

심이 되는 산소라는 원소가 2:1의 비율로 배열돼 형성했다고 말하죠. 그로 인해 높은 비열을 가지고, 수소결합을 할 수 있는 극성 용매라는 관점에서 물을 이야기하지, 그것을 형성하고 있는 쿼크와 렙톤의 산술적인 집약으로 이야기하지 않습니다. 핵분열 또는 핵융합 반응도 쿼크와 렙톤으로 설명하기는 너무나 힘이 듭니다.

물질을 소립자 단위로 이해하느냐, 원소 단위로 이해하느냐는 물리적 접근법과 화학적 접근법의 차이라고 생각합니다. 물질의 성질과 배열을 다루는 화학적 관점에서는 원자핵이 더욱 작은 소립자의 형태까지 분해되는 일은 일어날 수 없는 사건입니다.

반대로 입자물리학이나 양자물리학적 관점에서 물질을 살펴본다면 그 본질적인 기본 단위는 다양한 소립자나 그보다 더 작은 단위로 통용될 수 있겠죠. 그런 의미에서 저는 화학 분야에서 모든 물질의 기본 단위는 원소라는 점이 여전히 유효하며, 원소에서 출발한 표현인 원소기호, 금속 원소, 비금속 원소 등이 사람들간의 이해와 소통을 돕는 적절한 표현이라고 생각합니다.



150년 전 멘델레예프가
만든 주기율표를 계속
사용하는 이유가 뭔가요?

18



장흥제 교수가 답하다

러시아의 화학자 드미트리 멘델레예프(Dmitri Ivanovich Mendeleev)가 주기율표를 처음으로 만들어 세상에 공개한 지 150년이라는 시간이 흘렀습니다. 내용의 정밀성이나 포함된 원소의 개수는 지속적으로 개량됐지만, 주기율표의 기본적인 틀은 150년 동안 꾸준히 유지돼왔죠.

멘델레예프 이후 새로운 관점으로 만든 ‘대안 주기율표(Alternative periodic tables)’가 수백 종류 넘게 등장했지만, 오늘날 널리 사용되며 일반적으로 통용되는 주기율표는 여전히 멘델레예프의 주기율표 틀을 따르고 있습니다. 그 이유가 무엇인지는 꼭 한번 생각해 볼 만한 주제인 것 같습니다.

원소를 화학적 성질에 따라 줄세우다

주기율표는 이름 그대로 세상을 구성하고 있는, 세상에 존재하고 있거나

존재할 수 있음이 부분적으로나마 확인된 원소들을 일정한 규칙에 따라 나열한 한 페이지의 도표를 의미합니다. 다양한 서적이거나 온라인 매체, 학습자료를 통해서 다들 한 번쯤 주기율표를 본 적이 있을 겁니다. 명칭에서도 알 수 있듯 주기율표는 원소들을 주기적으로 배열하고 있습니다. 단순하게는 가로로 나열된 원소들의 배열인 ‘주기(period)’와 세로로 나열된 ‘족(group)’의 구성으로 이뤄진 2차원 배열입니다. 하지만 우리는 이런 형태적인 모습보다는 이 같은 배열이 나오게 된 과정, 즉 원소를 줄세우는 것 자체의 의미에 주목할 필요가 있습니다.

멘델레예프의 주기율표는 1829년 독일의 화학자 요한 되베라이너(Johann Wolfgang Döbereiner)가 화학적 성질이 비슷한 원소들을 세 개씩 묶어 원자량 순서대로 나열했을 때, 첫 번째와 세 번째 원소의 물리적 성질의 평균값이 두 번째 원소와 유사하다는 ‘세 쌍 원소(Triad)’를 발견한 데 기반을 두고 있습니다. 1865년 존 뉴랜즈(John Alexander Reina Newlands)가 발표한 ‘옥타브 이론’, 즉 원자량 순서대로 원소를 배열하면 여덟 번째마다 동일한 화학적 성질이 나타난다는 이론도 큰 영향을 미쳤습니다.

멘델레예프는 당시까지 확인이 가능했던 총 63가지 원소를 원자량의 순서대로 배열해 최초의 주기율표를 만들었습니다. 원자량의 순서와 화학적인 성질의 유사성이 일치하지 않는 경우, 그는 화학적 성질을 우선해서 배열을 수정했습니다. 원소라는 물질의 기본 요소는 각자의 특성을 갖는다고 보고, 물리적인 요건보다 화학적 요건에 기반해 공통점을 이끌어낼 수 있도록 접근했습니다. 개인적으로 이 점이 성공적인 주기율표를 탄생시키는 데 핵심적인 역할을 했다고 생각합니다.

