

화재 조사관의 건강위험과 필요한 호흡보호구

CIH(미국 산업위생 기술사), 한국3M(주) 김경란

1. 개요

화재에 대응하는 소방관의 활동 단계는 크게 두 가지로 분류된다. 불길이 왕성할 때 화재와 직접 싸우면서 불길을 잡는 진압 단계(knockdown stage)와, 숨어있는 불씨를 천장, 벽사이, 마루바닥 속 등에서 찾아내는 잔불정리 및 화재 원인 조사 단계(overhaul stage)이다. 화재와 화재 진압시 연기에 어떤 종류의 독성 화학 물질들이 있고, 소방관들이 화재 진압시 이들 물질에 어느 정도 노출되고 있는지에 대해서는 많은 연구들이 국제적으로 진행되었고, 필요한 호흡보호구에 대한 연구도 다각도로 이루어졌다. 그러나, 화재 진화가 이루어진 후 화재를 조사하는 과정에서 소방관들의 독성 물질 노출에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았고, 이에 대한 정보가 부족한 실정이다.

암의 발생과 원인을 전문적으로 연구하는 역학자 Kriston Aronson은 토론토의 6000명의 소방관의 사망 원인 조사에서 플라스틱 연기로부터 나오는 독성물질을 가장 유력한 원인으로 지적했다. 연기에 존재하는 이 같은 발암물질을 포함한 증기는 일상적으로 발견되는 접착제, 랩, 페인트, 단열재, 카펫, 기타 건축 자재 등 현대적인 삶을 이루는 모든 현장·공장화재 뿐만이 아

니라 주택과 아파트의 화재를 포함한 거의 모든 화재·에서 발생할 수 있다. 유독 화학물질은 화재의 진압이 활발하게 이루어지는 동안과 주요한 화재는 일단 진압이 된 후 두 단계모두에서 발생한다. 어떠한 물질들은 불길이 활발하게 타고 있는 동안 보다, 오히려 스몰스몰 연기를 내며 타고 있는 동안이 더욱 위험하다. 이러한 물질의 예가 폴리에틸렌과 PVC이며, 일산화탄소, 시안화수소, 염산과 다른 화학물질을 생성한다. 특히 실내 가구,파이프, 전선, 벽지 등에 널리 사용되고 있는 PVC는 연소시 염화수소(Hydrogen Chloride)와 포스겐(Phosgen)을 형성한다. 특히 콘크리트는 화재동안 열기와 가스를 마치 스펀지처럼 흡수했다가 화재가 진압된 후 식어가는 과정에서 독성 흡을 서서히 방출하여 화재 조사관의 유해 물질 노출에 영향을 미친다.

화재시 발생하는 화학물질의 노출로 인해 소방관들이 대조군(소방관에 비교할 만한 스트레스를 받는 그룹으로 여러 연구에서 소방관의 대조군으로 경찰관을 많이 사용)보다 뇌암 및 기타 암의 발생율이 유의하게 높다고 여러 논문에서 밝히고 있다. 소방관들의 사망률을 연구하는 14개의 연구중에 11개에서 증가된 뇌암과 신경계 암의 위험이 소방관에게 있다고 보고하고 있다.

여러 연구 결과는 뇌암 이외에도 다양한 암에 대해

통계적으로 유의한 차이로, 혹은 통계적으로는 유의하지 않지만 증가된 발암을 보이고 있다. 소방관에게 증가된 발생을 보이는 암의 종류와 원인물질을 정리하면 다음(표1)과 같다.

