

③ RI 가속기

# 방사성동위원소 직접 만들어 만물의 기원 밝힌다

글 | 최선호 \_ 서울대학교 물리천문학부 교수 choi@phya.snu.ac.kr

가장 가까이 보이는 퀘이사가 은하수 중심부에 위치한 가장 거대한 블랙홀이다. 퀘이사는 가스와 먼지에 가려 완전한 밝기를 발산하지 못하기도 한다. 우주는 여전히 밝혀지지 않은 가스에 둘러싸여 있다.(NASA)

**약** 50만 년 전 아프리카에서 인류의 선조가 나타난 이후 지금까지 인류는 놀랄 만한 과학적 발전을 이루었다. 이 모든 우주를 구성하고 있는 기본입자들을 밝혀냈고, 또한 우주의 탄생과 진화과정도 많은 부분을 이해하고 있다. 우리가 말하는 현대과학은 15세기 르네상스시대부터 시작하여 19세기 말부터 급속한 발전을 이루어 오늘날에 이르렀다. 특히 고에너지 물리학의 발전에서는 20세기 중반부터 만들어지기 시작한 입자가속기가 중심 역할을 하

었다고 해도 과언이 아닐 것이다.

입자가속기의 발달로 인류는 원자보다 더 작은 세계를 연구할 수 있게 되었으며, 이는 바로 우주의 이해로 연결되었다. 점점 더 강력한 입자가속기가 만들어지면서 우주 초기의 상황을 실험실에서 직접 재현하면서 우주의 역사도 이해하게 되었다. 초기에는 주로 입자 가속기가 연구용으로 만들어졌으나 여러 분야에도 활용가능하다는 것이 알려진 이래 원자 이하의 세계를 연구할 뿐만 아니



라 의료, 물성연구, 고고학, 생물학, 농학, 에너지 분야 등 다양한 가속기가 건설되어 세계적으로 운용되고 있다.

지금까지의 가속기들이 주로 간단한 입자들, 예를 들면 전자 또는 양성자를 사용하였다면 최근에는 이들보다 더 무거운 입자들을 사용하는 가속기들이 건설 또는 기획 중에 있다. 이러한 새로운 개념의 가속기 가운데 하나가 RI 가속기이다. RI 가속기의 배경, 목적, 구성, 활용분야, 세계적 현황 등에 대해 알아본다.

### 우주의 기본구성단위와 동위원소

지난 100여 년 간 급속히 발달한 현대 핵입자물리학 덕분에 인류는 우주의 기본 구성단위에 대하여 많은 부분을 이해하고 있다. 우선 우리가 매일 접하는 모든 물질, 생명체 등은 분자로 이루어져 있다. 우리가 숨을 쉬는 산소 분자, 마시는 물 분자, 우리의 몸을 구성하는 단백질 분자 등 수많은 분자들이 있다. 이러한 분자들은 또다시 원자들로 이루어져 있는데 풍선에 사용되는 헬륨 같은 단원자로 구성된 분자에서부터 복잡한 단백질 같은 수많은 원자로 구성되어 있는 고분자도 있다.

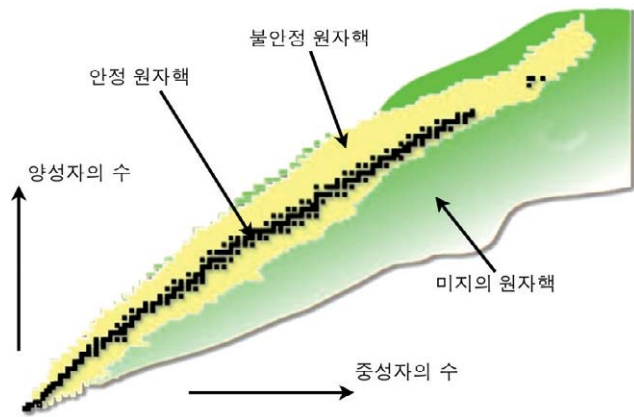
그 구성, 모양 등이 천차만별인 분자에 비하여 원자는 모두들 같은 구조를 가지고 있다. 우선 원자의 중심에는 양전하를 지닌 원자핵이 자리 잡고 있으며 그 주위에는 음전하를 띤 전자들이 둘러싸고 있다. 원자핵이 가지는 양전하의 양과 주위 전자들이 가지는 음전하의 양은 정확히 일치하여 원자는 전체적으로 중성을 띠게 된다. 원자핵은 또다시 양성자와 중성자를 포함하여 여러 종류의 원자핵이 존재한다. 이러한 양성자와 중성자는 또다시 쿼크들로 이루어져 있는데 지금까지는 이들 쿼크가 더 이상 쪼개지지 않는 우주를 구성하는 기본단위라고 생각하고 있다. RI 가속기에서는 주로 원자핵을 다루게 되므로 이들 원자핵들에 대하여 좀 더 자세히 알아볼 필요가 있다.

