

## 화재에서 산업위생 전문가의 역할과 대중 · 근로자 보호 방안

함승헌\*

가천대학교 의과대학 길병원 직업환경의학과

### Perspectives of Industrial Hygienists on Fire Incidents: Protecting the Public and Responders from Multidimensional Hazards

Seunghon Ham\*

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Gil Medical Center,  
College of Medicine, Gachon University*

#### ABSTRACT

Fire incidents can result in widespread health and safety hazards for both the general public and occupational groups such as firefighters, fire investigators, cleanup workers, and insurance adjusters. Based on major fire incidents—including the Gangneung wildfire of 2023, the Logistics Warehouse fire of 2021, and the recent Los Angeles wildfires—this paper describes the critical role of industrial hygienists in mitigating chemical, physical, biological, ergonomic, and psychosocial hazards. Chemical hazards range from toxic gases and volatile organic compounds (VOCs) to heavy metals and asbestos. They can expose individuals to acute respiratory problems and chronic diseases. Physical hazards such as extreme heat, reduced visibility, and structural collapse pose the risk of injury and death. Biological hazards, such as mold and bacterial contamination, can occur in the aftermath of a fire, while ergonomic hazards can result from prolonged use of personal protective equipment and physically demanding tasks. In addition, social and psychological issues – including stress, anxiety, and post-traumatic stress disorder (PTSD) – can affect both responders and affected communities. Industrial hygienists play a key role in all phases of a fire, assessing on-site exposures, recommending appropriate personal protective equipment, monitoring indoor and outdoor air quality, and orchestrating decontamination and long-term health surveillance. Through a multifaceted approach that integrates risk assessment, environmental monitoring, and psychosocial support, industrial hygienists help minimize the immediate hazards and promote community resilience. This paper concludes by emphasizing the importance of increased preparedness, interagency collaboration, and ongoing research to better protect both workers and the public from the profound effects of fire incidents.


**Key words:** fire response, hazardous substance exposure assessment, personal protective equipment (PPE), return after fire

#### I. 서 론

화재 발생 시에는 화염과 연기로 인한 직접 피해 뿐 아니라 유독가스, 미세먼지, 중금속, 신체적 피로 및 정신적 스트레스와 같은 다양한 위험요인이 발생하여, 인

근 주민 및 다양한 형태의 일을 하는 사람들의 건강을 위협한다. 산업위생 전문가는 화재 상황에서 인근 주민, 복귀 주민 등 일반 대중을 유해요인으로부터 보호하는 역할을 수행해야 한다. 또한 소방관, 화재조사관, 의용소방대원, 산불재난특수진화대원, 보험 손해사정인, 군

\*Corresponding author: Seunghon Ham, Tel: 032-458-2634, E-mail: shham@gachon.ac.kr  
Department of Occupational and Environmental Medicine, Gachon University Gil Medical Center, 21, Nadongdaero774-gil, Namdong-gu, Incheon, 21565, Republic of Korea  
Received: February 11, 2025, Revised: March 12, 2025, Accepted: March 27, 2025

 Seunghon Ham <https://orcid.org/0000-0002-5167-9661>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인, 자원봉사자 등 관련 근로자들의 건강 보호에도 핵심적인 역할을 수행해야 한다. 산업위생 전문가는 화재 현장에서 발생할 수 있는 화학적·물리적·생물학적·인간공학적·사회심리적 유해 요인을 살펴보고, 이에 대응하는 일반 대중 및 근로자 보호 대책이 필요하다는 것을 인식해야 한다. 이러한 화재로 인한 환경오염(대기·토양·수질 오염, 가축·농작물 오염)과 건강 영향의 우려가 증가함에 따라(Deary & Griffiths, 2024), 이를 효과적으로 관리하기 위한 포괄적인 위험 관리 및 사고 대응 접근 방식이 필요하다.

화재가 장기간 지속되면 노출 기간이 길어질 수 있으므로, 효과적인 사고 관리와 수습을 위한 여러 기관의 운영 대응이 필요하다(Stewart-Evans et al., 2016). 이러한 화재로 인해 발생하는 입자상 물질(PM)의 농도가 기준값을 크게 초과할 수 있으며, 특히 취약한 집단의 건강에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 관련 근로자의 개인노출평가와 환경 모니터링이 필요하다(Griffiths et al., 2018).

국내외 주요 화재 사례(예: 미국 캘리포니아 산불, 울산 주상복합 아파트 화재 등)를 통해 화재로 인한 산업위생학적 문제를 검토하고, 화재 발생 전부터 진행 중, 진화 후 복구 단계에 이르기까지 산업위생 전문가가 수행해야 할 역할과 전략에 대하여 조사를 하였다. 이를 통해 화재 재해 대응에서 산업위생 전문가의 중요성을 강조하고 향후 대응책 강화를 위한 제언을 하고자 한다.