멘델레예프는 당시 밝혀지지 않았으나 존재가 예상되는 원소들에 대해 주기율표상에 빈 공간을 남겨두고 이에 대한 물리·화학적 성질을 예측하



갈륨(Ga)

원자번호 31번 갈륨은 녹는점이 약 30도 정도로 낮아 손으로도 녹일 수 있다. 온도계, 반도체, 파란색 발광 다이오드 등에 다양하게 활용된다. 1871년 멘델레예프는 갈륨의 존재를 예측해 주기율표상에 빈칸을 남겨뒀다. 4년 뒤 프랑스 화학자가 갈륨을 분리해내는 데 성공했다.



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

기까지 했습니다. 이는 후대 화학자들이 꾸준한 도전을 통해 주기율표의 완성도를 높일 여지를 제공했다고 볼 수 있겠습니다.

150년 동안 화학자들의 길 밝힌 ‘지도’

사실 멘델레예프의 주기율표가 완벽했던 것은 아닙니다. 멘델레예프가 주기율표를 발표한 1869년 3월 6일까지도 헬륨(He)을 제외한 대부분의 18족 비활성 기체의 존재가 밝혀지지 않았습니다. 비활성 기체는 매우 낮은 반응성을 가지며 대기 중 존재량이 극도로 적은 원소들입니다. 또 란타넘족과 악티늄족이라는 별도의 원소들이 발견되고, 동위원소의 존재가 확인되며 원자량 순서에 문제가 발생하는 등 해결해야 할 요소들이 지속적으로 발견되었습니다.

우리가 현재 사용하는 주기율표는 멘델레예프 이후 헨리 모즐리(Henry Gwyn Jeffreys Moseley)가 원자번호를 다시 수정한 결과물입니다. 모즐리는 각각의 원소가 서로 다른 파장의 X선을 흡수한 후 다시 방출하는 2차 X선의 에너지 순서대로 원자번호를 지정했습니다. 이를 통해서 원자번호 순서와 화학적 성질의 순서가 정정됐고, 란타넘족과 악티늄족의 배치까지 해결됐으니, 현재 주기율표가 멘델레예프의 주기율표 그 자체라고 해석할 수는 없습니다.

하지만 원소의 화학적 특성을 기반으로 주기율표를 설정하고자 한 멘델레예프의 시도는 후대 화학자들에게 큰 도움을 줬습니다. ‘주기’와 ‘족’이라는 구성이 도입돼 주기가 의미하는 전자의 껍질, 그리고 족이 의미하는 최외각 전자 수(가장 바깥쪽 껍질에 존재하며 화학적 특성에 기여하는 전자의 개수)가 표현됐으며, 이로부터 각 원소들의 공통적인 화학적 특성, 선호하는 이온의

형태, 가능한 결합의 종류 등을 예측할 수 있게 됐기 때문입니다.

멘델레예프가 선물한 주기율표는 원소와 반응, 그리고 화학을 연구하고 사용하는 많은 사람들에게 지도가 돼줍니다. 지하철이나 버스 같은 대중 교통 노선도나 산, 하천, 산책로 등이 표시된 지도처럼 어떤 요소를 파악 하기 위해서는 이에 적합한 정보가 요약된 문서가 필요합니다. 이런 자료가 있으면 목적지를 가장 빠르고 효과적으로 찾아갈 수 있고, 설사 길을 잃더라도 금방 바로잡을 수 있습니다.

마찬가지로 비슷한 성질, 전자의 개수, 가능한 화합물의 형태 등 주기율 표에 집약된 정보들은 화학자들이 연구를 설계하고 확장하는 데 지도와 같은 도움을 줍니다. 주기율표 덕분에 첨단재료를 개발하고 현대 화학을 빠르게 발전시킬 수 있었다고 해도 과언이 아닙니다.

물론 화학을 직접적으로 공부하거나 연구하지 않는 사람에게는 복잡한 알파벳들이 답답하게 나열돼있는 지극히 불친절한 도표에 불과할 수도 있습니다. 이 때문에 여러 종류의 대안 주기율표가 필요한 사람들에 맞게 지속적으로 개발되고 있습니다. 지질이나 자원을 연구하는 사람에게는 지각 내 매장량을 기준으로 칸의 넓이를 다르게 만든 주기율표가, 원소간의 연관관계를 들여다 보고 싶은 사람에게는 원형으로 배치돼 연관성 있는 족들끼리의 관계선을 추가한 주기율표가 유용할 수 있습니다.

대안 주기율표를 만드는 기준은 복잡할 수도, 아주 간단할 수도 있습니다. 물질의 안정성을 기준으로 만들 수도, 발견된 시점이나 주로 활용되는 분야 등의 정보로 만들 수도 있죠. 중요한 점은 이 모든 대안 주기율표 역시 멘델레예프가 생각하고 제안한 큰 틀을 기반으로 구성돼 있다는 점입니다. 전 세계가 주기율표 탄생 150주년을 성대하게 축하한 이유도 바로 여기에 있습니다.



수소는
1족인가요,
17족인가요?

19