앞서도 언급한 대로 우주의 모든 원자핵들은 양성자와 중성자로 구성되어 있으며 그 수에 따라 서로 다른 원자핵이 만들어진다. 예를 들어 수소원자핵은 양성자 1개로 구성된 가장 간단한 구조이며, 우리가 숨 쉬는 데 필요한 산소원자핵은 양성자 8개, 중성자 8개 등 총 16개의 핵자(양성자와 중성자를 총칭하여 부르는 말)로 이루어져 있다. 현재 자연계에 존재하는 원자핵 가운데 가장 많은 양성자를 가지는 것은 우리눈으로 총 92개의 양성자를 가지고 있다.

자연계에서 이들 원자핵은 통상 양성자의 수와 같은 수의 전자들로 둘러싸여 있어 전체적으로 중성의 원자를 이루게 되고 각 원자의 화학적 성질은 전자의 개수로 결정되므로 다시 말하면 원자핵의 양성자의 개수가 각 원자의 화학적 성질을 결정하게 된다. 화학에서 잘 알려진 주기율표에는 각 원자들이 전자 개수, 또는 양성자 개수에 따라 배열되어 있다. 재미있는 사실은 자연계에는 양성자의 개수는 같으나 중성자의 개수는 서로 다른 원자핵들이 많이 존재한다.

예를 들어 수소원자의 경우 양성자 한 개로 구성되어 있으나 중





우주원소지도의 개략적인 모습. 검은색으로 표시된 점이 안정 원자핵이고, 노란색이 현재까지 알려진 불안정 원자핵들이며, 초록색은 이론적으로 예측되는 미지의 불안정 원자핵들이다.

성자가 하나 더 붙어 있는 중수소도 있으며 중성자가 2개나 더 붙은 삼중수소도 있다. 대부분의 탄소원자는 양성자 6개, 중성자 6개인 탄소 12이지만 중성자가 2개 더 붙어 있는 탄소 14의 경우는 방사성 연대 측정에 매우 요긴하게 사용되고 있다. 우리의 경우는 자연계에 존재하는 대부분의 우리놈은 양성자 92개, 중성자 146개인 우리놈 238로 현재 기술로는 핵발전소에서 이용할 수 없다. 극히 일부분의 우리놈만이 양성자 92개, 중성자 143개인 우리놈 235로 존재하여 핵 발전에 사용할 수 있는데 이 때는 자연에서 캐어낸 우리놈광의 정제과정을 필요로 한다. 고순도로 정제된 우리놈 235는 원자폭탄에 사용되기도 한다.

### 우주원소지도에서 3천여 종의 원자핵 확인

이와 같이 양성자의 수는 같으나 중성자 수가 다른 원자들은 화학적 성질은 동일하며 주기율표 상에 같은 위치에 있다고 하여 동위원소라고 부른다. 사실상 자연계에 존재하는 모든 원자들은 동위원소를 몇 개씩 가지고 있다. 지금까지의 이야기를 종합하면 자연계의 여러 원자핵들은 양성자와 중성자의 개수로 구별되며 이를 그림으로 나타내면 지도가 만들어진다(그림 참조). 여기서 가로축은 중성자의 수, 세로축은 양성자의 수로 양 축이 만나는 지점은 서로 다른 원자핵을 나타낸다.

