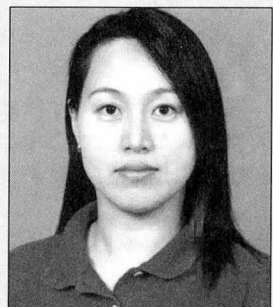


기
고

잔여화재 조사시 소방관의 독서물질 70% 노출에 관한 소고

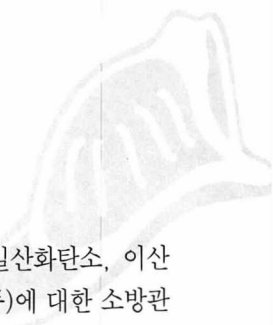


김경란 | 한국 3M(주)
CIH(미국 산업보건기술사)

소방관은 다양한 긴급 상황에 대응하며 생명을 구하고 재난구조와 재산상의 손실을 줄이기 위해 여러 가지 활동을 한다. 응급상황에 대처하고 예방하는 것이 중요한 소방관들은 폐기능이 우수하고 강한 지구력과 근력의 소유자라야 한다. 개인의 건강과 체력이 다른 생명을 구조하는 데 필수적인 조건이기에 선진국에서는 소방관에 특화된 건강관리 프로그램이 있을 정도로 소방관들의 건강관리에 힘쓰고 있다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 여러 조사와 통계에서 소방관들이 대조군에 비해 높은 심장질환과 폐질환을 가지는 것으로 나타나며, 이를 독성가스와 기타 연소산물에 기인하는 것으로 보고 있다.

화재와 화재 진압시 연기에 어떤 종류의 독성 화학물질들이 함유되어 있고, 소방관들이 이들 물질에 어느 정도 노출되고 있는지에 대해서 국제적으로 많은 연구들이 진행되었다. 또한 화재 진압시 필요한 호흡보호구의 연구도 다각도로 이루어졌다. 그러나 화재가 진화된 후 잔여화재를 조사하는 과정에서 소방관들의 독성 물질 노출에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았고, 이에 대한 정보가 매우 부족하며, 우리나라를 포함한 대부분의 나라에서 대다수 소방관들이 잔여화재 조사시 호흡보호구를 착용하지 않고 활동한다.

잔여화재 조사란 화재 진압이 완전히 이루어진 후 소방관이 천장 위나 벽 속 사이 혹은 다른 모호한 장소에서 완전히 사라지지 않고 남아있는 불이나 숨어있는 불씨를 찾기 위해 건물 구석구석을 조사하는 단계를 말한다. 이러한 잔여화재 조사는 평균 30분 정도의 시간이 소요되며, 대부분의 경우 현장에 연기가 거의 없기 때문에 대다수 소방관들이 호흡보호구를 벗고 적절한 호흡 보호 없이 화재의 마무리 작업을 현장에서 진행한다.



전형적인 화재는 플라스틱, 스펀지, 다양한 직물과 커튼, 카펫, 석면을 포함한 물질, 나무 등의 연소를 수반하고, 이 과정에서 각종 가스, 증기, 부유성 입자가 방출된다. 이러한 유기 증기와 할로겐 화합물은 공기에 부유하는 입자에 달라붙어 화합물 형태로 소방관들의 폐로 들어가기도 한다.

화재 진압 후에도 화재 현장에는 이러한 물질들이 잔재하고, 잔여화재 조사시 호흡 보호구를 착용하지 않기 때문에 다양한 종류의 독성물질에 노출될 가능성은 있지만, 연기가 거의 없는 환경이므로 노출 정도의 심각성에 대해서는 그다지 관심을 기울이지 않았다. 소방관들은 건물 내 진화작업 단계에서는 다른 개인 보호 장비들과 함께 자급식 호흡 보호구를 주로 사용하여 독성물질이 체내로 흡입되지 않도록 최대한 호흡기와 건강을 보호하지만, 건물 외부에서 화재를 진압하거나 눈으로 보이는 거대한 화염과 연기가 존재하지 않는 화재의 마무리 과정에서는 호흡 보호구를 사용하지 않기 때문에 폐질환 등의 직업병이 이 단계에서 더욱 기인될 수 있다는 의구심이 든다.

1998년 미국 피닉스에서 발생한 25곳의 화재를 정부와 학계에서 공동 조사한 결과는 잔여화재 조사시 소방관들이 독성물질에 충분히 노출되고 있음을 시사한다. 미국 피닉스시 총무국 안전과(City of Phoenix Personnel Department safety Section)와 아리조나 예방대학(University of Arizona Prevention Center) 그리고 피닉스시 방재국(City of Phoenix fire Department)이 공동으로 피닉스시에서 발생한 크고 작은 화재 25건의 잔여화재 조사시 개인시료 96개, 장소시료 65개, 다핵방향족 탄화수소(PNA, poly nucleic aromatic acid) 시료 88개를 측정하여 다양한 건강 유해 물질(알데히드, 벤젠, 톨루엔, 에틸 벤젠, 자일렌, 수

화염소산, 호흡성분진, 총분진, 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화황, 석면, 중금속 등)에 대한 소방관들의 노출을 조사했다.