표 1) 소방관에게 증가된 발생을 보이는 암의 종류와 원인물질

암의 종류	가능한 원인 물질
뇌암	염화비닐
	아크릴로니트릴
	포름알데히드
임파선암	벤젠
	다핵 방향족 탄화수소
혈액암	염화 비닐
	아크릴로 니트릴
	숯검댕이
대장암	디젤 배출물
	석면
방광암	디젤 배출물
	포름알데히드
신장암	다핵 방향족 탄화수소

일반적으로 소방관들은 화재 진압단계에서는 공기통식 호흡보호구를 착용하고 활동한다. 화재속에서 공기통은 뜨겁고 무거우며 거추장스럽다. 이러한 이유들로 소방관들은 현장에서 최악의 상황이 지나면 공기통식 호흡보호구를 벗어버린다. 그리고는 화재 현장에 여전히 존재하는 위험한 화학물질에 그대로 노출된다. 그러나 소방관에게 실제적으로 가장 위험한 시간은 진압단계 후 잔화정리시 무방비로 연기와 흙, 그리고 숯검댕이 등의 유해물질에 노출될 때이다 하지만, 우리나라를 포함한 대부분의 나라에서 대부분의 소방관들이 잔화정리 및 화재 조사 시에는 호흡보호구를 착용하지 않고 활동한다.

이 소고에서는 화재조사시에 노출되는 유해물질의 종류와 수준을 문헌고찰을 통해 알아보고, 우리나라의 잔화정리 및 화재조사시 개인보호구 사용 현황을 조사하고, 화재조사시 가장 적절한 호흡보호구에 대해 알아보기로 한다.

2. 조사방법

A. 화재 조사현장의 유해물질의 종류와 노출수준의 문헌고찰

아직 우리나라에서는 화재 현장과 화재 조사과정에서 소방관에게 노출되는 위험물질의 조사가 이루어지지 않았다. 그러므로 본 소고에서는 American Industrial Hygiene Association Journal에 2000년에 발표된(AIHAJ 61 : 634 · 641) “잔화정리 및 화재조사시의 소방관의 위험물질에의 노출 (Characterization of firefighter Exposures During Fire Overhaul)”을 참고하기로 한다. 이 연구는 1998년 미국 피닉스시에서 발생한 25곳의 화재를 대상으로, 미국 피닉스시 총무국 안전과(City of Phoenix Personnel Department safety Section), 아리조나 예방대학(University of Arizona Prevention Center) 그리고 피닉스시 방재국(City of Phoenix fire Department)에서 공동 연구한 것으로, 개인시료 96개, 장소시료 65개, 다핵 방향족 탄화수소 (PNA, poly nudeic aromatic acid) 시료 88개를 잔화정리 및 화재 조사 시 측정해, 다양한 건강 유해 물질 (알데히드, 벤젠, 톨루엔, 에틸 벤젠, 자일렌, 수화염소산, 호흡성분진, 총분진, 일산화 탄소, 이산화탄소, 이산화황, 석면, 중금속 등)에 대해 소방관들의 노출을 조사했다.

B. 우리나라의 화재 조사시 호흡보호구 사용현황 조사

우리나라에서 잔화정리 및 화재조사를 실시하는 소방관들의 호흡보호 형태를 실태를 파악하기 위해, 서울지역 1개 소방소에서 근무하는 10명의 잔화정리 및 화재조사 소방관을 대상으로 2002년에 설문조사를 실시하였다. 설문은 방문 설문 조사 방법으로 진행되었다.

C. 유기 증기용 호흡보호구와 복합가스용 호흡보호구의 현장 테스트

호흡 보호구 사용현황 조사에 참여했던 서울지역 1개 소방소에서 근무하는 10명의 잔화정리 및 화재조사 소방관을 대상으로, 2002년 겨울 동안 화재가 발생하는 지역에서 잔화정리 및 화재 조사 업무를 할 때 3M

전면형 양구형 복합가스용 마스크를 착용하게 한 후, 착용의 편이성과 호흡보호구의 자각적 성능에 대해 기존 반면형 단구형 유기 증기용 마스크와 비교하는 설문문을 작성하게 했다. 호흡보호구의 성능을 평가하는 기준으로는 작업 후의 자각적인 증상을 묻는 설문문항을 마련하여 실시 했다.