## II. 국내외 주요 화재 사례 및 의미

### 사업장 내 화재

2024년 5월 경기도 화성시의 공장에서 대규모 화재가 발생하여 근로자 2명이 사망하고 20여 명이 부상을 입는 사고가 발생했다. 해당 공장은 리튬이온 배터리 소재와 각종 첨가제를 제조·보관하는 시설로, 화재 당시 폭발이 동반되며 부근 지역에 다량의 흰색 독성 연기가 확산되었다. 화재 초기 단계에서 급격한 고열과 소음이 발생하여 사고 현장 접근이 제한적이었다. 해당 제조시설은 음극재로 리튬을 사용하고 전해질로 염화티오닐(산업안전보건법 상 공정안전관리 대상물질, 화학물질관리법 상 유독물질 및 사고대비물질로 지정)을 활용한 배터리를 생산하고 있어 화재 진행과정에서 리튬금속이 주변 대기 중으로 방출되었을 것으로 추정된다.

강력한 산화 특성을 지닌 염화티오닐은 다양한 물질과 용이하게 발열반응을 일으켜 열과 연기를 생성하며 대기 중 수분과 접촉 시 가수분해 반응을 통해 황산을 형성하는 특성이 있다. 이러한 화학물질로 인하여 근로자와 인근 주민들의 건강 위험이 부각되었다. 또한 소화 과정에서 배출된 폐수가 인근 하천으로 유출돼 2차 환경오염 우려가 제기되었다. 복구 단계에서도 건물 내부와 주변 토양에서 배터리에 사용되는 화학물질 등이 발견됨에 따라, 산업위생 전문가와 환경당국이 장기적인 오염도 모니터링과 근로자·주민 건강조사를 실시하고 있다. 이 사례는 첨단 소재 공장 화재에서 발생할 수 있는 화학적·물리적 위험의 복합성을 잘 보여주며, 사전 안전관리와 화재 이후 산업위생 전문가가 개입하여 정확하게 평가 및 관리하는 것에 대한 필요성을 확인하게 된 사례이다.

### 물류창고 화재

2021년 6월 경기도의 한 대형 물류센터에서 발생한 화재는 수일간 이어진 진화 작업과정에서 현장에 투입된 소방관 한 명이 순직하고, 다른 소방관들도 연기 흡입으로 병원 치료를 받았다. 물류센터 내부에는 플라스틱, 전자제품, 화학제품 등 다양한 물품이 적재되어 있어 연소 시 생성되는 유해물질이 많았던 것으로 추정된다. 더욱이 복구 단계에서 잔해물을 정리하는 작업자들은 분진과 그을음, 중금속 등에 지속적으로 노출될 가능성이 있었다. 그러나 당시 해당 물류센터 화재에 대한 산업보건학적·환경보건학적 조사가 체계적으로 이루어지지 못해, 잔여 오염물질의 범위와 건강영향 파악이 어려웠다는 문제가 지적된다. 이 사례에서 실내 대형시설 화재에서 발생하는 “복합 유해요인”과, 체계적인 사후 조사의 중요성을 확인 할 수 있었다.

### 강릉 산불

2023년 4월 강원도 강릉시 일대에서 발생한 대규모 산불은 강풍을 타고 급속히 확산되면서 소방관과 주민들을 위협했다. 약 8시간 만에 진화되었으나, 단기간 높은 농도의 산불 연기가 강릉 시내를 뒤덮어서 주민들의 노출이 우려되었다. 또한 일정 지역에서 한 번에 다량의 산림 및 구조물이 소실되면, 잔해가 알칼리성 재(ash) 형태로 남아 토양 및 수계를 오염시킬 우려가 있다. 산불 진압 후 주민들이 복귀했을 때 실내외 오염에 대한 평가와, 이를 바탕으로 한 화재 후 주민 복귀 안전

보건 가이드라인 마련이 필수적임을 보여준 사례다.

### 미국 LA 산불

2025년 1월 미국 캘리포니아주 로스앤젤레스 인근에서는 산불이 발생하여 주택·차량·도시 인프라가 대규모로 소실되었다. 산불 연기가 대도시까지 확산되면서 대기오염이 발생했고, 천식이나 만성 폐질환을 가진 주민들은 응급실을 급히 찾는 경우가 급증했다(Kajita, 2025). 산불은 도시 인근에서 대규모 산불이 발생할 경우 건물과 차량 등에 함유된 각종 합성물질이 함께 연소되어, 휘발성유기화합물(VOCs), 중금속, 다환방향족탄화수소(PAHs) 등 독성물질이 더욱 다양하게 방출된다(NAS, 2022). 아울러 취약계층(영유아, 노인, 기저질환자)에 대한 집중 보호와, 대기질 경보, 주민 대피, 마스크 착용 권고 등 보건학적 대응의 중요성이 대두된 사례다.