결과는 <표 1>과 같고, 여러 화재 장소에서 다락, 천장, 벽 등에 숨어있는 불씨를 찾는 잔여화재 조사단계에서 소방관들이 독성물질에 기준 이상으로 노출되고 있음을 알 수 있다. 독성물질의 농도 분포는 화재 현장의 특성에 따라 크게 달랐으며, 포름알데히드의 경우는 대부분의 잔여화재 조사 현장에서 기준치를 훨씬 초과하고 있다.

이러한 연구 결과는 잔여화재 조사시 소방관들의 노출이 결코 안전한 수준이 아니며, 소방관이 적절한 호흡 보호를 하지 않으면 잔여화재 조사 현장에서 독성물질로 인해 아래에 열거한 건강 영향을 받을 수 있다는 것을 나타낸다.

아크롤레인은 눈과 호흡기관 상피막을 강하게 자극하고, 급성폭로는 기관지염과 폐수종을 유도하는 염증을 일으킨다.

포름알데히드는 호흡, 섭취, 피부 접촉에 의해 건강에 악영향을 주며, 0.01~2ppm의 농도에서는 눈의 자극이 일어나고, 1.0~3.0ppm에서는 코와 목의 자극, 10~20ppm의 농도에서는 심각한 호흡기계 증상이 나타난다. 또한 미국정부산업위생가협회와 국제암협회에서 인간에게 암을 일으킬 가능성이 있는 물질로 분류하고 있다.

글루타알데히드는 체내 단백질 물질과 결합할 수 있는 감각세포 자극제이다

일산화탄소는 불완전한 연소현장에 존재하는 물질로 혈관으로 산소의 전달을 방해하여 체내 조직에 충분한 산소가 공급되지 않도록 한다.

이산화황은 상기도 점막을 자극하는데, 이 물질에 만성적으로 노출되면 피로, 후각 변화, 만성 기관지염의 증상이 나타난다.

콜타르 피치 휘발물(coal tar pitch volatiles)은 인간에게 폐, 신장, 피부에 암을 일으킬 수 있는 확인된 발암물질이다.

화재 현장에는 <표 1>에 나타난 물질 이외에도 수많은 종류의 잘 파악되지 않는 건강상 유해물질이 존재하는 것으로 알려져 있다. 이들 물질의 개별

적인 건강영향에 대해서는 공식적인 자료가 없는 것이 많고, 낮은 농도 수준의 물질이 혼합적으로 존재하여 일으키는 건강상의 영향은 더욱 밝혀진 것이 없다. 또한 건강영향이 밝혀진 물질도 비록 개별 농도가 국제 기준 이하라 하더라도 다른 연소 산물과 혼합물을 형성하여 건강에 악영향을 미칠 수도

<표 1> 노출 기준 초과된 물질과 화재 현장의 개수

| 물 질 명 | 건강 영향 | 국제 기준 | 최대 노출값 | 기준 초과된 화재조사 현장수 |
|---|-----------------------------------|---|--------|-----------------|
| 아크롤레인 (Acrolein) | 자 극 폐 수 중 | ACGIH Ceiling, 0.1ppm | 0.3 | 1 |
| 일산화탄소 (CO) | 무산소증 혈 관 계 중추신경계 생식기계 영향 | NIOSH Ceiling, 200ppm | 260 | 5 |
| 포름알데히드 (Formaldehyde) | 자 극 발암물질(A2) | NIOSH Ceiling, 0.1ppm | 1.18 | 22 |
| 글루타아데히드 (Glutaldehyde) | 자 극 감작(알러지 유발) | ACGIH 0.05ppm | 0.15 | 5 |
| 벤젠 (Benzene) | 발암물질 | NIOSH STEL 1ppm | 1.99 | 2 |
| 이산화질소 (NO ₂) | 자 극 폐 수 중 | NIOSH STEL 1ppm | 3.6 | 2 |
| 이산화황 (SO ₂) | 자 극 | ACGIH STEL 5ppm | 8.69 | 5 |
| 다핵방향족 탄화수소 (Coal tar pitch volatiles) | 발암물질(A1) | NIOSH REL 0.1mg/m ³ OSHA PEL 0.2mg/m ³ | | 2 1 |

*ACGIH : American Conference of Government Industrial Hygienist(미국정부산업위생전문가협회)