3. 결과

A. 화재 조사현장의 유해물질의 종류와 노출수준

미국 피닉스시에서 발생한 25곳의 화재조사 현장에서 국제 노출기준을 초과한 물질의 종류와 최대 노출값, 그리고 기준 초과된 현장수는 표1과 같았다. 독성 물질의 농도의 분포는 화재 현장의 특성에 따라 크게 달랐고, 폼알데하이드의 경우는 대부분의 잔여화재 조사 현장에서 기준치를 훨씬 초과하고 있었다. 여러 화재 장소에서 소방관들이 다락, 천정, 벽 등에 숨어있는 불씨를 찾는 잔화정리와 화재조사단계에서 독성물질에 기준이상으로 노출되고 있음을 알 수 있었다.

표2) 노출 기준 초과된 물질과 화재 현장의 개수

물 질 명	건강 영향	국제 기준	최대 노출값	기준 초과된 화재조사 현장수
아크롤레인 (Acrolein)	자극, 폐수증	ACGIH Ceiling, 0.1ppm	0.3	1
일산화탄소(CO)	무산소증, 혈관계, 중추신경계, 생식기계 영향	NIOSH Ceiling, 200ppm	260	5
폼알데하이드 (Formaldehyde)	자극, 발암물질(A2)	NIOSH Ceiling, 0.1ppm	1.18	22
글루타미데하이드 (Glutaldehyde)	자극, 감각(일라지유발)	ACGIH 0.05ppm	0.15	5
벤젠(Benzene)	발암물질	NIOSH STEL 1ppm	1.99	2

물 질 명	건강 영향	국제 기준	최대 노출값	기준 초과된 화재조사 현장수
이산화질소(NO2)	자극, 폐수증	NIOSH STEL 1ppm	3.6	2
이산화황(SO2)	자극	ACGIH STEL 5ppm	8.69	5
다핵방향족 탄화수소 (Coal tar pitch volatiles)	발암물질(A1)	NIOSH REL 0.1mg/M3 OSHA PEL 0.2 mg/M3		2 1

- * ACGIH : American Conference of Government Industrial Hygienist(미국 정부 산업위생 전문가 협회)
- * NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health(미국 산업안전보건 연구원)
- * OSHA : Occupational Safety and Health Administration (미국 산업안전보건청)
- * STEL : Short Term Exposure Limit(단시간(15분) 노출기준)
- * REL : Recommended Exposure Limit(추천 노출 기준)
- * PEL : Permissible Exposure Limit(허용 노출 기준)

B. 우리나라의 화재 조사 시 호흡보호구 사용현황

서울시 1개 소방소를 대상으로 조사한 잔화정리 및 화재조사시의 호흡보호구 사용 실태는 다음과 같았다.

① 조사 대상자

조사대상 소방관들의 평균 소방업무 종사 기간은 14.25년 이었고, 조사 대상자중 들은 28년과 23년의 소방업무 종사자였다. 대부분의 소방관은 소방업무를 시작하면 정년시까지 소방서에서 업무 전환을 하며 다른 업종으로의 이직이 별로 없다고 한다. 이는 저농도의 유해물질에 노출이 장기간 지속되어 건강의 장애를 일으킬 수 있는 가능성이 크다는 것을 시사한다. 평균 잔화 정리시간은 33분 정도였다(표3 참고).

표3) 현장 조사 대상자

소방서	서울지역 소방서 1곳
대상자	10명
업무	화재 진압 및 화재조사
소방업무 종사기간(년)	14.25
화재진압 및 조사 업무 종사기간(년)	8.47
평균전화정리 및 조사시간(분)	33.5

② 현재 호흡보호구 착용에 대한 분석

조사 대상자의 대부분이 전화정리와 화재 조사시 동안 호흡보호구를 착용할 때도 있지만, 화재사건 마다 혹은 작업 시간 내내 착용하지는 않는 것으로 나타났다(표4 참고).

표4) 호흡보호구 착용 시간

조사대상자	10명	백분율
전화정리동안	9명	90
호흡보호구 착용자		
작업 내내 착용자	2명	22.2

③ 호흡보호구를 제대로 착용하지 않는 이유

호흡보호구를 전화정리 작업 내내 착용하지 않는 이유는 착용하면 불편하고 휴대가 번거롭기 때문으로 나타났다(표5 참고).