### 화재 단계별 산업위생 전문가의 역할

산업위생 전문가는 화재의 예방, 대응, 복구 단계에서 중요한 역할을 수행하며, 각 단계별로 체계적인 접근이 요구된다. 화재 발생 전(예방·준비 단계)에는 화학물질 등의 위험물 조사 및 관리가 필요하다. 사업장이나 지역사회 내 존재하는 가연성·폭발성 물질, 유해화학물질에 대한 목록을 사전에 파악하고 관리체계를 구축해야 한다. 예를 들어 물류센터나 공장에 쌓여 있는 화학제품, 배터리, 고분자 물질 등을 체계적으로 관리해야 한다. 또한 비상 대응계획 수립이 필요하다. 화재 발생 시 대피 동선과 경보체계를 명확히 하고, 필요한 소방장비와 개인보호구를 미리 준비하고 교육을 실시한다. 산업위생 전문가는 화학적 노출 위험성까지 고려한 비상시 행동 지침을 작성·교육함으로써 효율적인 대응이 가능하도록 지원해야 한다. 마지막으로 교육 및 훈련이 필요하다. 화재 연기에 포함된 유해물질, 고열 스트레스, 개인보호구 착용법 등을 근로자와 지역 주민들에게 지속적으로 교육을 한다. 이를 통해 실제 사고 시 신속하고 안전한 대피와 초기 대응이 가능해진다.

화재 발생 중(긴급 대응 단계)에는 위험성 평가 및 노출 모니터링을 실시한다. 화재가 진행되는 동안 실시간 측정 장비로 현장 내 일산화탄소(CO), 시안화수소(HCN) 등 화학물질 농도와 미세먼지 농도를 수시로 확인한다(Lee et al., 2020). 불에 타고 있는 물질 특성을 사전에 파악해 예상 독성가스를 추정하고, 소방본부와

함께 협업을 해야 한다. 적절한 개인보호구 착용 지도를 한다. 소방관과 현장 근로자들에게 적합한 호흡보호구(SCBA 또는 산소농도가 확보된 경우에는 방진, 방독 마스크 등)를 착용하도록 지시하고(Kim & Ham, 2023), 고열 스트레스와 피로도를 관리해야 한다. 고온 환경에서 교대 근무와 수분 보충이 충분히 이루어지도록 점검하는 것도 산업위생 전문가의 역할이다. 주민 대피 및 위해소통의 경우, 연기가 인접 지역으로 확산되면, 대기질에 대한 정보를 토대로 주민에게 신속히 대피 또는 실내 대피 권고를 결정할 수 있도록 이해관계자들에게 전달을 해야 한다. 구체적인 독성물질 정보를 공개하고, 관리방안을 안내함으로써 노출을 감소시키는 것이 필요하다.

화재 진압 후(복구 단계)에는 현장 환경 평가를 통해 화재로 훼손된 건물 잔해, 토양, 공기 시료를 채취·분석하여 석면, 중금속, VOCs, PAHs 등 잔류 오염물질을 확인해야 한다. 이를 통해 복구에 참여하는 근로자들이 노출을 최소화할 수 있는 작업환경을 만들어야 한다. 그 후에는 실내 공기질 측정과 평가를 해야 한다. 화재진압이 완료된 후 건물 내부 그을음, 연소물 등에 유해물질의 잔류 여부를 파악하고, 환기, 전문가에 의한 청소 등을 통해 실내공기질을 개선한 후에 진입가능 여부를 결정해야 한다. 이때 산업위생 전문가의 역할이 중요하다. 잔해 정리 과정에서 유해물질(화학물질, 곰팡이 등)이 비산되며 노출될 수 있으므로 적절한 개인보호구(방진·방독겸용 마스크, 적절한 장갑과 보호복, 고글 등) 착용을 지도하고, 작업 교대·휴식 계획을 수립한다. 또한 중금속이나 석면으로 오염된 폐기물은 지정된 처리 절차에 따라 안전하게 폐기한다. 마지막으로 장기적인 근로자들의 건강 모니터링이 필요하다. 화재 대응·복구에 참여한 소방관, 의용소방대원, 산불재난 특수진화대원, 군인, 자원봉사자, 지역 근로자 및 주민들을 대상으로 호흡기 질환, 피부질환, 암 발생, 정신적 스트레스 등 장기적인 건강영향을 추적한다. 필요 시 특수건강진단기관 및 지자체(각 지역 환경보건센터 등)와 협조해 근로자 및 지역주민에 대한 역학조사 및 정기 검진을 시행한다. 마지막으로 인간공학적 유해인자에 노출될 수 있다. 복구과정에서 무거운 잔해를 고르지 않은 바닥에서 들거나 옮기는 일을 할 때 무거운 장비, 보호구 착용, 반복적 고강도 작업에 따른 근골격계부담작업이 이루어져서 피로축적으로 인한 사고 위험이 있을 수 있다. 지역 주민들의 경우에는 실내 공기질

