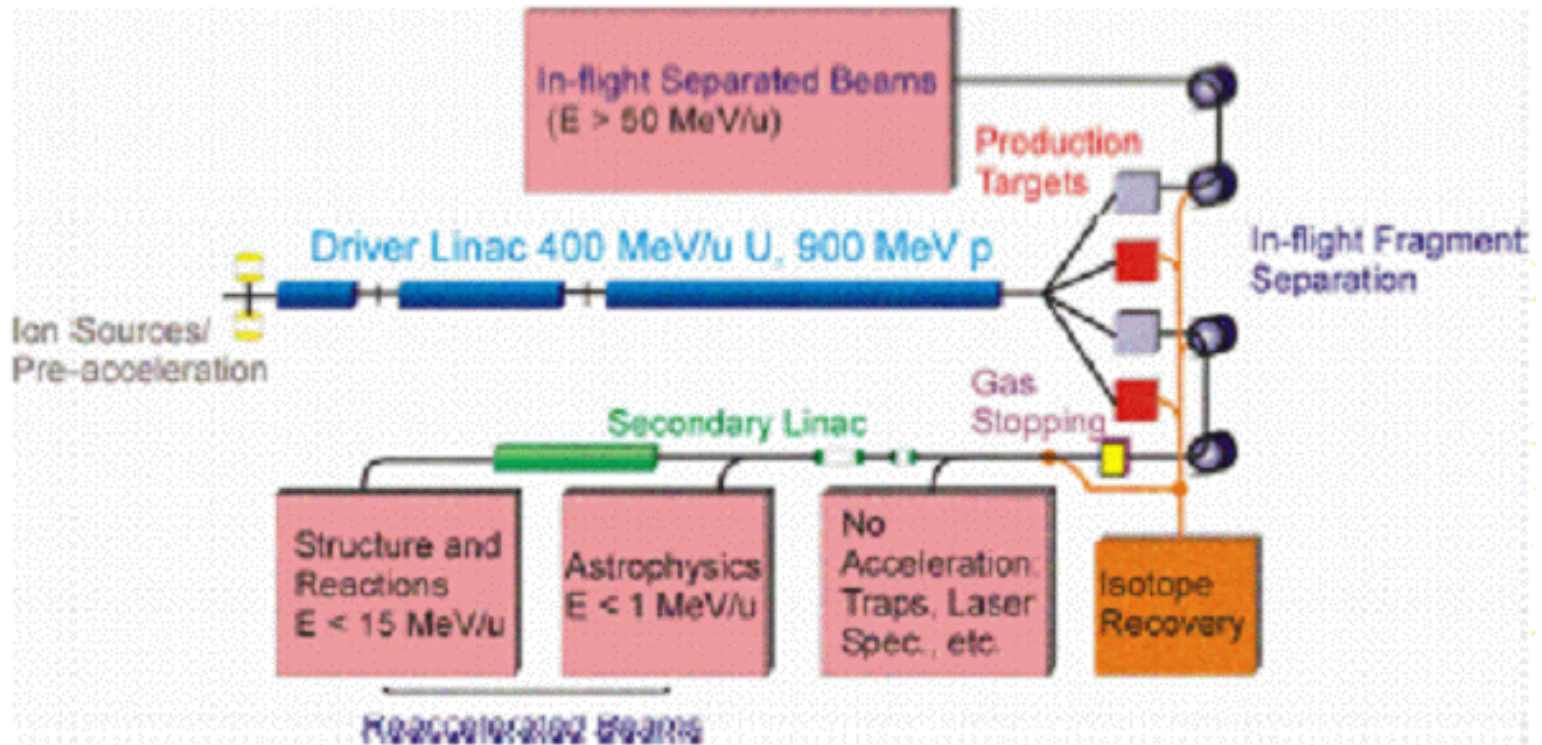






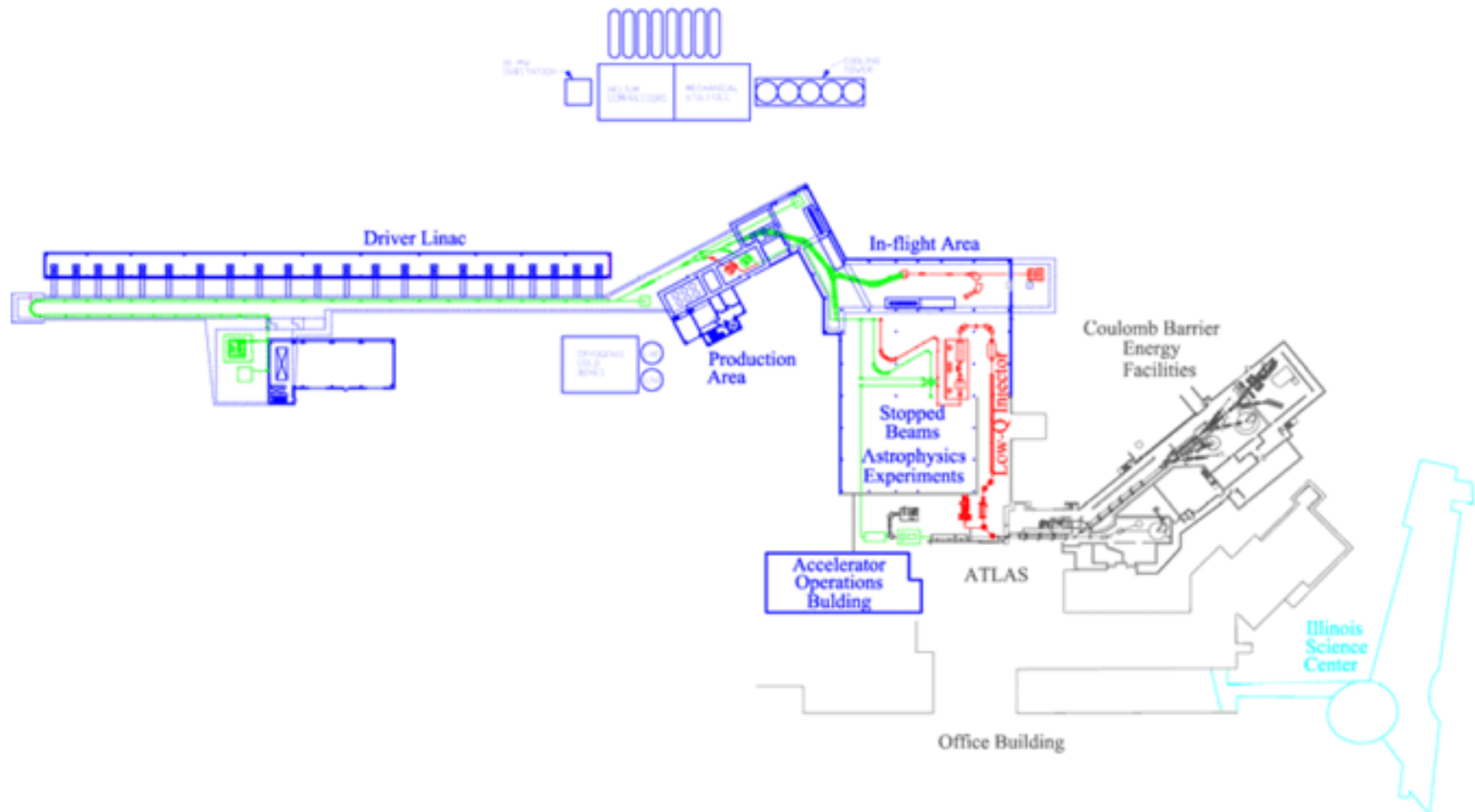
## 5. RIA (미국)

미국은 중이온 (불안정원소)가속기의 세계적 선점을 위하여 아래와 같은 시설의 RIA 프로젝트를 추진하였으나 예산등의 문제로 규모를 반으로 줄인 프로젝트를 기획중에 있음  
현재 ANL과 MSU가 경합중임



