

수해 지역에서의 독성 진균류에 대한 노출 문제와 호흡기 보호

한국 쓰리엠 기술연구소 정희명

최근 몇 년간을 살펴보면, 우리나라의 경우에도 태풍으로 수해를 입고 삶의 터전을 잃어 인간으로서의 기본 생활마저 힘든 수재민들이 많이 발생하고 있다. 이 글에서는 그러한 수해지역에서 보수/복구 작업 등을 실시할 때 우리가 미처 의식하지 못한 상태로 노출될 수 있는 독성 진균류에 대한 노출 문제와 호흡기 보호라는 주제를 같이 고민해 보고자 한다.

요약

우리나라의 경우 해마다 발생하는 태풍, 홍수, 장기간의 장마철 고습조건에 의해 수해를 입은 건물과 그 자재들은 진균류가 성장하기에 좋은 환경이다. 이러한 곰팡이, 사상균들 중 어떤 것들은 포자(홀씨) 발생이나 건물 보수/수해복구 작업 등의 과정을 통해 공기 중으로 방출되면 인간/동물에게 건강상의 유해한 효과를 초래할 수 있다. 이런 문제는 특히 건설 장비 작업자나 수해복구 주민, 동원된 군병력, 자원봉사자 등에게 심각하고 중요한 의미를 지닐 수 있다. 현재 이러한 진균류에 대해 설정된 허용기준은 없는 상태이다. 그렇지만, 적절한 호흡기 보호 프로그램은 이런 진균류에 대한 노출을 매우 감소시킬 수 있다.

배경

‘진균류’라는 단어에는 효모(누룩), 곰팡이, 버섯 등의 생명체들이 포함된다. 진균류는 단일 세포로만 존재하기도 하고 쉽게 확장을 해나가는 실(끈)의 형태로 존재하기도 한다. 진균류는 통상적으로 포자를 통해 번식하는데 포자들은 한 개 또는 그 이상의 많은 세포들로 구성되어 있으며 크기분포는 대략 2 마이크로 미터에서 100 마이크로 미터 이상까지 다양하게 있는데 이는 공기 중 확산에 적당한 크기이다. 이들의 성장/번식을 촉진하는 환경조건으로는 높은 상대습도, 수분, 고여있는 물, 열, 그리고 나무나 종이 같은 진균류의 영양분이다. 이들 진균류는 2차 대사산물로 독소를 발생시키기도 하며 진균류 특유의 냄새의 원인이 되는 휘발성 유기화합물(VOC)도 발생시킨다. 독소들은 주로 포자 내에 포함되어 있으나 일부는 휘발되어 증기로 존재한다는 것이 관찰되었다.

수해를 입은 건물에서 발견된 대표적인 네 가지 곰팡이류는 *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Stachybotrys* 으로 흔히 쓰이는 우리말로는 누룩곰팡이, 푸른 곰팡이 등이 이에 해당된다. 이들은 독소를 함유하고 있는 포자를 만들어내는데 음식을 통한 섭취, 공기의 흡입, 피부 접촉을 통해 인체를 침투하여 알러지, 메스꺼움, 천식, 콧물, 기침, 목 따가움, 표면 감염 등의 건강상 유해효과를 유발한다. 또한 휘발성 유기화합물(VOC)을 흡입하는 경우에는 두통, 현기증, 눈/점막 자극의 증상을 유발한다.

전염 및 전달 방식

곰팡이류의 포자들은 원래 자연적으로 공기 중으로 방출되기도 하며 수해복구/보수 작업 등을 통해 그들의 성장 지역이 인간에 의해 ‘교란’되는 경우 더욱 쉽게 공기 중으로 에어로졸화될 수 있다. 하지만 건강상의 유해 효과는 사람이 직접 이들에 노출되는 경우에만 발생하며 사람과 사람사이의 전염은 보고된 바 없다.

진균류로 오염된 장소의 보수/복구

현재 진균류의 오염을 예방할 수 있는 가장 좋은 방법은 그들의 성장을 촉진시키는 환경 조건들을 미연에 방지하는 것이다. 수해를 입은 건물 자재를 즉시 청소하는 일, 누수부위의 수리, 적당한 수준의 상대습도(50%)를 유지하는 것, 공조시스템 내에 먼지 등의 오염물질이 축적되지 않도록

하는 것이 매우 중요한 예방 방법이다. 만일 청소작업이 필요하다면, 곰팡이류로 오염된 장소를 청소하는 경우 가정용 표백제가 권장되어 왔다.

개인 보호구

현재 곰팡이류로 오염된 건물을 보수 / 복구할 때 필요한 개인보호구에 대해서 미국의 질병통제 / 예방 센터(Centers for Disease Control and Prevention)나 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration)의 권고사항은 없는 상태이다. 대신 1996 년의 출판물에서 미국 산업안전보건연구원(NIOSH)은 이 문제에 대해 다음과 같은 결론을 내린 바 있다.

“미생물로 오염된 건물 자재를 보수 / 복수하는 작업은 반드시 그 지역 내에 상주인원이 없는 상태에서 진행되어야 한다. 포자들이 건물의 다른 지역으로 확산되는 것을 예방할 수 있는 조건 하에서만 미생물로 오염된 건물 자재의 수선, 보수, 건축 작업이 진행되어야 한다. 이 연구 결과에서 볼 수 있듯이, 흡입이나 피부 접촉을 통해 독성 진균류에 노출될 가능성이 있다. 보수 / 복구 인원은 반드시 NIOSH 의 검정을 획득한 전면형 호흡보호구에 HEPA 필터를 결합해 착용하거나 전동식 호흡보호구를 착용해야만 하며, 일회용 작업복(= 상하의가 일체형으로 붙은 것), 보호장갑을 동시에 착용해야 한다.”

