

화재 시에 발생하는 연소가스의 독성 위험

산업안전보건연구원 화학물질센터 위험성연구팀 연구위원 / 한우섭

화재 시의 연소 가스는 독성이 있다.

최근의 건물이나 내장재에는 여러 가지 화학물질로 만들어진 건축 재료가 다량으로 사용되고 있다. 또한 건물의 규모도 커지고 있어 화재 발생 시에 발생하는 사상자도 늘어나는 경향을 보이고 있다. 화재가 일어나면 다량의 연소가스가 발생하는데 이렇게 방출되는 연소가스는 독성을 가지고 있는 경우가 많다.

건축 자재나 의류 등에 포함된 대부분의 화학물질은 일반적으로 탄소, 수소, 산소를 주체로 하여 질소, 황, 인, 할로겐 등의 원소로 구성되어 있다. 화학물질이 연소하여 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O) 만이 생성되는 완전연소의 경우에는 연소생성물량은 발생하지 않는다.

연소생성물이라 함은 화학물질의 화재 시에 연소에 의해 생성된 가스를 말하며, 일반적으로 화염을 일으키며 연소 시에 발생하는 연소 가스와 불꽃을 내지 않고 열에 의해 분해되는 열분해 가스 등이 있다.

그러나 화재 발생으로 화학물질이 불에 타서 완전연소가 일어나는 경우는 실제로 거의 일어나지 않는다. 그러므로 화재로 화학물질이 연소하면 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O)이외에 일산화탄소, 암모니아, 이산화질소 등과 같은 다른 가스도 함께 발생하는 불완전연소가 일어나며 이 경우에는 산화물이나 분해 생성물이 많이 발생하게 된다. 이러한 분해생성물은 독성이 있어 인체에 영향을 주기 때문에 생성물이 적은 완전연소보다 인체 영향의 위험성은 높다고 할 수 있다. 연소가스에는 여러 가지 종류의 독성 가스가 포함되어 있는데, 각각의 가스에 있어서 농도와 그에 따른 허용농도의 관계는 많은 조사가 이루어지고 있지만 아직 명확히 밝혀지지 않은 부분도 적지 않다.

화재 시에 발생하는 연소가스의 독성 평가 시에는 일반적으로 단일 가스가 인체에 미치는 영향을 고려하는 경우가 많다. 그러나 실제 화재 시에는 여러 가지 연소가스가 혼합되어 있기 때문에 이러한 다성분계 가스의 독성 영향에 대해서도 고려할 필요가 있다.

연소생성물의 독성 가스

연소생성물의 독성을 생각하는 경우에 연소가스의 폭로에 따른 호흡정지(의학적인 사망)의 문제점이 우선시되고 있는데, 사망의 전 단계인 행동불능과 행동불능의 전 단계인 판단력 결여도 매우 중요하다. 산업보건 관점에서 보면 정상적인 판단력이 결여되는 시점에서의 독성 평가가 가능하다면 가장 이상적이겠지만 의학적인 전문지식이 요구되며 평가방법이 쉽지 않다는 어려움이 있다. 그러므로 판단력 결여 시점과 거의 유사한 행동력 결여 시점에서의 독성 평가가 필요하게 된다.

가스의 독성을 판정하는 방법은 여러가지가 있으며, 아직 완전한 방법은 없지만 독성 가스 폭로에 따른 생명유지능력 평가도 하나의 방법이 될 수 있다. 인체가 생명력을 유지할 수 있는 것은 산소가 혈액 내로 확산이 되고 있기 때문인데, 이러한 활동이 다른 독성 가스에 의해서 가속적으로 저감될 수도 있고, 또는 가스에 의한 기관 폐쇄 등의 복합작용으로서 영향이 나타나기도 한다.

이러한 기전을 고려하여 독성 가스의 종류와 작용 형태를 분류하고 생리작용과 산소의 운반, 확산량의 저하 계수로부터 독성의 판정식을 구하는 방법 등이 시도되고 있다. 그 밖에도 화재 발생으로 독성가스 이외에 연기도 발생하는데, 이러한 연기는 화학물질이 탔을 때 연소 미립자가 공기 중에 떠 다니면서 확산되어 있는 상태를 의미한다. 연기가 인체에 미치는 영향은 주로 연소 가스나 연소 미립자에 의한 것으로 이러한 것들이 인체 내에 흡수되거나 눈에 들어가는 경우에는 독성 위험성이 높아진다.

연소가스가 인체에 미치는 독성 영향

인간을 비롯한 생물은 호흡을 통해 산소를 체내에 흡입하여 에너지 대사를 한다. 그러나 화재 시에는 공기 중에 포함된 산소가 물질의 연소에 의해 급속히 감소하고 산소 부족이 되어 사망에 이르는 사고가 발생할 수 있다.

한편 산소 농도가 낮아지고 불완전 연소가 일어나면 연소 생성물로서 일산화탄소가 많이 발생되는데, 이렇게 발생된 일산화탄소 중독에 의한 독성이 산소 농도 저하에 따른 사망 위험성보다 더 높게 나타난다.

화재 시에 발생하는 유해 가스 중에서도 일산화탄소는 화학물질이나 소재의 종류에 관계없이 발생한다. 일산화탄소는 극히 미량만으로 인체에 치명적인 독성 영향을 나타내는데, 화재가 발생하면 약 20분 후에는 공기 성분의 5% 이상을 차지하게 된다. 일산화탄소가 체내에 흡입되면 혈액의 산소 운반 역할을 하는 헤모글로빈의 움직임을 억제시키는데, 그 결과 중추 신경의 기능이 현저하게 저하되어 정신을 잃게 되어 사망으로 이어질 수 있다. 일산화탄소는 0.3%의 농도에서 30분 동안 폭로되는 경우에 사망한다고 알려지고 있으므로 독성 위험이 매우 높은 가스라는 점을 인식하고 주의할 필요가 있다.

화재 발생 시에 발생하는 인체에 영향을 주는 기타 독성가스 성분으로서는 암모니아, 염화수소, 이산화질소, 이산화유황, 염소, 시안화수소, 포스겐 등이 있다.

단시간 폭로에 따른 치사량을 기준으로 가장 위험성이 높은 가스로는 시안화수소가 270 ppm이며, 포스겐이 30 ppm으로서 극미량의 연소가스에 노출되어도 위험하다. 이러한 독성 연소 생성물질은 실제 화재 사고에서는 미량이지만 연소 조건에 따라 발생량이 달라질 수 있다. 특히 최근 신규 화학물질의 종류가 증가하면서 연소 시에 발생하는 가스의 종류도, 양도 증가하고 있다.

화재 시에 발생하는 각종 연소 가스의 성분과 허용농도는 규명되고 있지만, 화재 시에 이러한 가스를 포함한 연기가 인체에 어떠한 위험성을 주는가 하는 종합적인 평가는 아직 명확히 밝혀지고 있지는 않다. 그러나 반드시 기억해야 할 것은 화재 시에는 산소 결핍과 일산화탄소에 의한 중독이 가장 큰 위험요인이 된다는 점과, 그 밖에도 각종 유독성 가스가 미량이지만 발생할 수 있다는 점에서 주의해야 한다. ☹