



레이저 연금술 '꿈' 을 쏘다

구리-납-아연과 같은 금속을 금처럼 귀금속으로 바꾸려는 것은 지난 1,000년 이상 내려온 연금술사들의 꿈이었다.

연금술사들은 '천한' 금속을 '고귀한' 금속으로 바꾸는 능력에다 불로장수를 부여하는 힘을 가진 '철학자의 돌' (philosopher's stone)을 찾으려 했다. 영화 <헤리포터와 마법사의 돌>에 나오는 마법의 돌이 바로 이것이다. 하지만 근대 화학의 발전과 더불어 연금술의 꿈은 사라졌다. 연금술사들이 시도했던 끓이거나 섞는 방법으로는 하나의 금속을 다른 금속으로 바꿀 수 없다.

정녕 연금술은 존재하지 않은 것일까. 답을 먼저 말한다면 상상 속의 '철학자의 돌' 수준은 아니지만 그에 버금갈 만한 '꿈의 연금술'을 발견했다. 근대 과학이 찾아낸 연금술은 원자핵에 변화를 일으키는 핵변형에 의한 것이다. 즉, 원자핵에 들어 있는 양성자의 수를 바꾸어 한 원소를 다른 원소로 바꿀 수 있다. 또 원자핵에 있는 중성자의 수를 바꾸어 안정한 동위원소를 불안정한 동위원소로 바꾸거나, 불안정한 동위원소를 안정한 동위원소로 바꿀 수 있다.

예컨대 1919년에 러더포드가 알파선(헬륨 원자핵)을 질소에 충돌시켜 질소를 산소로 바꾸었다. 그 이후 양성자나 중성자 또는 원자핵을 가속해 원자에 충돌시켜 핵변형을 일으킬 수 있다는 것을 알게 됐다. 이렇게 하려면 원자로나 수km에 이르는 가속기가 필요하다. 한국원자력연구소에 있는 '하나로'는 이렇게 산업-의료용 방사성동위원소를 생산하는 연구용 원자로이다.

이에 그치지 않고 현대 과학은 발전을 거듭하면서 빛으로 연금술을 할 수 있게 됐다. 1998년에 미국 로렌스 리버모어 국립연구소의 톰 코완과 동

료들은 그 당시 세계에서 가장 강력한 레이저를 1백만분의 1의 1백만분의 1초 동안 얇은 금판(版)에 쏘았다. 엄청나게 높은 온도의 플라즈마에서 금 원자핵과 분리된 전자들이 광속에 가까운 속도로 돌아다니다가 금에 부딪혀 멎을 때 감마선을 내고 이 감마선은 우라늄 원자핵에 부딪혀 핵분열을 일으켰다.

아직은 효율성 적어 실용화 불확실

영국 러더포드애플톤연구소에 있는 세계에서 가장 강력한 벌컨(vulcan) 레이저를 써서 영국 스트라스클라이드 대학교의 켄 레딩햄 팀은 방사성폐기물을 처리할 수 있다는 것을 보여줬다. 원자력발전소에서는 폐기물로 I-129가 많이 나온다. I-129는 방사능이 반으로 줄어드는 반감기가 1천5백70만 년이나 되기 때문에 지질학적으로 안정한 곳에 수천만 년 동안 보관해야 한다. 레딩햄 팀은 벌컨 레이저를 금에 쏘아서 생긴 플라즈마에서 나온 강력한 감마선을 핵연료 처리에서 나온 폐기물 용액에 쬐었다. 감마선이 I-129 원자핵에 부딪히면 원자핵이 불안정해져서 중성자를 하나 내놓고 I-128로 바뀐다. I-128도 방사능이 있지만 반감기가 25분밖에 안 되기 때문에 수시간만 지나면 안전하게 버릴 수 있다. 비록 지금의 벌컨 레이저는 작은 호텔만한 크기이지만 레이저 기술이 급속도로 발전하고 있기 때문에 5년 뒤에는 작업대 위에 올릴 만큼 작은 장치에서 벌컨 레이저에 맞먹는 출력을 낼 수도 있을 것이다.