표5) 화재 조사시 호흡보호구를 착용하지 않는 이유

이유	빈도수	백분율
유해물질이 없어서	1	10
불편해서	6	60
착용해도 효과가 없어서	1	10
호흡보호구가 없어서	0	0
휴대가 번거로워서	3	30

④ 전화정리 및 화재 조사시 사용하는 호흡보호구 종류
현재 사용하고 있는 호흡보호구의 종류는 국내 업체 의 반면형 단구형 유기증기용 방독/방진 마스크가 주류를 이루었고, 면 마스크를 착용한다는 사람도 1명 있었다(표6 참고).

표6) 전화정리 및 화재 조사시 사용하는 호흡보호구의 종류

종류	빈도수	백분율
면/기죽마스크	1	11.1
유기증기용 반면형 단구형 방독/방진 마스크	7	77.8
공기공급식 마스크	1	11.1

A. 유기 증기용 반면형 단구형 호흡보호구와 전면형 양구형 복합가스용 호흡보호구의 현장 테스트 결과

① 유기 증기용 반면형 단구형 방독 마스크와 복합 가스용 전면형 방독/방진 마스크의 착용 편의성 비교

호흡보호구 착용시 불편한 정도를 알아보기 위해 7 가지 질문을 했고, 1점은 아주 만족하지 않다 5점은 아주 만족스럽다로 표시하도록 했다. 기존에 사용하던 반면형 단구형 유기 증기용 마스크는 평균 2.2점을 얻어 착용상의 불편함을 많이 호소하는 데, 비해 3M의 전면형 양구형 복합가스용 호흡보호구에는 평균 4.4로 휴대가 불편하다는 평가 이외에는 모든 항목에서 기존 호흡보호구에 비해 높은 만족도를 나타내었다. 기존 반면형 단구형 방독 호흡보호구에 대한 대답에서는 특히 호흡이 힘들고 유해 물질 제거 성능이 떨어진다고 대답했다(표7 참고). 실제로 호흡 저항과 정화통의 유기증기에 대한 수명, 그리고 기타 가스에 대한 제거 성능을 실험실에서 측정한 (표8)의 결과는 소방관들이 자각적으로 느끼는 불편사항과 잘 일치했다.

표 7) 반면형 단구형 방독 마스크와 전면형 양구형 복합가스용 마스크의 착용감 비교

비 교 기 준	기존 반면형 단구형 방독 마스크	전면형 양구형 복합가스용 마스크
덥다	2.0	4.0
시야 좁다	2.3	6.0
무겁다	2.8	4.9
호흡 힘들다	1.8	4.9
착용파 탈착이 번거롭다	2.3	4.9
휴대가 불편	2.7	2.4
유해물질 제거성능	1.4	4.8
평균	2.2	4.4

잔화정리/ 화재조사 후 자각적인 증상	기존 반면형 단구형 방독 마스크	전면형 양구형 복합가스용 마스크
피곤하다	3.3	1.3
코에 먼지	3.9	1.3
입피목이 까실	3.9	1.3
새채기와 기침	3.3	1.0
가슴 답답	3.0	1.0
두통	2.3	1.0
눈의 이물감	3.1	1.0
평균	3.3	1.1

표 8) 실험실에서의 호흡저항 및 기타 성능 검사 비교분석

회 사 명	기존 반면형 단구형 유기증기용 방독 마스크	전면형 양구형 복합가스용 마스크
유 량(lpm)	95	47.5
호흡저항(mmH2O)	42.6	25.6
유기증기에 대한 정확률 수명(CO ₂ 300ppm)	80분	466분
포름알데히드 및 기타 증기에 대한 저독력	없다	있다