## 5-1 Argonne에서 추진중인 프로젝트(*Advanced Exotic Beam Laboratory*)

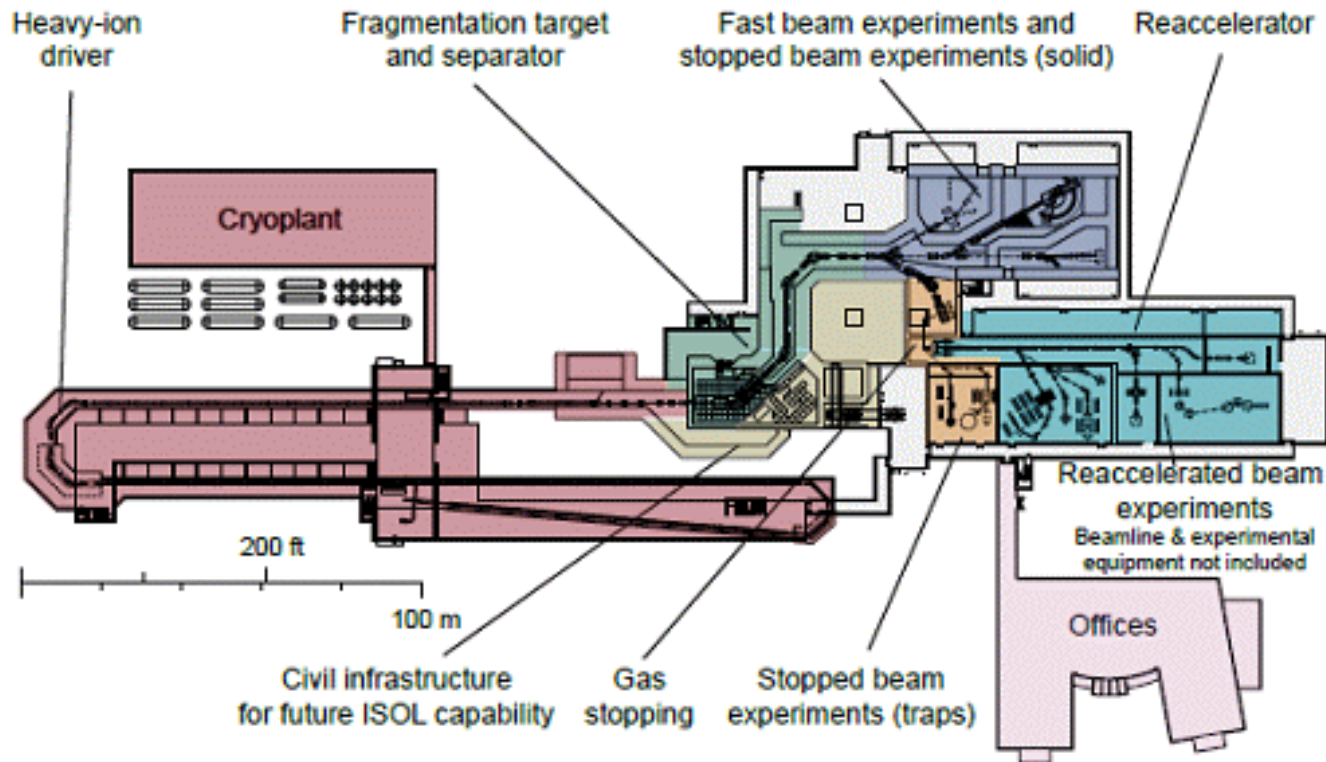
- (1) 초전도 선형가속기 (400-kW, 200-MeV/u superconducting linac driver accelerator)
- (2) 기존의 ATLAS로 exotic beams 재 가속



## 5-2 ISF(Isotope Science Facility) 동위원소과학시설

고출력 초전도 중이온 선형가속기 (200 MeV/n, beam출력 400 kW)

- fragment-separator 포함된 in-flight production target
- fragment analyze포함 high-power ISOL target
- 고속빔연구시설
- 고선속단수명동위원소빔 인출 시설, 고효율 개스 stopper
- 100 keV 미만의 저에너지실험시설
- 12 MeV/n 후단 가속기



1. 외국의 중이온(RI) 가속기 현황?

**2. 한국의 현황**

3. 그런데 우리나라는?

