

습니다. 가장 안정한 형태(프랑슘-223)의 반감기가 22분이라 금세 사라져 버립니다. 우리가 프랑슘에 직접 노출돼 실제로 위험에 처할 가능성은 적다고 볼 수 있습니다.

한편 할로젠 원소인 플루오린(F)도 높은 반응성 때문에 역사적으로 여러 문제를 일으켜왔습니다. 작고 가벼운 플루오린은 반응성이 낮기로 유명한 18족 비활성 기체와도 반응할 수 있는 원소입니다. 이런 플루오린을 발견하는 과정에서 많은 화학자들이 영문도 모른 채 부상과 질병을 겪었습니다. 때문에 플루오린은 ‘순교자’라는 별칭을 가지고 있습니다.

플루오린을 포함한 화합물 중에는 반응성이 높아 조심해야 할 것들이 있습니다. 플루오린화 수소산(불산·HF)의 경우 염산(HCl)이나 황산(H₂SO₄)과 같은 강산으로 분류되지는 않지만, 피부에 닿으면 흡수돼 뼈와 이를 녹여 버립니다. 물론 실생활에 유용하게 활용되는 플루오린 화합물도 무궁무진합니다. 조리기구에 사용하는 테플론이나 이를 섬유형태로 만든 고어텍스, 그리고 치약, 의약품 등에 모두 플루오린이 사용됩니다.

위험한 원소는 그 외에도 굉장히 많습니다. 핵무기에 사용되는 플루토늄(Pu)이나 살충제에 포함돼 급성 중독을 일으키는 탈륨(Tl), 무기에 사용되는 인(P)의 한 형태인 백린도 만만치 않은 유해성을 가지고 있습니다.

저는 독성, 방사성, 반응성 측면에서 위험한 원소들을 꼽아 봤지만, 여러분이 생각하는 기준은 제 생각과 또 다를 수 있습니다. 중요한 것은 위험하지만 한편으론 유용한 원소들을 어떻게 안전하게 사용할지, 이것을 대체할 원소는 없을지 연구해나가는 것일 겁니다. 과거의 실수와 피해가 반복되지 않도록 모두가 함께 예방책을 마련해나가는 겁니다.



인류 역사에
가장 큰 영향을 준 원소는
무엇인가요?

29



장홍제 교수가 답하다

인간이 숨을 쉬는 데 필요한 산소(O)부터 35만 년 전 네안데르탈인이 불을 피우기 위해 사용한 탄소(C)까지. 원소들은 제각각의 방식으로 인류 역사와 그 진화의 여정에 큰 영향을 미쳐 왔습니다. 그중 가장 큰 영향을 준 원소가 무엇이냐는 질문을 받고 고민이 많이 되더군요. 여러 가지 기준이 있을 텐데요, 저는 인류가 석기, 청동기, 철기시대를 거쳐 지금과 같은 삶을 영위하기까지 진화의 핵심 동력이었던 ‘재료’ 관점에서 영향력이 큰 원소들을 이야기해보려 합니다.

청동기, 철기... 시대를 결정 짓는 원소의 힘

세계 4대 문명(메소포타미아, 이집트, 인더스, 황하)이 번성했던 청동기 시대는 청동이라는 물질이 이끌었습니다. 청동을 만들기 위해서는 당시 제련기술

로 다룰 수 있는 두 가지 원소가 필요했죠. 바로 구리(Cu)와 주석(Sn)입니다.

청동의 주된 성분은 둘 중 구리입니다. 잘 알려져 있지는 않지만 사실 청동기 시대 이전에는 구리 시대(Copper age)가 존재했습니다. 구리가 출토되는 지역이 한정적이고, 청동에 비하면 강도나 물성이 좋지 않아 빠르게 지나가 버렸지만 말이죠. 지각에서 금속이 포함된 광석을 채굴하는 기술이나 이로부터 금속을 제련해 내는 기술이 발달하지 않은 초기 인류 문명에서는 땅속에서 금속 형태로 얻을 수 있고, 모닥불 정도의 열로도 녹일 수 있는 구리가 최고의 재료였습니다.

청동은 그런 구리의 활용도를 주석으로 더욱 업그레이드한 재료였습니다. 구리에 주석을 혼합해 만든 청동은 강도가 매우 높고 산화해도 부서지지 않았습니. 농기구와 무기, 장신구를 비롯한 다양한 분야에 유용하게 쓰였죠. 덕분에 효율적인 농작이 가능해졌고, 집단 거주가 실현됐습니다. 이후 구성원의 역할 분담이 이뤄지며 계급 사회가 빠르게 자리 잡았습니다.

흔히 이런 청동기 시대가 몰락한 것은 강도와 효율성이 더 우수한 철(Fe)이 사용되면서부터라고 합니다. 그러나 당시 운석에 포함된 철(운철)이나 강에서 얻은 철가루(사철), 철광석을 제련한 철은 청동보다 못한 금속으로 여겨졌습니다. 강도는 높은 편이었지만 탄성이 없어 쉽게 부러졌고, 구리보다 상당히 높은 온도인 약 1500도에서 제련해야 했거든요.