우주원소지도 좀 더 자세히 살펴보면 중심선을 따라서 존재하는 원자핵들은 시간이 지나도 변하지 않는 안정 원자핵들로 이 우주의 대부분을 구성한다. 그 주위로 있는 원자핵들은 시간이 지나면 안정한 원자핵으로 변하는 불안정 원자핵들이다. 어떤 불안정

원자핵들은 순식간에 안정 원자핵으로 변하기도 하고 또 어떠한 것들은 수십억 년의 오랜 세월이 걸쳐서 안정한 원자핵으로 변하기도 한다. 중심선에서 멀어지면 멀어질수록 점점 더 원자핵의 불안정한 정도가 커지며 너무 멀어지면 원자핵으로서 존재할 수도 없게 된다. 이 경계선을 드립선이라고 부르며 원자핵의 존재 한계가 된다.

이 우주원소지도에서 현재 안정 원자핵, 불안정 원자핵을 포함하여 3천여 종의 원자핵이 알려져 있다. 하지만 우주원소지도에는 이외에도 약 3천 종 이상의, 대부분은 불안정한 원자핵이 더 존재할 것으로 예측되고 있다. RI 가속기는 이러한 불안정핵들을 실험실에서 만들어 그의 여러 가지 성질을 연구하여 우주원소지도를 완성할 수 있다. 이는 최근 생물학분야에서 이룩한 인간 유전자지도의 완성에 버금가는 업적이라고 말할 수 있을 것이다.

### RI 가속기로 불안정핵 직접 만들어 성질 연구

인류가 가장 궁금해 하는 문제 중의 하나는 만물의 기원일 것이다. 이 문제는 예로부터 여러 분야에서 답하려고 노력해 왔으며 그 과정에서 인류의 문명이 발전하였다고 해도 과언이 아닐 것이다. 최근 들어 우주의 탄생과정에 대한 궁금증은 조금씩 풀려지고 있다. 하지만 아직까지도 이 우주를 구성하는 여러 가지 원소들이 어떻게 만들어졌는지는 여전히 의문으로 남아 있다. 특히 철 원자에서 우리놈까지의 무거운 원자들은 어떻게 만들어졌는지는 미국 국립과학아카데미에서 선정한 11대 미해결 문제에 포함될 정도이다.

지금으로부터 약 140억 년 전에 빅뱅으로 우주가 탄생한 후 쿼크가 모여 양성자, 중성자를 만들고, 다시 이들 양성자, 중성자들이 결합하여 수소, 중수소, 삼중수소 등이 합성되고 우주 탄생 약 4분 후에는 헬륨원자핵이 합성되기 시작한 것으로 추정하고 있다. 이후 약 40분 정도가 지나면 우주의 약 75%는 수소원자핵으로, 나머지 25%는 헬륨원자핵으로 구성되고, 우주의 온도가 낮아지면서 더 이상의 핵융합은 불가능하게 되었다. 하지만 현재의 우주를 살펴보면 우주에는 수소로부터 우리놈까지의 훨씬 다양한 종류의 원자핵이 존재한다. 그렇다면 이들 다양한 원자핵들은 어디서 만들어진 것일까?

현재 이해하는 바로는 철원자핵까지는 밤하늘에 빛나는 별의 내부에서 단계적인 핵융합을 통하여 만들어진 것으로 생각하고 있다. 우선 우주공간의 수소원자들이 중력으로 충분히 뭉쳐지면 4개의

수소원자핵들이 결합하여 헬륨원자핵을 만들면서 빛과 열을 방출한다. 현재 우리의 태양에서도 이러한 핵융합반응을 통하여 빛과 열이 만들어지고 있다. 오랜 시간에 걸쳐 모든 수소원자핵이 헬륨원자핵으로 변하고 나면 별은 다시 수축하며 내부 압력이 올라가게 된다. 압력이 충분히 높아지면 이제는 헬륨원자핵들이 결합하여 탄소원자

