



강태린 경기 성남어수초 5

02

공기 중 산소만 흡수할 수
없을까요

A



이덕환 교수가 답하다

공기 중의 산소는 쉽게 분리할 수 있습니다. 공기를 영하 183°C(절대 온도 90도) 이하의 온도로 냉각시키면 산소 분자가 액체 상태로 응축됩니다. 화학 실험실에서 쉽게 구할 수 있는 영하 196°C(절대 온도 77도)의 액체 질소를 사용하면 공기 중의 산소를 액체로 모을 수 있습니다. 산소 분자의 전자들이 삼중항(triplet·2개의 전자를 갖는 계에서 보통은 서로 다른 스핀 방향의 일중항(singlet) 상태가 안정하지만, 산소는 서로 같은 스핀 방향의 삼중항이 더 안정함) 상태에 있는 열은 푸른색의 액체 산소는 자석에 달라붙는 독특한 상자성(paramagnetic)을 나타냅니다. 액체 산소는 상온에서 곧바로 기체 상태로 기화합니다.

냉매를 사용하는 방법으로 생산할 수 있는 산소의 양은 제한적일 수밖에 없습니다. 많은 양의 산소가 필요한 경우에는 압축 공기를 생산하는 공장에서 사용하는 대형 냉각기가 필요합니다. 원리는 엔탈피가 일정한 상태에서 기체의 압력이 줄어들면 온도가 함께 떨어지는 줄-톰슨 효과

(Joule-Thomson effect)를 응용합니다. 열의 출입이 차단된 단열 파이프에 다공성 격막을 설치하고 높은 압력의 압축 공기를 밀어 넣으면 파이프의 반대 쪽으로 빠져나오는 기체의 온도가 떨어집니다.

미세먼지 때문에 숨쉬기가 어려웠던 때 유행하던 ‘산소 발생기’라는 가전제품은 사실 제올라이트와 같은 다공성 물질이나 고분자 분리막을 이용해서 공기 중의 산소를 부분적으로 농축하는 장치입니다. 공기 중의 산소와 질소가 제올라이트에 흡착되거나 분리막을 통과하는 속도에 약간의 차이가 있다는 사실을 이용한 장치입니다. 그렇게 실내 공기를 압축해서 통과시키는 과정을 반복하면 산소를 농축시킬 수 있습니다.

그러나 그런 가전제품을 사용한다고 실내의 산소 농도가 크게 높아질 것으로 기대하기는 어렵습니다. 더욱이 산소의 농도가 낮아진 부분을 반드시 실외로 배출시켜야 한다는 사실도 잊지 말아야 합니다. 외부로 연결된 관이 없는 산소 발생기는 단순한 공기 정화기일 가능성이 더 큽니다. 자칫하면 아무 효과도 없이 아까운 전기만 낭비하는 어리석은 일이 될 수도 있습니다.

생명의 원소

산소는 지구상에서 가장 흔한 원소입니다. 지구의 46.1%가 산소입니다. 두 번째로 흔한 원소인 실리콘(규소)이 28.2%이고, 공기의 78%를 차지하는 질소는 지구의 0.002%를 차지할 뿐입니다. 산소는 화학적 반응성이 매우 큰 원소입니다. 그래서 지구에 남아있는 산소는 대부분 물(산화 수소)·녹(산화 철)·실리카(산화 규소)·석회석(탄산 칼슘)·이산화 탄소처럼 다른 원소와 단단하게 결합한 화합물의 형태로 존재합니다.



지구의 대기 중에 21%를 산소가 차지하고 있는 것은 매우 특이한 일입니다. 땅속의 산소 화합물에서 분해한 산소가 그렇게 많을 수는 없습니다. 사실 공기 중의 산소는 녹색식물의 엽록소에서 일어나는 광합성에서 만들어지는 부산물입니다. 공기 중의 이산화 탄소와 뿌리를 통해 흡수한 물이 결합해 탄수화물이 생성되는 과정에서 산소가 공기 중으로 방출됩니다.

녹말과 셀룰로오스가 광합성으로 만들어지는 대표적인 탄수화물입니다. 30억 년 전 지구상에 처음 등장한 시아노박테리아(남세균)라는 단세포 생물이 처음 시작한 신기한 화학 반응입니다.

녹색식물이 부산물로 공기 중에 방출하는 산소가 지구 생태계를 살아 움직이도록 만들어주는 원동력이 되고 있습니다. 대부분의 다세포 생물의 세포에 들어 있는 미토콘드리아(mitochondria)라는 세포기관이 핵심입니다. 녹색식물이 광합성으로 합성한 탄수화물을 다시 산소와 결합해서 생물학적 에너지 전달물질인 아데노신삼인산(ATP)이 만들어지는 과정을 ‘호흡’이라고 부릅니다.

산소는 우리의 일상생활에서도 중요합니다. 인류가 50만 년 전부터 사용하기 시작했던 불은 산소에 의해서 일어나는 ‘연소’ 반응입니다. 주로 장작·숯·석탄·석유·천연가스와 같은 화석연료가 산소와 결합하는 반응에서 많은 양의 빛과 열이 방출됩니다. 인간은 지구 생태계에서 불을 무시워하기는커녕 적극적으로 활용하는 지혜와 용기를 가진 유일한 존재입니다. 오늘날 인류가 만물의 영장이라고 뽐낼 수 있게 된 것도 불을 사용하는 기술 덕분입니다.

우리가 산소의 존재를 처음부터 알고 있었던 것은 아닙니다. 오히려 연료가 연소하는 이유가 ‘플로지스톤’(phlogiston)이라는 신비의 물질이 존재하

기 때문이라고 믿었던 적도 있었습니다. 스웨덴의 카를 셸레가 1772년에 산화 수은(HgO)과 다양한 질산염을 가열해서 ‘불 공기’(fire air)가 생성된다는 사실을 처음 알아냈습니다. 1774년 영국의 조지프 프리스틀리가 유리관에 넣어둔 산화 수은이 햇빛에 의해 분해되면서 방출되는 기체를 ‘탈(脫)플로지스톤 공기’라고 불렀습니다. 프리스틀리는 자신이 발생시킨 기체가 촛불을 더 밝게 빛나게 만들고, 쥐를 더 활동적으로 만든다는 사실도 발견했습니다.

1774년 프랑스의 화학자 앙투안 라부아지에가 산소의 정확한 정체를 처음으로 알아냈습니다. 그는 라부아지에는 최초의 정량적인 실험을 통해서 연료의 연소 반응에 필요한 원소의 존재를 확인했습니다. 그런 원소가 바로 ‘생명의 공기(vital air)’이고, 동시에 신맛을 내는 물질인 산(酸, acid)을 만들어주는 원소라는 뜻에서 ‘산소(酸素, oxygen)’라고 불렀습니다. 라부아지에는 생물을 질식시키는 원소인 ‘질소(窒素, nitrogen)’의 존재도 함께 발견했습니다.

산소가 생명의 원소라고 해서 무조건 좋아할 이유는 없습니다. 공기 중에 산소가 19% 이하로 떨어지면 호흡이 어려워져서 질식하게 되는 것은 사실입니다. 그러나 공기 중의 산소가 너무 많아도 건강에 해로울 수 있습니다. 실제로 세포 속에서 산소의 반응성이 너무 커서 만들어지는 ‘반응성 산소 종’(Reactive Oxygen Species, ROS)은 건강에 도움이 되지 않습니다. 흔히 ‘활성 산소’로 알려진 물질입니다. 우리는 오랜 진화의 과정을 통해서 산소가 21% 수준이 유지되는 대기에 적응한 생물입니다.