본격적인 철기 시대는 철에 탄소(C)를 포함한 강철(탄소강)을 개발하면서부터 문을 열었습니다. 계속해서 새로운 가설이 나오고는 있지만 현재까지의 연구에 따르면 시리아 북부를 무대로 활동한 히타이트 제국이 우수한 철제 무기로 주변국을 점령하고 철기 문명을 이룩했다고 알려져 있습



니다. 이들은 철을 생활 전반에 사용하기보다는 무기류나 병기를 제작하는 데 사용했고, 이러한 무기는 근대 이전까지 인류 역사 흐름을 좌우하게 됩니다.

그러한 철제 무기의 시대를 저물게 한 것은 화약이었습니다. 원소를 이용해 말 그대로 폭발적인 에너지를 낼 수 있는 기술이 개발되면서부터입니다. 가장 유용했던 화약의 일종인 흑색화약은 질산 포타슘(KNO_3)과 목탄(탄소), 그리고 황(S)의 조합으로 만들어졌습니다. 소독약이나 연금술의 매개체로 사용되던 황이 화약에 활용되기 시작한 겁니다. 그런 의미에서 보면 황도 인류 역사에 적지 않은 영향을 준 원소입니다.

첨단 디지털 사회의 핵심 원소, 규소

철은 현대사회에서도 여전히 막대한 영향을 미치고 있습니다. 자동차, 건물, 기계와 같은 수많은 것들에 철이 사용됩니다. 과학자들은 스테인리스강, 몰리브데넘강 등 철의 기능을 더욱 향상시킨 다양한 금속들을 만들어냈습니다. 덕분에 철은 ‘산업의 쌀’이라고 불릴 만큼 인류에게 없어서는 안 될 원소로 여겨집니다.

그 밖에 독자 여러분들 중에는 우리 눈에 가장 많이 보이는 플라스틱도 철만큼 인류에게 큰 영향을 미쳤다고 생각하는 분들이 있을 겁니다. 충분히 공감하지만 플라스틱, 수지, 합성섬유 등의 물질들은 ‘원소’라고 하기에 너무나 많은 종류가 혼합된 ‘화합물’이라 고려 대상에서 제외했습니다.

저는 현대사회에 큰 영향을 주는 또 하나의 원소로 원자번호 14번 규소(Si)를 꼽고 싶습니다. 첨단 디지털 시대를 살아가는 데 전자기기는 필수품입니다. 저뿐만 아니라 독자 여러분들도 하루의 많은 시간을 컴퓨터, 휴대

전화, 통신기기 등과 함께 보낼 거라고 생각합니다. 규소는 이런 전자기기를 만드는 데 가장 핵심이 되는 재료입니다. 규소는 전기가 통하는 도체와 전기가 통하지 않는 부도체의 중간적인 특성을 보입니다. 전류가 잘 흐르는 금속과 잘 흐르지 않는 비금속의 중간적인 특성을 보인다고 해서 준금속 혹은 반금속으로 분류되기도 하죠.

특정한 조건이나 방향에 따라 전류의 흐름을 조절할 수 있는 규소의 특성을 잘 활용하면 집적회로(IC: Integrated circuit)를 비롯한 전자 부품들을 만들 수 있습니다. 규소가 없었다면 수많은 전자기기도 개발할 수 없었고, 지금과 같은 첨단 디지털 시대도 오지 않았을 겁니다.

규소는 구하기도 매우 쉽습니다. 규소는 암석과 돌, 모래의 주성분이자 지구 지각의 27.7%를 이루고 있는, 지각에서 두 번째로 풍부한 원소입니다(첫 번째는 46.6%인 산소입니다). 지표 어디서나 쉽게 구할 수 있는 모래로부터 얻죠. 때문에 현대사회를 ‘제2의 석기시대’라고 부르기도 합니다. 석기를 이루고 있는 재료인 돌, 모래의 시대로 회귀했다는 의미입니다.

이렇게 인류 역사에서 그 시대의 이름을 결정하는 물질이 존재했을 만큼 원소는 문명 발달에 중요한 역할을 해왔습니다. 물론 보는 관점에 따라 인류 역사에 가장 큰 영향을 준 원소는 달라질 수 있을 겁니다. 수많은 화합물과 고분자 물질의 핵심을 이루는 탄소, 연금술과 근대화학의 연구 동기가 됐던 수은(Hg), 양자역학 연구의 시작이자 미래 에너지의 기틀이 되는 수소(H) 등 인류의 과거와 현재를 만들었고, 미래를 만들어나가는 원소들이 수없이 많으니까요. 여러분은 어떤 원소가 인류 역사에 가장 중요한 영향을 미쳤다고 생각하나요? 여러분의 생각이 궁금합니다.

Q

화학 전공자가
할 수 있는 이색 직업은
무엇인가요?

30