② 유기 증기용 반면형 단구형 방독 마스크와 복합 가스용 전면형 방독/방진 마스크의 자각적 성능 비교

기존 반면형 단구형 유기증기용 방독 마스크와 전면형 양구형 복합 가스용 마스크를 착용하고 잔화정리 및 화재조사를 실시했을 때, 호흡보호구의 효과를 비교한 결과는 (표9)와 같다. 작업후 느끼는 자각적 증상은 증상을 심하게 느끼는 경우 5로 표시하고, 증상이 거의 느껴지지 않으면 1로 표시하도록 했다. 기존 반면형 단구형 방독 마스크와 비교하여 전면형 양구형 복합가스용 마스크는 모든 항목에서 자각적 증상이 개선된 것을 볼 수 있었다. 특히 새채기와 기침, 눈의 이물감, 가슴의 답답함은 모든 조사 대상자에서 완벽하게 개선된 것을 볼 수 있었다.

4. 토의

1998년 캐나다의 오타와(Ottawa) 방재국에서 15년 동안 근무했던 지역 소방대장 Ken Cumies가 뇌암으로 사망하면서, 소방관에게 화재시 발생하는 독성물질의 직업적인 노출이 죽음으로 연결될 수 있다는 현실이 되었다. Ken Cumies의 뇌암이 소방활동에 기인한다는 판정을 받는데는 적지 않은 기간 동안의 리뷰와 연구 그리고 논쟁이 있어왔다. 그러나 Ken의 사건이후 캐나다에서는 뇌암 혹은 다른 암에 걸려 직업병의 신청에 들어간 모든 소방관의 직업병 인정 신청은 이제 단지 몇 시간의 리뷰를 거쳐 판결을 내릴 정도로 신속히 해결되고 있다. 이것은 소방관의 직업적인 노출이 실질적으로 소방관의 건강과 생명을 위협함을 시사한다.

우리나라 행정자치부 간행물의 통계자료에 따르면, 우리나라 전체에 2003년 한해 동안 총 31,373 건의 화재가 발생했다. 화재 조사 전문가의 말에 따르면 화재 건수는 해마다 증가하는 추세에 있고, 이유는 전기 사용량의 증가와 인구의 증가 그리고 소방대상물의 증가 등에 있다고 한다. 실제로 2003년도 화재 원인중 34%가 전기로 인해 일어나고 있다. 발생 장소로는 주택 및 아파트가 27%로 가장 많고 공장과 음식점은 각각 7.6%와 5.9%로 2,3위를 차지한다. 이러한 추세로 인해 소방관은 해마다 더 많은 화재에 대응해야 하며, 더욱 높은 빈도로 화재성 독성물질에 노출되어야 한다.

우리나라의 화재시 잔화정리와 화재 조사단계에서 투입되는 인원은 16~17명 정도가 된다고 화재 조사 전문가는 말한다. 전국 150여개의 소방서로 확대하면 현재 2550명의 소방관들이 잔화정리 업무를 하고 있다. 잔화정리와 조사업무가 힘들기 때문에 우리나라에서는 대부분 소방관들이 돌아가며 이 업무를 맡고 있다고 하니, 잔화정리 경험이 있고, 이때 독성물질에 노출되는 전체 인원은 이보다 훨씬 많을 것으로 보인다.

현재 화재 진압단계에서는 공기통식 호흡보호구를 보통 착용하지만, 잔화정리 및 화재 조사시에는 호흡보호구를 착용하지 않거나, 일반 먼 마스크 혹은 유기 가스정화통이 부착된 반면형 호흡보호구를 착용하고 있다. 잔화정리 단계에서도 미국 피닉스시 화재 현장의 잔여 화재조사 시 소방관의 독성물질 노출에 대한 연구 조사에 결과에서 보듯이 다양한 유해물질이 가스(유기, 산성, 포름알데히드, 암모니아, 염소가스 등)상으로 그리고 연기입자에 부착하여 입자상으로 복합적으로 발생한다. 그러므로 잔화정리 및 화재 조사 시에도 소방관들은 건강을 보호하기 위해 적절한 호흡보호구를 착용해야 한다.