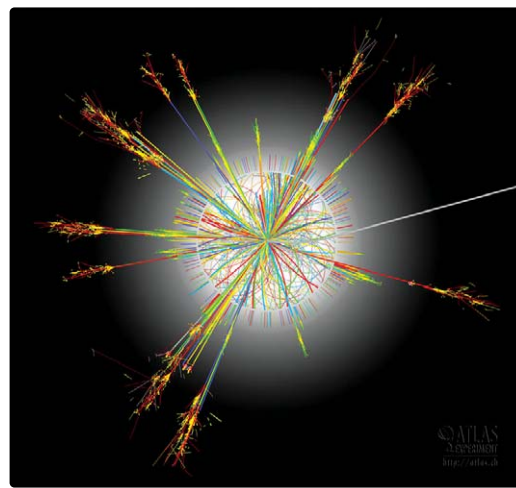


빅뱅

핵, 산소원자핵들을 만들며 다시 빛과 열을 발생하게 된다. 이러한 과정이 반복되면서 네온, 나트륨, 마그네슘, 실리콘, 인, 황, 아르곤, 칼슘, 티타늄 등을 거쳐 최종적으로 크롬, 철, 니켈을 합성하게 된다.

이제 아무리 별이 더 수축하여 내부 압력이 높아지더라도 더 이상의 핵융합은 불가능하게 되므로 철보다 무거운 원자핵들은 이러한 과정을 통하여 만들어질 수 없게 된다. 만약 별의 무게가 충분히 무겁다면 이들 별은 수축과정에서 폭발하여 초신성으로 그 일생을 마감하게 되는데 철보다 무거운 나머지 원자핵들은 이러한 초신성 폭발과정에서 만들어진다고 믿어지고 있다. 초신성폭발은 짧은 시간에 일어나는 매우 격렬한 반응으로 이 과정에서 우주원소지도에 있는 여러 불안정 원자핵들을 중간단계로 거치면서 우라늄원자핵까지의 무거운 원자핵들이 만들어진다. 따라서 무거운 원자핵들의 기원을 밝히려려면 현재 우주에는 존재하지 않는 불안정 원자핵들의 성질이 필요한데, RI 가속기를 이용하여 이들 불안정 원자핵을 실험실에서 직접 만들어 그 성질을 연구할 수 있다.

현재 주기율표에서 우라늄보다 무거운 원자핵들은 모두 자연계에는 존재하지 않고 인간이 직접 만들어 낸 것들이다. 특히 최근에는 새로 만들어지는 원자핵들은 많은 경우가 발견한 국가 또는 유명한 물리학자의 이름, 심지어는 발견한 지역의 이름을 붙이기도 한다. RI 가속기를 이용하여 여러 새로운 원자핵을 만들어 가는 과정에서 지금까지의 원자핵들보다 양성자수가 더 많은 원자핵을 발견한다면 그 이름을 새로이 붙일 수도 있다. 따라서 주기율표에 있는 게르마늄(독일), 프랑슘(프랑스), 폴로늄(폴란드), 아메리슘(미국) 등



아르곤 국립연구소의 ATLAS에서 두개의 양성자가 충돌하는 순간의 시뮬레이션

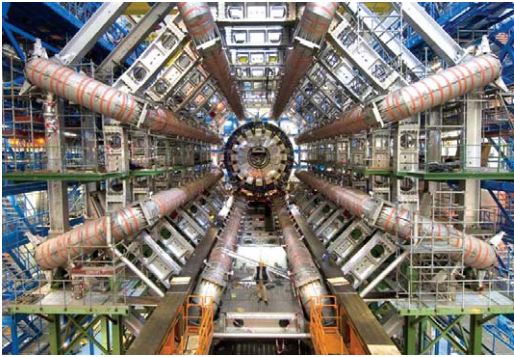
에 이어 예를 들어 코리아늄이라는 새로운 원소이름을 추가하는 것도 가능한 일이다. 이 경우 한국의 이름을 전 세계 과학교과서에 실을 수 있어 한국을 알리는 데 큰 역할을 할 수도 있다.

그 외에도 다량의 중성자를 포함한 원자핵의 연구를 통하여 기존의 원자핵모델이 가지는 한계점을 발견하고 개선할 수 있으며, 이들 특이원자핵들에서만 일어날 수 있는 새로운 현상들을 연구할 수 있다. 여기에는 중성자 할로현상, 새로운 마법수, 원자핵의 변형 등이 있으며, 이와 같이 중성자가 많이 포함된 원자핵들의 연구를 통하여 초신성 폭발 후에 남게 되는 중성자별의 연구에도 도움을 줄 수 있다. 또한 몇 개의 특이한 동위원소들은 우주의 기본 대칭성을 연구하는 데도 사용되어 표준모델을 시험하고 현재 세계 최고의 가속기인 CERN의 LHC에서의 에너지보다 훨씬 더 높은 에너지에서 일어나는 물리현상도 간접적으로 연구할 수 있다.