# 국내 연구용 가속기 현황

## ▶ 포항공대, 포항 방사광가속기

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

## ▶ 원자력의학원 사이클로트론

- 50 MeV 소전류 (60 uA) 사이클로트론 (양성자, 중양자, He-3, He-4)
- 1986년 도입, 운영 중
- 기초과학 전용 (200여명 치료)

## ▶ 자원연구소, 서울대공동기기원, KIST

- 1 ~ 6 MeV 정전형 가속기 물질분석 및 연구

## ▶ 양성자기반공학기술개발사업단, 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

## ▶ 운영 중인 소형 가속기

- 사이클로트론 : 저에너지(3~50MeV) 소전류(0.1mA이하); 20여기(4기 국내개발)  
의료용 동위원소 생산 (양성자, 한국원자력의학원, 한국원자력연구원(정읍)  
양성자 치료 가속기 (230 MeV)
- 소형 의료용, 산업용 전자가속기 제외

• 중이온가속기 연구시설 없음!

## 중이온 가속기 관련 정책과제 수행 현황

정책과제명	과제책임자	날짜	과제내용
중입자가속기 개발에 관한 타당성 연구	최 병 호 (한국원자력연구소)	2003. 8	중입자 가속기의 국내외동향 및 추진 타당성을 위한 추진 사업의 내용 분석
국립핵과학연구소설립계획(안)	이 춘 식 (중앙대학교)	2003. 12	세계적인 수준의 가속기와 핵심시설을 기반으로 하는 미래 핵과학연구소 설립 안
국가 핵과학 연구체계 구축에 관한 연구	민 동 필 (서울대학교)	2004. 4	국가 핵과학 연구체계를 위한 기초 및 응용 연구의 중심역할을 할 연구소 건립 제안
중입자 가속기의 사전 기획 조사연구	김 만 원 (한국과학기술원)	2004. 3	중입자 가속기 연구 기반 구축 사업 기획을 수립하여 사업추진의 효율성과 일관성을 높이는 기술체계와 활용성 및 파급효과를 제시
의용중입자가속기 개발 타당성 조사연구	김 일 한 (서울대학교)	2007. 5	중입자치료와 양성자 치료의 비교 분석 및 중입자 가속기 개발 필요성 및 타당성 사전 조사 연구

1. 외국의 중이온(RI)가속기 현황

2. 한국의 현황

**3. 과학비즈니스벨트의 중이온가속기 KoRIA?**

# 중이온 가속기와 기초과학 연구

## ▶ 기초과학의 필요성

21세기 지식기반 세계화의 무한경쟁에서 국가 경쟁력 확보를 위한 기초과학선진입국 필요성  
연구의 질적 향상 필요 : 지금의 응용기술로는 3만불 시대 진입이 불가능

## ▶ 기초과학 대형인프라 부재

산업-기술-응용과학에 중점을 둔 선택과 집중 전략에 의해 양적 측면에서 비약적 발전을 이루었다.  
그러나 그동안 방치되어왔던 기초과학의 정부지원을 늘리고 대형 인프라 구축해야 할 시점