그렇다면 어떤 호흡보호구를 착용해야 할까? 화재 진압시 SCBA(self-contained breathing apparatus, 자급식 호흡 보호구)의 보호도에 대해서는 많은 국제적인 연구를 통해 논의되었지만, 잔화정리 및 화재 조사시 호흡보호구의 필요성에 대해 제안한 적은 거의 없었다. 그러나, SCBA는 보호도 10,000으로 최대의 보호를 제공하지만, 너무 무거워 잔화정리와 화재조사 시에는 착용하기가 용이하지 않다. 화재 진압 시 자급식 호흡보호구를 착용하는 이유는 알 수 없는 화재현장의 산소 부족, 일산화탄소의 발생, 그리고 알 수 없는 유해물질의 발생이다. 잔화정리와 화재 조사는 화재가 완전히 진압된 후 소방관이 천장 위나, 벽속 사이, 혹은 다른 모호한 장소에서 완전히 사라지지 않고 남아있는 불이나 숨어있는 뜨거운 불씨를 찾아 건물을 구성구석 조사하고 제거하는 단계이다. 보통 30분~1시간 정도의 시간이 소요되며 많은 육체적인 활동과 행동반경이 필요하다.

이런 소방관의 활동을 이해한다면, 잔화정리 단계에서 공기통식 호흡보호구를 사용하는 것은 불편하고 현실적이지 않다. 그러므로 잔화정리와 조사활동의 30분~1시간 정도의 시간 동안 지속적으로 소방관을 보호해 줄 수 있는 호흡보호구가 필요하다.

공기중 산소와 화재 현장의 산소사이에 평형이 쉽게 일어날 수 있는 적절하게 환기되는 장소에서는 공기정화식 호흡보호구 사용 가능 여부는 일산화탄소의 농도와 관련있다. 공기 정화식 정화통은 일산화탄소(CO)에 대해 인체를 보호할 수는 없지만, 일산화탄소의 국제적인 허용기준(NIOSH·REL(35ppm), OSHA(미국 안전보건청)·PEL(50ppm), ACGIH(미국정부 산업보건전문가 협의회)·TLV(25ppm))을 고려했을 때, 잔화정리와 화재조사시간을 1시간으로 가정한다면 일산화탄소의 농도가 150ppm을 초과하지 않는 곳에서는 공기 정화식 호흡보호구를 착용할 수 있다. 일산화탄소 150ppm의 기준은 8시간 근무시간동안, 가장 엄격한 기준인 ACGIH의 25ppm보다 시간 가중 평균치가 25% 낮은 18.75ppm를 갖도록 하는 값이며, 이 정도의 일산화탄소 농도에서는 일산화탄소로 인한 건강상의 악영향이 없다고 믿어지기 때문이다.

그렇다면 공기 정화식 호흡보호구가 필요한가?

화재에서 발생하는 유해물질의 종류는 예측이 불가능하다. 현대 문명은 매일 새로운 기술과 신소재를 개발해 내고 있고, 이들은 화재현장에서 다양한 특성의 가스(유기, 산성, 포름알데히드, 암모니아, 염소가스 등)와 분진을 복합적으로 발생시킨다. 이들을 효과적으로 방어하기 위해서는 잔화정리 및 조사단계에 반드시 이들 가스와 분진에 효과적인 복합가스용 정화통과 필터가 동시에 필요하다. 또한 소화기의 미스트와 기타 오일 미스트가 존재하는 상황에서도 필터와 정화통의 성능을 유지하려면 오일성분에 견디는 오일 프루프(oil-proof) 타입의 분진용 필터를 장착한 복합가스용 정화통을 사용해야 한다.