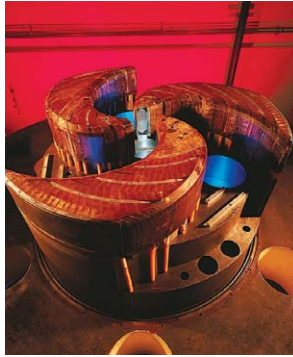
**미래에너지 문제, 물성과학, 농학 등 광범위하게 활용**

산업혁명 이후 인류의 화석연료 소비량은 급격히 증가하여 석유 같은 경우는 앞으로 50여 년이면 고갈될 것으로 예상하고 있다. 화석연료를 대체할 미래의 새로운 에너지원으로 원자력이 부상하는 것은 당연한 일일 것이다. 하지만 현재의 원자로는 여러 가지 한계점을 지니고 있다. 특히 수명이 매우 긴 방사성 폐기물을 만들어 낸다는 점이다. 이 단점을 극복하려는 것이 제4세대 원자로인데, 이 원자로는 자연계에 풍부하게 존재하는 우라늄 238을 연료로 사용할 뿐만 아니라 핵분열과정에서 생성되는 방사성 원자핵들을 계속적으로 연소시켜 궁극적으로 방사성 폐기물을 최소화할 수 있을 뿐





아르곤 국립연구소의 ATLAS 내부모습



NSCL에 설치된 사이클로트론



NSCL 항공사진

만 아니라 이들 방사성폐기물의 수명도 장수명에서 단수명으로 변환하여 우리가 관리할 수 있는 수준에 이르게 할 수 있다. 이러한 제 4세대 원자로를 설계하려면 여러 방사성 원자핵의 성질, 특히 이들 원자핵과 고속중성자와의 반응 데이터가 필수적인데 이러한 핵자료 또한 RI 가속기를 이용하여 얻을 수 있다. 다시 말하면 RI 가속기가 미래의 에너지 문제를 해결하는데 일조하게 되는 것이다.

또한 방사성동위원소들은 물성과학에서도 광범위하게 사용될 수 있다. 예를 들어 베타NMR에서는 베타선(전자)을 방출하는 동위원소를 만들어 연구하고자 하는 결정구조에 집어넣은 다음 방출되는 베타선의 각도에 따른 분포를 통하여 방사성 동위원소가 있는 곳의 자기적 성질을 더 정확하게 연구할 수 있다. 물론 기존의 방법인 뮤온스핀공명도 같은 목적으로 사용할 수 있으나 방사성 동위원소의 경우는 더 쉽게 많이 만들어 낼 수 있고 수명도 뮤온보다 길다는 장점이 있다. 그 외에도 방사성 동위원소를 이용한 여러 가지 방법으로 물성과학의 새로운 연구방법으로 자리 잡을 것으로 기대하고 있다.

그 외에도 방사성 동위원소빔은 농작물의 돌연변이를 일으켜 신 품종을 개발하는데 사용할 수 있다. 돌연변이를 일으키는데 사용된 기존의 X선, 감마선 또는 양성자빔보다도 무거운 원자핵을 사용하면 돌연변이를 더 쉽게 일으킬 수 있어 짧은 시간에 다양한 신 품종을 시험해 볼 수 있는 장점이 있다.

지면 관계상 RI 가속기의 활용분야를 모두 다룰 수는 없었지만 위와 같이 RI 가속기는 단순히 핵물리학 분야뿐만 아니라 천체물리학, 미래의 에너지 문제, 물성과학, 농학, 의학, 생물학 등 다양한 분야에 광범위하게 사용할 수 있는 시설이다.

