

될 수 있는 오비탈입니다. f오비탈이 텅 비어있는 원소부터 전자 14개가 짝 차 있는 원소까지 총 15개의 원소가 나올 수 있습니다.

그렇다면 왜 주기율표는 f오비탈을 가지는 란타넘족과 악티늄족 원소를 따로 분리해 표기하고 있을까요? 너무 싱겁게 들릴 수 있지만, 란타넘족과 악티늄족 원소를 모두 주기율표에 포함시키면 주기율표가 가로로 너무 길어지기 때문입니다. 즉, 주기율표를 보는 편의성을 높이기 위함입니다. 원소의 성질을 결정짓는 전자의 개수 정보를 일목요연하게 알아볼 수 있려면 현재와 같이 1족부터 18족까지 구분하는 방식이 편리하거든요.

한편 란타넘족과 악티늄족을 대표하는 원소로 각각 란타넘과 악티늄이 꼽히는데요(주기율표상에 대표로 써있는 경우가 많습니다). 이들이 대표 원소인 데는 특별한 이유가 없습니다. 란타넘과 악티늄은 둘 다 f오비탈에 전자가 비어있는 원소입니다. 필요하다면 f오비탈에 전자가 짝 차있는 루테튬(Lu)과 로랑슘(Lr)을 각각 란타넘족과 악티늄족을 대표하는 원소로 정할 수도 있습니다.

이처럼 주기율표는 정보를 최대한 효율적으로 전달하기 위해 고민한 결과물입니다. 주기율표의 내용뿐만 아니라 배열에도 과학적 사고가 들어있는 셈입니다. 여러분은 앞으로 점점 더 다양한 주기율표를 보게 될 텐데요. 각각의 주기율표에 녹아있는 과학적 사고를 파악하면 주기율표를 더 쉽고 빠르게 이해할 수 있을 거라 생각합니다.



연금술처럼 싸게
희토류 원소를
만들 수 있을까요?





원소의 종류를 바꾸는 게 가능할까요? 불가능하다고 생각하는 분들이 많을 것 같지만, 답은 ‘바꿀 수 있다’입니다.

일반적으로 원소들이 다양한 화합물을 형성하는 것은 전자의 거동에 따른 화학적인 반응 때문입니다. 여러 가지 원소들의 배열 형성이나 교환, 추가나 제거 과정의 조합을 통해 다양한 화학 반응이 일어납니다. 하지만 이것이 원소가 다른 종류의 원소로 바뀌는 물리적인 반응까지 연결되지는 않습니다.

원소의 종류를 바꾸는 물리적인 반응은 과거 연금술을 연구하는 사람들에게 꿈같은 목표였습니다. 그 꿈은 과학이 발전하면서 실제로 이뤄졌습니다. 중성자나 알파입자 또는 베타붕괴와 같은 핵반응을 통해 원자핵의 양성자 수와 중성자 수를 조절해 인공원소를 합성할 수 있게 된 겁니다.

덕분에 납(Pb)을 금(Au)으로 바꾸는 연금술사들의 꿈만 같던 원소 변환

이 현실에서 가능해졌습니다. 1951년 노벨화학상을 수상한 글렌 시보그(Glenn Theodore Seaborg)는 납보다 원자번호가 하나 더 높은 비스무트(Bi)로부터 금을 만들 수 있음을 1980년 실험으로 증명했습니다. 그러나 이 방법은 현재 금과 같은 귀금속을 생성하는 데 쓰이지 않습니다. 이유는 단 하나, 채굴하거나 구입하는 것보다 훨씬 큰 비용이 들기 때문입니다.

그렇다면 희토류 원소(rare earth element)는 어떨까요? 원소를 변환해 희토류를 저렴하게 만들 수 있을까요?

희귀한 원소? 납보다 매장량 많아

희토류 원소를 화학적으로 생성할 수 있는지 생각하기 전에 정확히 희토류가 무엇인지 알아볼 필요가 있습니다. 희토류는 그 명칭 때문에 백금(Pt)이나 로듐(Rh) 같은 귀금속 원소처럼 지각 내 매장량이 매우 적고 희귀한 원소일 것이라는 오해를 많이 받습니다.

하지만 희토류 원소들은 매장량이 풍부한 편에 속합니다. 흔하고 값싸다고 여겨지는 납보다도 더 많이 매장돼 있으니까요. 대신 희토류 원소들은 매장 지역이 극히 한정적입니다. 현재는 중국이 전 세계 희토류 생산의 95%를 담당하고 있습니다.