원자력 발전에서 나오는 방사성폐기물을 안정한 상태로 바꾸는 방법을 연구한 지는 오래 됐다. 전체 전력의 80%를 원자력 발전에서 얻는 프랑스는 핵변형 연구를 법에 명시하고 있고 미국도

이런 연구를 하고 있다. 지금까지 연구한 핵변형은 개조한 원자로의 핵분열에서 나오는 중성자로 원하지 않는 원자를 부수는 방법이었다. 원자력 발전에 반대하는 사람들은 원자로에서 나온 폐기물을 처리하기 위해 또다른 원자로를 이용하는 이 방법을 좋아하지 않는다.

그러나 원하지 않는 원자핵을 빛으로 부수는 새로운 방법은 이들도 반대하지 않을 것이다. 1990년대부터 가능할 것이라고 예상하던 이 방법을 레딩턴팀이 실제로 증명했다. 다만 레이저 연금술로 방사성폐기물을 처리하는 것이 실제로 이용될지는 아직 불확실하다. 지금의 방법은 너무 비효율적이기 때문이다. 강한 레이저가 감마선으로 바뀌고 이 감마선 중 아주 작은 일부만 목표하는 원자핵에 부딪혀서 변형을 일으킨다. 최근 실험에서는 I-129 원자 3백만 개를 I-128로 바꾸었다. 이것은 1mg의 1조분의 1보다 작다. 실험에 사용한 시료를 모두 처리하려면 레이저를 1,017번이나 쏘아야 할 것이다. 지금의 별컨 레이저로 이 일을 하려면 엄청난 에너지가 필요하기 때문에 전용 발전소가 있어야 한다. 그리고 지금은 별컨 레이저를 한 시간에 한 번밖에 쏠 수 없다.

### 의료용 방사성동위원소 생산 가능

입자 가속기를 켜서 자연에 있는 모든 원소들과 자연에 없는 원소를 만들 수도 있다. 레딩턴팀은 레이저 연금술로 금을 수은으로 바꾸는 실험에 성공했다. 이것은 별로 쓸모가 없겠지만 레이저 연금술로 병원에서 필요한 방사성동위원소를 생산할 수 있다면 유용하다. 이것은 연금술사들의 꿈을 이루는 것이기도 하다. 비록 불로장수는 아니지만 병을 고칠 수 있게 된 것이다. 예컨대 F-18은 붕괴할 때 전자의 반물질인 양전자를 내놓는다. 양전자가 전자를 만나서 소멸할 때 감마선을 방출하기 때문에 검출기를 주변에 배치해서 F-18이 어디에 있었는지 알 수 있다. 이 양전자 방출 단층촬영법으로 몸 안에 피가 어디에 많이 흐

르는지, 어디에서 산소를 가장 많이 쓰고 있는지 실시간으로 볼 수 있다. 이 방법으로 암을 검사하거나 뇌의 어느 부위가 활발하게 활동하는지 알 수 있다.

양전자 방출 단층촬영법에는 영상을 얻는 동안에만 몸 안에 있고 단층촬영이 끝나면 몸에서 빨리 없어지도록, 반감기가 짧아 빨리 사라지는 방사성동위원소를 사용한다. 그런데 반감기가 짧은 동위원소는 오래 보관할 수 없기 때문에 사용하기 직전에 만들어 써야 한다. 이러한 시설에서 먼 곳에 있는 병원에서는 양전자 방출 단층촬영법을 사용할 수 없다. 레딩턴팀은 별컨 레이저를 쬐서 산소로부터 F-18을 만들었다. 별컨레이저를 열 번 쏘아서 한 번 쓸 수 있는 양을 만들고 이렇게 만든 원자들을 자동차로 가까이 있는 패터슨 암연구소로 옮겨서 사용했다.

별컨 레이저에 맞먹는 출력을 내는 장치가 작업대 위에 올릴 만큼 작아지면 지금보다 훨씬 더 많은 병원에서 레이저 연금술로 만든 의료용 방사성동위원소를 가지고 치료에 이용할 수 있을 것이다.

- 2003. 11. 7 뉴스메이커 -