### 새롭게 만든 입자를 또다시 가속시켜 연구

사실 가속기의 원리는 매우 간단하다. 전자, 양성자, 원자핵들은

모두 전하를 지니고 있기 때문에 양극과 음극 사이에 놓으면 힘을 받아 속도가 빨라진다. 이러한 과정을 반복하게 되면 거의 빛의 속도에 가깝게 가속할 수 있다. 대부분의 가속기는 이렇게 가속된 입자를 직접 사용하여 각종 연구를 수행한다. 또한 고속으로 가속된 입자가 보통의 물질과 충돌하면 그 과정에서 많은 새로운 입자들이 만들어진다. 전자 또는 양성자의 경우는 자신이 가진 에너지를 모두 잃어버리고, 잃어버린 에너지는 아인슈타인이 상대성 이론에서 밝힌 바와 같이 또다시 새로운 입자를 만들게 된다. 이렇게 만들어진 새로운 입자 가운데 필요한 것들을 골라서 또다시 연구에 사용할 수 있는데 이를 처음 가속한 입자와 구별하여 2차 빔이라고 부른다.

RI 가속기는 2차 빔으로서 여러 가지 방사성 동위원소를 만들어 연구하는 데 사용하는 가속기이다. 우선 일차적으로 수소에서 우리 눈까지의 안정된 원자핵을 가속하여 표적과 충돌시키면 그 과정에서 빔이나 표적의 원자핵들이 다양한 형태로 쪼개지면서 많은 종류의 새로운 원자핵들을 만들어 낸다. 이렇게 만들어진 원자핵들 가운데 우리가 필요로 하는 원자핵들만을 골라내어 그대로 사용하거나 필요하다면 이들 원자핵들을 또다시 가속하여 연구를 수행하게 된다.

따라서 RI 가속기는 우선 중성의 원자에서 전자를 떼어내어 1차 빔에 사용될 원자핵을 만드는 이온원, 1차빔을 가속하는 주가속기, 가속된 1차빔을 충돌시키는 표적, 충돌반응에서 만들어지는 여러 원자핵들을 전하량, 무게 등에 따라 분류하는 시설, 필요하다면 마지막으로 이렇게 선택된 원자핵들을 다시 가속하는 2차 가속기로 구성된다. 또한 주가속기의 형태에 따라 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 입자를 가속하는 가속관이 원형으로 배치된 원형가속기와 선형으로 길게 배치된 선형가속기가 있다. 일반적으로 원형가속기는 높은 에너지를 얻기가 쉽고 공간을 적게 차지하는 장점이 있는 반

면 가속되는 입자빔의 세기를 높이는 데는 한계가 있다. 반면에 선형가속기는 높은 에너지를 얻으려면 많은 가속관을 길게 배치하여 공간도 많이 차지하고 비용도 증가하지만 높은 세기의 빔을 쉽게 얻을 수 있다. 어떤 방법으로든 얻어진 RI 빔은 그 자체로 질량, 수명 등을 연구하기도 하고, 또 다른 실험용 표적에 충돌시켜 일어나는 여러 가지 핵반응을 연구하기도 한다. 우주원소지도의 완성에 필요한 각종 원자핵의 정보들은 이러한 RI빔의 여러 성질과 각종 입자들과의 핵반응 자료를 바탕으로 얻어진다.

### 고에너지·대전류 RI 가속기는 이제 시작단계

RI 가속기의 현황을 살펴보기 전에 가속되는 입자의 종류에 따라 대표적인 가속기들을 살펴보고자 하자. 우선 전자가속기로는 미국 버지니아주의 뉴퓌닉스시에 위치한 제퍼슨연구소의 전자가속기가 있다. 여기서 만들어지는 고에너지의 전자빔은 주로 양성자 또는 중성자 내부의 쿼크를 연구하는데 사용된다.

양성자를 가속하는 것으로는 미국 시카고 부근의 페르미연구소, 스위스 제네바에 있는 CERN의 LHC, 일본 도카이에 건설 중인 J-PARC 등을 들 수 있다. 앞의 두 가속기는 고에너지에서의 충돌실험을 통하여 우주초기의 상태를 실험실에서 재현하고 있으며, 일본의 J-PARC는 가속된 양성자를 표적에 부딪힐 때 발생하는 K중간자 등 2차 빔의 활용을 주목적으로 한다. 양성자보다 더 무거운 원자핵을 가속하는 가속기로는 미국 뉴욕의 브룩헤이븐 국립연구소에 있는 RHIC가 있다. 이 시설은 가속된 원자핵을 직접 이용한다는 점에서 RI 가속기와는 구분된다.