희토류는 토금속(earth metal)으로 구분되는 3족 원소인 스칸듐(Sc)과 이트륨(Y), 그리고 그 밑에 별도로 표기된 란타넘족 원소 15종까지 총 17개의 원소를 의미합니다. 프로메튬(Pm)을 제외한 나머지 14종의 란타넘족 원소들은 모두 가돌리나이트(Gadolinite)와 세라이트(Cerite)라는 두 광석에서 발견된 형제 원소들입니다. 이런 발견 과정만 봐도 희토류 원소가 특정한 지각에서만 함께 존재하는 원소들이라는 점을 쉽게 떠올릴 수 있습니다.

희토류는 지각 내 풍부하게 매장돼 있지만 수요가 공급을 초과하는 수급불균형 상황이 심각합니다. 가장 큰 이유는 희토류가 현대 과학기술 및 산업 분야에서 활용가치가 매우 높기 때문입니다. ‘기술의 씨앗’ 또는 ‘기술 금속’이라 불릴 만큼 소형 전자기기, 의약, 친환경 에너지, 통신과 국방 기술 등 다양한 첨단 기술 분야에 활용되고 있습니다.

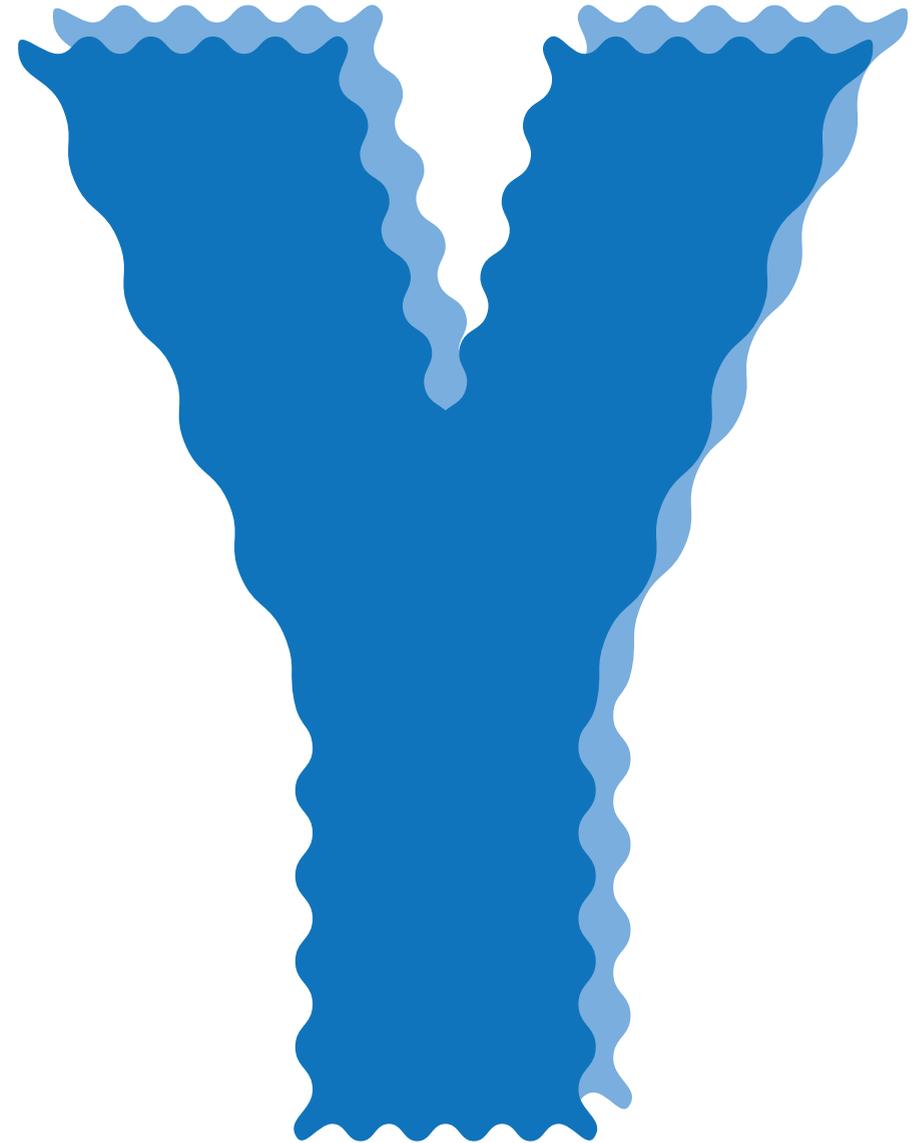
불을 만들어 낼 때 사용하는 미시메탈(Mischmetal) 속 란타넘(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd) 원소나, 매우 강한 자석을 만드는 데 사용하는 네오디뮴, 사마륨(Sm), 가돌리늄(Gd) 등의 원소들은 서로 조합하면 기능이 더욱 높아집니다.