정화통과 필터의 종류를 결정했다면, 이제 면체를 결정하도록 하자. 호흡 보호구는 다양한 보호도를 가

진다. 보호도란 호흡보호구를 착용함으로써 노출 농도를 몇 배나 떨어뜨릴 수 있는지를 의미하며, 보호도가 큰 호흡 보호구일수록 미지의 농도나 높은 농도의 위험물질이 존재할 때 사용이 추천된다. 일반적으로 반면형 공기 정화식 호흡보호구는 10, 전면형 공기 정화식은 50, 전면형 공기 공급식 호흡보호구(에어라인형)은 1000, 공기통식 호흡 보호구는 10000 이상의 지정된 보호도를 가진다. 즉, 반면형 공기 정화식 호흡보호구는 보호도가 10이므로 보호구 밖의 해당 유해물질의 농도를 10배 만큼 떨어뜨려 착용자의 호흡기 속으로 전달한다는 의미이다. 더 높은 보호도를 가지는 호흡 보호구를 착용할수록 더욱 안전하다고 할수 있다. 그러나 착용시간은 전체적인 실제 보호도를 결정하는데 있어, 호흡보호구 자체가 가지고 있는 고유의 보호도만큼이나 중요하다. 작업시간동안 내내 사용할 수 있는 적절한 호흡보호구가 불편해서 사용하지 않는 최상의 호흡보호구보다 훨씬 낫다. 호흡보호구는 유해물질의 농도와 작업행태를 고려하여 최적의 것을 선택해야 한다.

실제로 그러한지 계산을 통해 알아보자.

공기중 유해 물질의 농도가 허용기준(PEL)의 10배로 존재한다고 가정하고 총 작업 시간의 90%동안 보호도가 1000인 공기통식 호흡보호구를 착용했을 때 실제 어느정도로 노출되는지는 다음의 과정을 통해 계산된다.

	흡입한 유해 물질의 농도	노출량
착용하지 않은 시간동안의 노출	10%×10 PEL	=1×PEL
공기통식 호흡보호구를 착용한 동안의 노출	90%×10 PEL /10000	=0.009PEL
총 노출량		=1.009 PEL

결론적으로 호흡보호구를 전체 폭로시간의 대부분인 90%만큼 착용했다라도 1.009 PEL 즉, 여전히 허용기준을 초과하는 유해물질의 농도에 노출되었음을 의미한다.

이번엔 보호도는 훨씬 낮지만 작업시간 내내 착용한

경우를 가정해 보자. 만약 작업내내 보호도가 50인 전면형 공기 정화식 호흡보호구를 착용했다면 허용기준의 10배로 존재하는 건강 유해물질에의 노출은, 아래의 계산에서 보는 것 처럼 허용기준의 0.2배에 불과하여 안전한 수준이 된다.

	흡입한 유해 물질의 농도	노출량
착용하지 않은 시간동안의 노출	0%×10 PEL	=0×PEL
전면형 공기정화식 호흡보호구를 착용한 동안의 노출	90%×10 PEL /50	=0.18PEL
총 노출량		=0.18 PEL

위의 계산방법을 적용하여, 공기중 유해 물질의 농도가 허용기준의 10배로 존재하는 환경(산소농도 18% 이상, 일산화탄소 200ppm이하)에서 호흡보호구의 종류별로 착용시간에 따른 노출정도를 좀더 자세히 살펴보면 (표10)과 같다.

표 10) 호흡보호구의 착용시간별 위험물질 노출정도

노출 정도 (허용농도의 배수)	전체 노출 시간중 호흡 보호구 착용시간					
	0%	50%	80%	90%	95%	100%
호흡 보호구 (지정 보호도)						
반면형 공기정화식(10)	10	5.50	2.8	1.9	1.45	1
전면형 공기 정화식(50)	10	5.10	2.16	1.18	0.69	0.2
전면형 공기공급식(1000)	10	5.01	2.01	1.01	0.51	0.01
가상의 최상급 호흡보호구(10000)	10	5.00	2.00	1.00	0.50	0.00

대부분의 사람에게서 장기적으로 반복적으로 노출되더라도 건강상의 회복 불가능한 악영향이 없기 위해서는 총 노출이 허용기준이하라야 하고, 표 2에서는 1 이하의 결과를 보여야 한다. 호흡 보호구를 착용하지 않으면, 당연히 공기중의 유해물질의 농도(허용기준의