## ▶ 다목적 인프라

중이온 가속기 시설은 다양한 연구 프론티어 개척용 시설

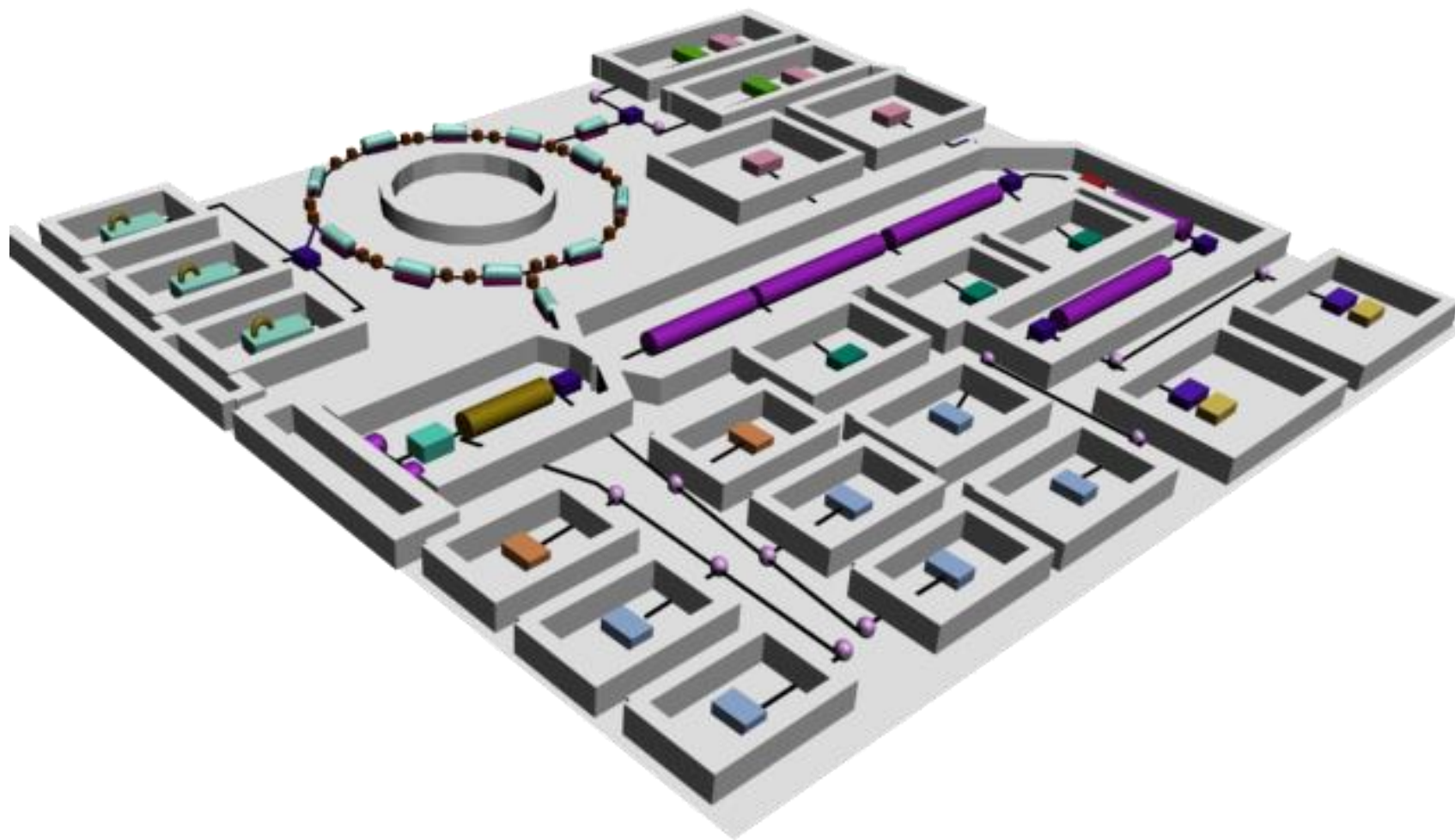
- 다양한 원소빔 : 수소 빔에서 우라늄 빔까지 가능
- 다목적 이용 : 우주 물질의 기원 탐구, 새로운 원소의 탐색, 물성, 재료, 의료(진단, 치료), 생명, 농학, 환경, 안보 국방 등 다양하고 광범위한 연구 가능