을 확인한 후 안전하다고 판단이 되면 자택에 복귀 할 수 있도록 하고 공기청정기의 보급, 건강 모니터링 대상 선정 후 지속적 모니터링을 하는 것을 권고한다.

## II. 결 론

화재는 예측하기 어려운 재난이지만, 산업위생 전문가의 체계적 대비와 적극적 개입을 통해 피해를 상당 부분 줄이고, 화재 이후 지역사회가 건강하고 안전하게 일상으로 돌아갈 수 있도록 기여할 수 있다. 국내외 사례를 살펴본 결과 화재 시 복합적인 유해 요인이 동시에 발생하며, 특히 사업장에서 발생한 화재의 경우 단기·장기적으로 주민과 근로자의 건강을 위협할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

산업위생 전문가의 주요 역할을 정리하자면, 첫째, 사전 예방단계에서 화학물질 관리와 비상 대응체계 마련, 근로자·주민 교육을 강화해야 한다. 둘째, 화재 진행 중에는 위험성 평가와 보호구 착용, 인근 근로 및 주민 대피 지원을 체계적으로 이행하고, 위해소통을 투명하게 수행해야 한다. 셋째, 진압 후에는 오염도 조사, 사업장 및 건물의 정확한 실내공기질 평가와 개선, 복구작업 근로자 보호, 노출된 사람들에 대한 호흡기계, 피부 질환, 정신건강 등 단기적 및 장기적 건강 모니터링을 종합적으로 추진해야 한다. 마지막으로, 화재 대응 관련 매뉴얼과 법적·제도적 장치를 보완하고, 산업위생·환경·보건·소방 등 업무 이해관계자간 협조를 강화해야 한다.

이러한 통합적 접근을 통해 산업위생 전문가는 그동안 심도있게 다루지 못했던 화재 재해로 인한 추가 피해를 관리하고, 사업장 및 지역사회가 안정적으로 회복하는 데 핵심적인 역할을 수행하는 것이 필요하다. 앞으로 산업위생 분야에서도 화재 안전 분야에 대한 연구를 지속해, 대형 산불, 건물화재 등 다양한 시나리오에 대비한 과학적·체계적 대응이 필요하다.

## References

- Deary ME, Griffiths SD. The impact of air pollution from industrial fires in urban settings: monitoring, modelling, health, and environmental justice perspectives. *Environments* 2024;11(7):157 <https://doi.org/10.3390/environments11070157>
- Griffiths SD, Chappell P, Entwistle JA, Kelly FJ, Deary ME. A study of particulate emissions during 23 major industrial fires: implications for human health. *Environ Int* 2018;112:310–323 DOI: 10.1016/j.envint.2017.12.01.
- Kajita E. Notes from the field: emergency department use during the Los Angeles county wildfires, January 2025. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2025;74 [Accessed 2025 Mar 31]; Available from: URL: <http://www.cdc.gov/mmwr/volume/74/wr/mm7403a2.htm>
- Kim SJ, Ham S. Evaluation of air quality inside self-contained breathing apparatus used by firefighters. *Fire* 2023;6(9):347 <https://doi.org/10.3390/fire6090347>
- Lee Y, Kim J, Kim U, Choi WJ, Lee W et al. Characteristics of hazardous substances generated from combustible compressed wood used during live fire training for firefighters. *J Environ Health Sci* 2020; 46(5): 555–564 <https://doi.org/10.5668/JEHS.2020.46.5.555>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NAS). Human exposures, health impacts, and mitigation. In: *The chemistry of fires at the wildland-urban interface*. Washington, DC: National Academies Press; 2022. p. 47–78 <https://doi.org/10.17226/26460>
- Stewart-Evans J, Kibble A, Mitchem L. An evidence-based approach to protect public health during prolonged fires. *Int J Emerg Manag* 2016;12(1):1–21 <https://doi.org/10.1504/IJEM.2016.074881>

## <저자정보>

함승현(교수)