



수질오염공정시험법 이온 전극 법으로 불소 (Fluoride) 농도 측정하기!

01
STEP

시료에 이온강도 조절용 완충용액 또는 NaOH (HCl)을 넣어 pH 5 ~ 7로 조절하고 불소이온 복합 전극을 사용한다.

02
STEP

WTW 불소 이온 전극 (F 800)을 WTW 표준용액 (1000 mg/L)에 약 2시간 정도 담근 후, 살살 두드려서 내부 공기 방울을 제거한다.

03
STEP

WTW 불소이온 표준원액 (10 g F-/L)을 이용하여 표준용액을 단계적으로 10 배 희석하여 0.1, 1, 10, 100 mg F-/L의 표준액을 준비하고, 각각 100 mL씩을 취하여 200 mL 비커에 옮긴 다음 WTW TISAB 용액 (pH 5.2) 10 mL씩을 넣는다

04
STEP

실제 시료에 WTW TISAB 용액을 시료량 대비 0.1배 혼합한 후, 교반 하면서 측정을 시작한다.
30초 내 약 0.1 mV 이상 까지 변화가 없는 안정된 측정값을 읽는다.



[WTW 실험실 및 휴대용 이온 측정기]

응용 및 활용

- 소변 또는 혈액 불소 농도 측정
- 수도물 불소 함량 측정
- 토양 불소 함량 측정 등
- 화장품 (치약 등) 불소 이온 농도 측정

구미 불산가스 누출 사고 관련

불소 (Fluoride)가 위험한가요?

정부는 지난 달 말 구미에서 발생한 '불산 누출 사고' 관련하여 해당 지역을 특별재난지역으로 선포하였다.

'불산'은 우리가 실생활에서 사용하는 치약이나 수돗물에 미량 함유시켜 충치예방이나 세정 효과를 지니게 하는 '불소 이온'이 주성분이다. 원래 불소 자체는 유독성이 있거나, 인체에 해가 되는 이온은 아니다. 하지만 이번 구미 사고처럼 대기 중의 공기와 접촉하게 되면 플루오린화수소, 즉 불산 가스라는 기체로 변해 유독가스가 되며, 이는 공기보다 가볍기 때문에 쉽게 다른 곳으로 확산될 수 있을 뿐만 아니라 세포 및 피부 조직에 쉽고 빠르게 침투하여 눈에 닿거나 폐로 흡입되면 중독이 급속도로 진행된다. 이러한 중독 증상은 곧바로 나타나지 않고 약 하루 정도의 잠복기를 거쳐 나타나게 되는데, 이는 불화수소산이 신경 기능을 마비시키기 때문이다.



불소농도 토양오염 우려기준 이하, 하지만...

정부는 사고 이후 주변 하천수의 수질(10월1일 측정), 취·정수장의 수질(10월4일 측정), 낙동강 본류 취·정수장의 수질(10월4일 측정) 등이 모두 수돗물 수질기준(1.5 mg/L) 이하로 관리되고 있으며, 사고지역 7개 지점에 대한 검지관 대기측정 결과 불산이 검출되지 않았다고 밝혔다. 토양시료 7개 지점(주민 요구지점) 토양 시료 분석결과 지난해 토양 측정량 구미지역 불소 측정 평균농도(275.5 mg/kg) 수준이라고 덧붙였다.

하지만 불산은 위에서 말한 바와 같이, 시간이 경과, 누적됨에 따라 부작용이 계속 나타나거나 그 증상을 환자 당사자가 느끼지 못할 수 있기 때문에, 앞으로 계속 대기, 수질, 토양, 지하수 등에 대한 모니터링이 요구되며 인근 주민들에 대한 영향이 있는지 여부도 계속 관찰 또는 치료하는 것이 무엇보다 중요하다.

불소? 불산? 불산 가스? 뭐가 위험한거야...

불산(또는 불화수소산, hydrofluoric acid)은 불화수소(hydrogen fluoride, HF)를 물에 녹인 액체다. 따라서 이온에 누출된 가스는 불산가스가 아니라 불화수소가스다. 불화수소 (HF)는 수소원자 하나와 불소원자 하나가 만나 만들어진 분자로 끓는점이 19.5도로, 물과 잘 섞이기 때문에 가스를 마시면 기관지와 폐 조직에 빠르게 흡수되 불산이 된다.

불소는 워낙 반응성이 커 불소분자(F₂)가 만들어지자마자 금방 다른 원소와 반응해 불소 이온(F⁻)의 염(salt)으로 바뀌기 때문에 화학자들을 애먹인 원소이기도 하다. 결국 불산을 갖고 실험하던 화학자들은 몸이 상하거나 심지어 죽기도 했다.

그렇다면 불산이 우리 인체에 어떤 영향을 미치는 걸까?

위에서 언급했듯이 불산 자체는 강산이 아니다. 다만 불산 농도가 높아질수록 빠르게 산성도가 높아지며, 불소 이온으로 해리되면 세포막은 지질이기에 잘 통과하지 못하게 되지만, 대부분의 불화수소가 불소 이온(F⁻)로 해리되지 않아 조직에 침투하기 쉽게 된다. 따라서 불산 농도가 아주 높지 않다면 처음 접했을 때는 증상이 그렇게 심하지 않고 처음에는 괜찮은 것 같았는데 하루 이틀 지나자 몸에 이상이 느껴지는 것이다.

체내에 들어온 불산의 일부는 수소 이온과 불소 이온으로 해리하는데 불소 이온이 체내 칼슘 이온(Ca²⁺)이나 마그네슘 이온(Mg²⁺)을 만나 불용성 염을 만든다. 이렇게 불소 이온이 소모되면 불산이 또 해리하고 이런 과정이 반복되며 결국 불산이 전부 해리된다. 칼슘 이온과 불소 이온이 만나 만든 염의 화학식은 CaF₂, 바로 형석이다. 결국 우리 몸 안에 미세한 돌가루가 쌓이는 셈이다! 불소 이온이 뼈에 도달하면 뼈를 이루는 칼슘을 빼낸다. 그 결과 체내 칼슘 이온과 마그네슘 이온 농도가 떨어지면서 몸에 이상이 생긴다. 특히 칼슘 이온이 결핍되면 심각한 결과로 이어지는데 칼슘 이온은 중요한 생리역할을 하고 있기 때문이다. 즉 칼슘 이온은 다양한 생체신호를 전달하는 고리이고 세포끼리 붙어있게 하는데도 관여한다. 또 혈액 내 칼슘 이온 농도는 신경세포의 활동에 영향을 준다. 따라서 인체는 체내 칼슘 이온 농도를 엄격하게 조절하는 복잡한 메커니즘을 운영하고 있다. 그런데 갑자기 불산이 들어와 칼슘 이온을 빼앗아 가면 몸은 대혼란을 겪게 되는 것이다. 칼슘 이온이 극단적으로 떨어지면 호흡근육이 굳어져 질식사할 수 있다.

[출처: 더사이언스, 강석기의 과학카페 '구미 불산가스 누출사고를 보며' 中 발췌]



[말라버린 농작물 (상)과 불산에 접촉된 피부 (하)
<출처: (CC)TCO at Wikipedia.org>