여기서 논의되는 각종 방사성 동위원소를 만들어내는 목적의 RI 가속기로는 미국 미시간주립대의 NSCL, 아르곤 국립연구소의 ATLAS, 오크리지 국립연구소의 HRIBF, 텍사스A&M 대학의 K500 사이클로트론, 캐나다 TRIUMF 연구소의 ISAC, 독일 GSI 연구소의 SIS 18, 벨기에의 CRC, 유럽연합 CERN의 ISOLDE, 이탈리아 INFN의 사이클로트론, 일본 이화학연구소(RIKEN)의 RARF, 일본 원자력기구(JAEA)의 TRIAC, 프랑스 GANIL 연구소의 SPIRAL 등이 현재 운용 중에 있다.

현재 몇 개의 국가들은 이보다 에너지와 빔의 강도가 더 높은 RI 가속기를 건설 또는 구상 중에 있는데 일본 이화학연구소의 RIBF, 독일 GSI연구소의 FAIR, 프랑스 GANIL의 SPIRAL2, 캐나다 TRIUMF의 ISAN-II, 그리로 미국의 FRIB 등이 있다. 이 가운데 일본 이화학연구소의 RIBF는 거의 완공단계에 이르러 2009년 상

반기에 실험을 시작할 예정이며, 독일의 FAIR는 현재 건설 중이다. 차세대 고에너지, 대전류 RI 가속기는 세계적으로도 이제 시작 단계에 있으며 2004년 OECD보고서에서는 RI 가속기 수요가 적어도 대륙별로 하나 이상이 필요할 것으로 예측하여 앞으로도 더 많은 RI 가속기가 필요한 실정이다.

### 초대형 입자 가속기에 비해 상대적으로 저렴

1929년에 미국의 어니스트 로렌스가 원형가속기인 사이클로트론을 최초로 만들고 일본의 니시나 요시오가 1937년에 세계에서 두 번째로 만든 후 여러 선진국들은 입자 가속기에 대한 지속적인 투자를 통하여 항상 첨단 수준의 가속기를 보유하고 고에너지 물리학 연구의 주도권을 확보해 왔다. 한국에서는 대표적인 가속기로 포항에 전자가속기를 이용한 방사광가속기연구소가 있고 원자력 병원, 국립암센터 등에 치료용 가속기가 있다. 하지만 아직까지도 원자 이하의 세계를 연구할 수 있는 전용 연구 목적의 가속기는 없는 상태이다.

이러한 척박한 상황에서 한국이 갑자기 선진국들이 보유한 첨단 수준의 가속기를 만들고 고에너지물리의 주도권을 확보한다는 것은 어려운 상황이다. 최근에 건설되는 대부분의 최첨단 입자가속기는 그 비용도 천문학적이어서 선진국에서도 여러 나라들이 공동투자를 통하여 건설하는 실정이다. 이러한 점에서 RI 가속기는 한국이 선택할 수 있는 좋은 방법 가운데 하나이다.

앞서 언급한 대로 선진국들에서도 고에너지, 대전류의 차세대 RI 가속기는 이제 시작 단계에 있다. 따라서 한국이 지금 RI 가속기 건설에 참여한다면 해당 분야에서 쉽게 선진국들과 어깨를 나란히 할 수도 있다. 또한 초대형 입자 가속기에 비하여 상대적으로 비용이 저렴하여 한국의 경제력으로도 건설할 수 있는 수준이다. 마지막으로 RI 가속기를 이용한 미개척 연구분야가 아직도 많이 열려 있어 세계적 수준의 연구를 수행할 수 있는 이점이 있다. 우주원소지도에서 3천 중 이상의 원자핵이 아직도 알려지지 않은 상황에서 새로운 획기적인 발견을 할 수 있는 확률이 높은 편이다. 이제 한국에서도 세계수준의 RI 가속기를 건설하여 한국의 과학수준을 한 단계 더 높일 필요가 있는 것이다. ㉔



글쓴이는 서울대학교 물리학과 졸업 후 프랑스 파리 제11대학에서 박사학위를 받았으며, 미국 인디애나 대학 사이클로트론 연구소 연구원, 미국 제퍼슨국립연구소 연구원을 지냈다.