미국 뉴욕시의 보건과(New York City Department of Health, NYCDH)도 실내 환경에서 곰팡이류와 관련된 유지 / 보수 작업을 할 때의 제안사항을 권고한 바 있다. 아래 표에 네 가지 수준의 보수 작업과 권장되는 개인보호구가 정리되어 있다. 어떤 종류의 보수작업이라도 진행하기 전에 먼저 실력있는 전문가에 의해 유지보수 작업 근로자에 대한 안전보건 교육이 진행될 것을 권고하고 있다. 그리고 천식, 과민성 폐렴, 심한 알러지, 면역기능 저하, 기타 만성적 염증성 폐질환 등의 증상이 있는 사람들은 유지 보수 작업을 해서는 안 된다.

표 1. NYCDH 에서 분류한 실내 환경 보수 작업 수준과 권장 개인보호구

수준	수준 설명	권장 개인보호구
1	면적이 2 ft ² 미만인 작고 고립된 지역	보호장갑, 반면형 호흡보호구(공기정화 방진필터나 방독정화통에 대한 사양은 명시하지 않음)
2	면적이 2 ft ² 에서 30 ft ² 사이인 더 크고 고립된 지역	위와 동일
3	30 ft ² 이상으로 큰 지역	고효율 HEPA 필터를 결합한 전면형 호흡보호구 또는 전동식 호흡보호구, 일회용 보호의, 헤드기어, 신발 덮개, 장갑
4	공조 시스템	위와 동일

위의 표에서 수준 1, 2 는 공기정화용 필터나 정화통에 대한 구체적인 사양을 명시하지 않았다. 만약 포자 크기가 알려져 있지 않거나 2 마이크론 미만인 경우, HEPA(High-Efficiency Particulate Air, 우리나라의 경우 특급 필터에 해당됨) 방진필터가 결합되어야 이 크기의 입자들을 효과적으로 차단할 수 있다. 그렇지 않은 경우에는 1 급 필터도 무방하다.

곰팡이류에 의해 발생하는 VOC 나 휘발성 독소들은 알코올류, 알데히드류, 케톤류, 방향족, 아민류, 염소계 탄화수소류, 황 화합물 등이다. 하지만 이들의 농도 수준은 일반 산업장에서의 작업환경 농도에 비해 매우 낮을 것으로 판단된다. 따라서 허용기준 미만의 농도 수준이라고 가정한다면 유기증기를 흡착할 수 있는 활성탄을 내부에 함유하고 있는 방진필터가 적절할 것이다. 살균소독제와 관련된 가스나 증기(예: 염소)가 있는 경우에는 방진필터와 더불어 산성가스용(아황산가스용) 정화통을 사용하는 것이 필요하다.

위의 표에 근거하여 한국 쓰리엠이 권장하는 호흡보호구의 사양을 보면 다음 표와 같다.

표 2. 한국 쓰리엠의 권장 호흡보호구

수준	3M 권장 호흡보호구 면체		결합 가능한 필터 / 정화통
1, 2	안면부 여과식	8577, 8576, 8214, 8514, 9913V	별도의 필터 / 정화통 불필요
	직결식	6200, 6200DD, 7502 반면형 면체 중 택 1	2097K (특급 필터), 2078K (1 급 필터) 중 택 1
3, 4	직결식	6800, FF402 전면형 면체 중 택 1,	2097K 특급 필터
	전동식	Jupiter 시스템 또는 TR srs 시스템	복합가스용 방독/방진 필터

이 때 미국 NIOSH 나 우리나라 산업안전보건공단의 검정/인증을 획득한 호흡보호구를 사용하기 위해서는 OSHA 29CFR 1910.134 에 언급되어 있는 호흡기 보호 프로그램이 동시에 수행될 필요가 있다. 미국의 호흡기 보호에 관한 표준규격인 ANSI Z88.2-1992 또한 호흡기 보호 프로그램의 수립과 시행에 관한 정보를 제공한다. 이러한 호흡기 보호 프로그램의 중요한 요소들에는 문서화된 표준 운영절차, 보호구 사용자에게 대한 교육 / 훈련, 호흡보호구 유지보수 절차, 적절한 밀착 등이 있다. 또한 안면 밀착형 면체(tight-fitting facepieces)로 이루어진 호흡보호구의 경우(양압식 보호구 포함), 안면 밀착을 방해하는 수염 / 구렛나루 등이 있을 때에는 밀착이 안 되어 적절한 보호도를 제공할 수 없다고 판단된다.

이상과 같이 수해 지역에서의 독성 진균류에 대한 노출 문제와 호흡기 보호라는 주제로 간략하게 검토를 해보았다. 물론 이 주제에 대해 우리나라의 많은 자료나 공식적인 정부의 지침은 없는 상태이어서 많은 부분을 미국의 관련자료를 인용하였지만 일맥상통하는 바가 있다고 판단된다. 이미 태풍과 수마로 인해 많은 국민들이 되돌리기 어려운 깊은 상처를 입었지만 혹시나 수해 복구 / 보수 작업을 하는 동안 일어날 수 있는 진균류로 인한 추가적인 건강상의 악영향을 예방하는데 이 글이 일조하기를 바라며 글을 맺는다.