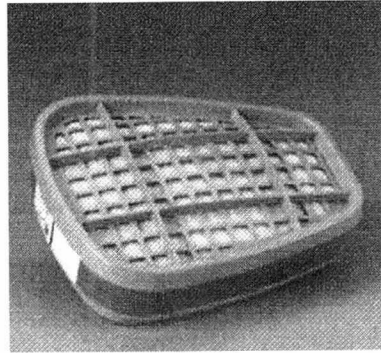
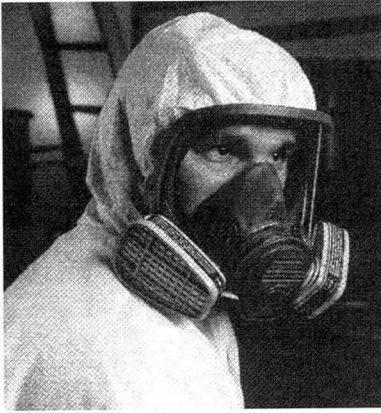
*NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health (미국산업안전보건연구원)

*OSHA : Occupational Safety and Health Administration(미국산업안전보건청)

*STEL : Short Term Exposure Limit (단시간(15분) 노출 기준)

*REL : Recommended Exposure Limit (추천 노출 기준)

*PEL : Permissible Exposure Limit (허용 노출 기준)



전면형 호흡보호구와 복합 가스용 정화통

있다. 이는 화재진압현장과 비교하면 독성물질의 농도가 낮은 수준이기는 하지만, 소방관들에게 많이 발생하는 폐질환 등이 호흡보호구를 착용하지 않는 단계, 예를 들어 잔여화재 조사시 혹은 건물 외부에서 화재 진압시에 발생하거나 악화될 수 있음을 나타낸다.

화재 진압시 SCBA(Self-Contained Breathing Apparatus, 자급식 호흡보호구)의 보호도는 많은 국제적인 연구를 통해 논의되었지만, 잔여화재 조사시 호흡보호구의 필요성을 제안한 적은 거의 없었다. 그러나 미국 피닉스시 화재 현장의 잔여화재 조사시 소방관의 독성물질 노출에 관한 연구 조사에 따르면, 소방관들이 잔여화재 조사시에도 호흡보호구를 착용해야 함은 너무도 명백하다.

SCBA는 보호도 10,000으로 최대의 보호를 제공하지만, 너무 무거워서 화재 조사시에는 착용이 용이하지 않다. 적절한 정화통이 장착된 전면형 공기 정화식 호흡보호구는 대략 50 정도의 보호도를 가지고 있으며, 이는 노출 정도가 기준의 50배 정도까지는 전면형 공기 정화식 호흡보호구로 건강을 보호할 수 있다는 의미이다. 따라서 전면형 공기 정화식 호흡보호구를 화재 조사시 사용한다면 무거운 자급식 호흡보호구(SCBA)를 등에 지고 다녀야 하는 육체적 부담을 줄일 수 있으며 화재조사도 더욱 신속하고 효과적으로 이루어질 수 있다.

NIOSH(미국 산업안전보건 연구원)가 공인하는 공기 정화식 정화통은 일산화탄소(CO)에 대해 인

체를 보호할 수는 없지만, NIOSH-REL(35ppm), OSHA-PEL(50ppm), ACGIH-TLV(25ppm)의 기준을 고려했을 때 일산화탄소의 농도가 150ppm을 초과하지 않는 곳에서는 입자/알데히드/산성가스/유기 증기를 효과적으로 방어해 주는 복합가스용 정화통을 장착한 공기 정화식 전면형 호흡보호구를 사용하면, 복합적인 독성 물질로부터 소방관들의 건강을 보호할 수 있다. 일산화탄소 150ppm의 구분은 8시간 근무시간에 1시간 동안만 일산화탄소(CO)에 노출된다고 가정했을 때 가장 엄격한 기준인 ACGIH의 25ppm보다 시간 가중 평균치가 25% 낮은 18.75ppm을 갖도록 하는 값이며, 이 정도의 일산화탄소 농도에서는 이로 인한 건강상의 악영향이 없다고 믿어진다.

결론적으로 잔여화재 조사시 소방관들은 자극제, 화학적 질식제, 발암물질 등에 국제 노출기준 이상으로 과다 노출되고 있고, 이 기간에 호흡보호구의 사용이 반드시 필요하다. 일산화탄소의 농도가 150ppm 이하인 곳에서는 넓은 시야를 제공하고 열에 민감하지 않으며 가벼운 소재의 전면형 호흡보호구에 복합가스용 정화통을 장착한 공기 정화식 호흡보호구로 소방관에게 적절한 호흡 보호를 제공해야 한다. (㉞)

[참고 문헌]

Characterization of firefighter Exposures During Fire Overhaul, AIHAJ 61:634-641(2000)