## ▶ 국제적 리더십을 갖춘 인력 양성

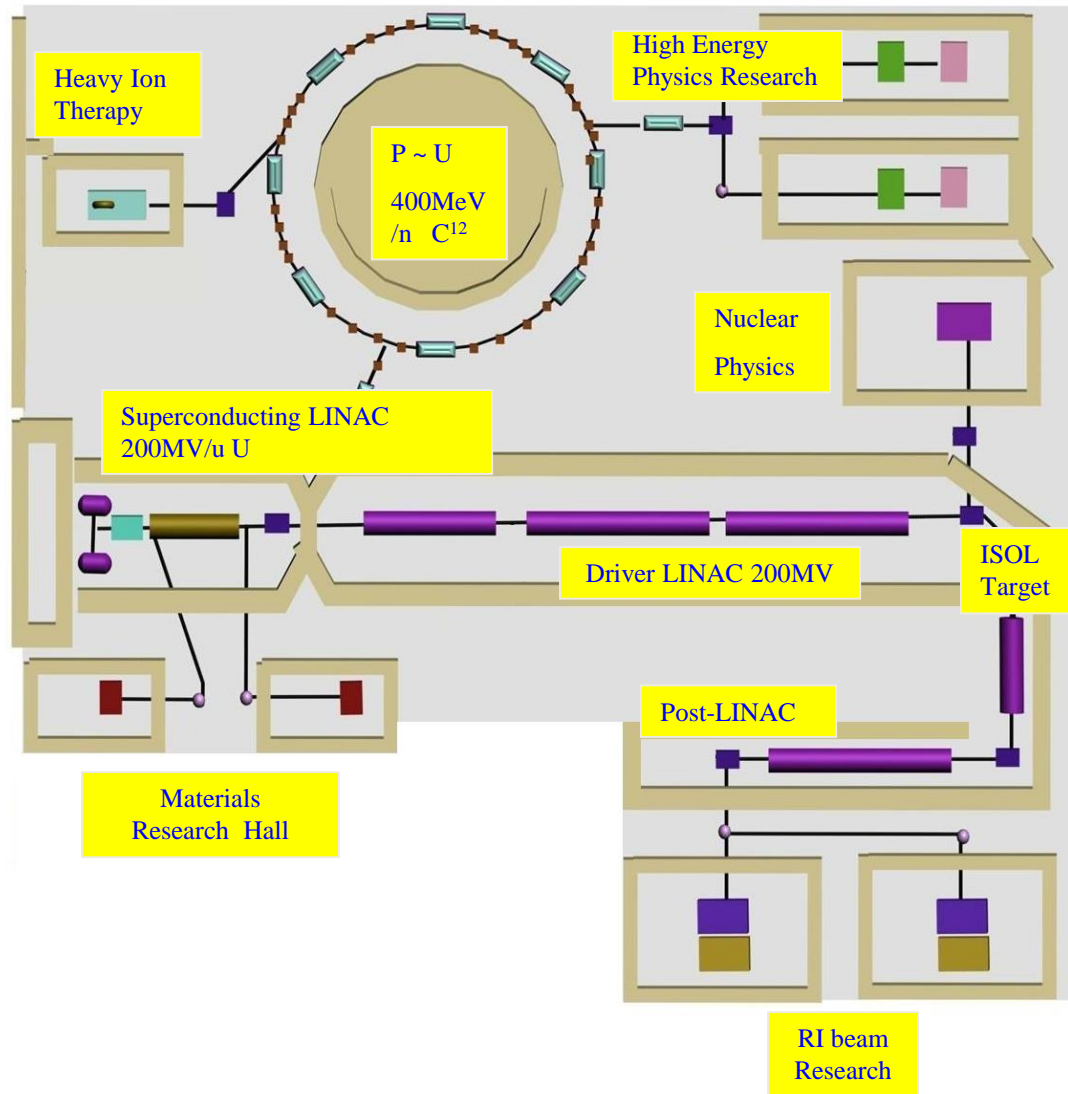
- 박사 학위 후 신진 과학자들의 leadership 훈련 시설 필요
- 대형 국제 공동 실험을 준비하기 위한 국내 홈베이스



# 국제과학비즈니스벨트 중이온가속기 시설도(안)



# 국제과학비즈니스벨트 중이온가속기 시설 평면도(안)



# 중이온가속기 (연구용, 의학용 복합형)

## ▶ 가속기 제원

- 가속 이온; 수소(H) – 우라늄(U) 이온
- 초전도 선형가속기 빔 에너지; 200 MeV/n
- 싱크로트론 가속기 빔에너지; 400 MeV/n (C이온 기준)
- 빔 전류; 수소(H)이온 4 mA(CW)  
우라늄(U)이온 2 puA (CW)

## ▶ 가속기 구성 및 크기

- 선형가속기 ; 이온원+RFQ+초전도 LINAC(200MV, 길이 70m)
- 부 가속기; 싱크로트론(1)(400MeV/n, 직경 50m)
- RI Beam 시설 및 후단 가속기