스마트폰에만 희토류 8가지 사용돼

유용한 희토류를 얻을 가장 단순한(?) 방법은 시보그의 실험처럼 핵화학 반응으로 희토류를 생성해내는 것일 수 있습니다. 하지만 금 생성 실험과 마찬가지로 희토류를 생성해내는 것은 희토류를 구매하는 것보다 압도적으로 비용이 많이 듭니다. 실효성이 매우 떨어지죠.

결국 희토류를 얻는 현실적인 방법은 아껴 사용하고, 폐기물로 버려진 원소를 재활용하는 것입니다. 대표적인 예로 인광석(Phosphate rock)에서 비료로 사용하기 위한 인산(Phosphoric acid)을 생산하면 인산석(Phosphogypsum)이 남는데, 여기서 희토류 원소를 추출할 수 있습니다. 현재 전 세계 비료 산업에서 매년 약 2억5000만(톤)의 인광석을 채굴하고 있습니다. 인광석의 단 0.1%만이 희토류 원소라고 알려져 있지만, 채굴량을 고려할 때 결코 적은 양이 아닙니다.

또 다른 주요한 희토류 회수처는 자석 폐기물과 하드디스크 등의 전자



이트륨(Y)

최초로 발견된 희토류 원소. 무른 은백색 금속으로 다른 금속에 소량 첨가해 강도, 내열성 등을 높인다. 제트 엔진, 고체 레이저, 스마트폰 스크린 등에 다양하게 활용된다. 흰색 가루로 된 산화 이트륨(Y_2O_3)을 LED 내부에 발라 붉은색, 백색 빛을 내도록 한다. 희토류 원소 중에서도 비교적 흔하고 생산량이 많은 원소다.



▶ QR코드를 스캔하면 이트륨의 특징과 숨은 이야기를 다룬 대한화학회의 영상을 볼 수 있습니다.

부품 폐기물입니다. 철(Fe)이나 코발트(Co), 니켈(Ni) 등으로 만들어지는 일반 자석과 달리, 작지만 매우 강한 자기장을 형성할 수 있는 특수 자석에는 반드시 희토류 원소가 들어갑니다. 때문에 폐기물에 자석을 대는 것만으로 남아있는 희토류 원소를 회수할 수 있습니다.

하드디스크나 집적회로 등의 다양한 전자 부품은 귀금속과 희토류의 집합체입니다. 특히 전자회로는 높은 전도율로 전기가 흘러야 하고 산소와 접촉해도 녹이 슬지 않아야 하기 때문에 보통 귀금속인 금으로 만듭니다. 현재 폐기되고 있는 전자제품의 양을 고려한다면 폐기물 속에 어마어마한 양의 금이 묻혀 있는 상황입니다.

뿐만 아니라 하드디스크 속 자석은 30%가량이 희토류 원소들로 이뤄져 있고, 자동차 전기모터의 영구자석에는 약 1 kg의 네오디뮴이 들어있습니다. 우리가 사용하는 스마트폰의 스크린, 전자부품, 배터리와 외형을 만드는 데에도 8가지 희토류와 3가지의 귀금속 등 총 25가지 이상의 원소가 사용됩니다.

이러한 희토류를 회수해 재사용하는 노력은 환경을 위해서도 중요합니다. 희토류 생산 방식은 엄청난 양의 독성 물질과 산성 오염 물질을 발생시킵니다. 주위 환경이 급속도로 오염되죠. 희토류 원소를 포함한 제품들이 지속적으로 폐기되는 현실을 생각하면, 단순히 고갈이나 수급 불안정의 이유가 아니더라도 안정적이고 친환경적인 희토류 생산법을 개발해낼 필요가 있습니다. 또한 일상에서 우리가 편하게 사용하는 제품들의 재료와 가치를 생각하며 소중하게 사용해야겠습니다.



아이언맨처럼
팔라듐으로 소형 원자로를
만들 수 있나요?