10배)가 그대로 호흡기를 통해 들어온다. 우리가 가장 한 조건에서, 흡입하는 유해물질의 농도를 허용농도수준 이하로 떨어뜨리기 위해서는 공기 정화식 전면형 이상의 호흡보호구를 적어도 95% 이상의 시간동안 사용해야 함을 알 수 있다. 보호도가 50이상에서는 보호구 종류에 따라 노출 정도가 조금씩 줄어들기는 하지만 큰 차이를 보이지는 않는다. 반면 보호도가 10인 반면형 호흡보호구를 유해물질에 노출되는 시간내내 착용하면 보호도가 10000인 가상의 최상의 호흡보호구를 80% 정도의 시간동안 착용하는 것보다 훨씬 우수한 보호(2배의 보호 효과)를 얻을 수 있음을 보여주고 있다. 이러한 결과는 착용시간이 보호구 자체의 보호도보다 오히려 전체적인 노출에 더욱 큰 영향을 주고 있음을 나타낸다. 따라서, 잘 착용하지 않는 최상급의 공기통식 호흡보호구 보다는, 오염물질의 농도와 작업형태를 고려하여 실질적으로 작업내내 착용가능한 전면형 혹은 반면형 호흡보호구 면체를 선정하여 올바른 정화통과 필터를 장착한 공기 정화식 호흡보호구가 훨씬 더 잘 소방관의 건강을 보호해 줄 수 있다는 것을 알 수 있다.

소방관은 시민의 재산과 생명을 보호하는 숭고하고 자랑스러운 일을 하고 있다. 그러나 이러한 직업적 사명감을 위해 자신의 건강과 생명을 버려서는 안된다. 눈에 보이는 불길과 화염은 위험하다. 잘못하면 순식간에 생명을 앗아갈 수 있다. 이에 대한 보호를 위해 정부와 소방본부에서는 고성능의 방화복과 호흡보호구를 지급하고 있다. 그러나 당장 위험해 보이지 않는 잔화정리와 화재 조사단계도 장기적으로는 소방관의 건강과 행복 그리고 생명까지 뺏을 수 있다. 병이 발생한 후 직업병으로 인정받는 것은 중요하다. 그러나 직업병의 인정과 엄청난 보상도 개인의 생명과 바꿀 수는 없다. 더 이상은 독성물질과 발암물질에 노출되고 있는 소방관에게 일반 면 마스크나 부적절한 호흡보호구를 나누어 주지 말았으면 한다. 위에서 살펴보았듯이 최소한 복합가스용 정화통과 오일 프리 프루프 타입의 분진용 필터를 갖춘 호흡보호구가 필요하다.

뇌암으로 사망한 캐나다 소방관의 미망인이 남편의 죽음이 직업으로 인한 것임을 인정받고 보상이 결정난 후 언론 인터뷰에서 말한 내용이 생각난다. "이러한 보상이 내 남편이 한 일을 보상한다고 생각하나요? 웃기지 마세요. 보상은 훌륭한 보너스임에는 틀림없지만, 이것이 내 남편을 되돌릴 수는 없어요. 돈은 나에게 아무 의미가 없어요. 당신은 어떤 생명을 돈으로 바꿀 수 있다고 생각합니까?" 직업병이나 아니냐는 다음 문제다. 지금은 예방과 보호가 가장 필요한 순간이다.

참고 문헌

- Bolstad · Johnson et al. 2000 Characterization of firefighter Exposures During Fire Overhaul, AIHAJ 61 : 634 · 641
- 김경란, 잔여화재 조사시 소방관의 독성 물질 노출과 복합가스용 전면형 호흡보호구의 필요, 2001, 119 매거진 소방 2000년 2001년 10월호 : 66 · 69
- 김경란, 잔여화재 조사시 소방관의 독성물질 노출에 관한 소고(2), 2001, 방재와 보험, 2001 가을호 : 52 · 57