## ▶ 특성

- 아시아권의 선도 중이온가속기 – 세계 최다 빔 선속수
- 기초과학+의학용 겸용시설
- 입사기 빔; 저 에너지 실험
- 싱크로트론 가속빔; 암치료, 중에너지 실험
- 선형가속기가속빔; 방사성 이온빔 실험

## ▶ 이용 분야

- 핵구조 및 희귀원소 생성 연구
- 원소의 생성 및 우주의 진화과정 탐구
- 중이온 암치료
- 생명과학, 나노재료, 첨단전자재료, 항공우주 이용

## 국제과학비즈니스벨트 중이온가속기 시설 예산(안)

(단위 : 억 원)

분야	2009	2011	2012	2013	2014	계
중이온 초전도가속기	10	600	990	1000	500	3,100
원형 가속기 및 치료 빔 시설	5	300	300	300	195	1,100
RI 빔 등 부대 실험시설 구축	5	100	100	100	95	400
연도별 소요 연구비	20	1,000	1,290	1,400	790	4,600

# 국제과학비즈니스벨트 중이온가속기 시설 예산(안)

<b>1. 건설 비용 (추정)</b>	4,600 억 원
가속기 및 치료기	3,500 억 원
검출기 및 실험 시설	1,100 억 원
<b>2. 건설 기간 및 방법</b>	
개념설계	1년 (2009)
상세설계 및 R&D	1년 (2010)
장치제작 시험	3년 (2011-2013)
설치 및 시험	2년 (2014-2015)
건설 공사(가속기개발과 병행)	3년 (2011-2013)
<b>3. 이용자 수 (운영 초기 추정)</b>	
핵과학 분야	200명/년
의료 및 생명과학 분야(환자수)	500명/년
기타분야 (전자, 재료, 반도체, 우주과학 등)	300명/년
<b>4. 운영인력 및 운영비</b>	
운영 인력	약 80 명
운영비	약 150 억 원/년

	Management and Central Systems	Cryogenic Plant and Distribution	Driver	Exp. Safety Systems	Target Systems	Low Energy Facilities	High Energy Facilities	Total
Central Facilities:								
RIA	49.6	52.0						101.6
AEBL	30.0	24.0						54.0
ISF	76.4	35.8						112.2
<b>KoRIA</b>	<b>15.0</b>	<b>25.0</b>						<b>40.0</b>
Civil and Utilities:								
RIA	31.5	5.3	30.2		21.2	29.3	24.2	141.7
AEBL	55.0	7.0	20.0		10.0	15.0	9.0	116.0
ISF	51.9	7.8	22.6		4.1	2.4	0.0	88.8
<b>KoRIA</b>	<b>15.0</b>	<b>5.0</b>	<b>20.0</b>		<b>10.0</b>	<b>15.0</b>	<b>20.0</b>	<b>85.0</b>
Driver:								
RIA			239.0					239.0
AEBL			140.0					140.0
ISF			144.2					144.2
<b>KoRIA</b>			<b>230.0</b>					<b>230.0</b>
Exp. Facilities:								
RIA				10.7	51.3	139.1	93.8	294.9
AEBL				10.0	20.0	41.0	0.0	71.0
ISF				5.8	37.6	19.0	0.0	62.4
<b>KoRIA</b>				<b>5.0</b>	<b>20.0</b>	<b>20.0</b>	<b>20.0</b>	<b>65.0</b>
pre-ops, R&D,?								
RIA								212.7
AEBL								47.0
ISF								55.0
<b>KoRIA</b>								<b>40.0</b>
TPC:								
RIA	81.1	57.3	269.2	10.7	72.5	168.4	118.0	989.9
AEBL	85.0	31.0	160.0	10.0	30.0	56.0	9.0	428.0
ISF	128.3	43.6	166.8	5.8	41.7	21.4	0.0	462.6
<b>KoRIA</b>	<b>30.0</b>	<b>30.0</b>	<b>250.0</b>	<b>5.0</b>	<b>30.0</b>	<b>35.0</b>	<b>40.0</b>	<b>460.0</b>

**중이온가속기는**

**국민의 건강을 지키고**

**기초과학연구 및 국가 기술력 향상에**

**필수적인 다목적 기반시설입니다.**