

Hygiene at fires

이 글은 구획실 화재진압 시리즈 중 25 번째 글입니다. 2010 년 첫 글의 제목은 "구획실 화재진압 지식의 진화"였습니다. 우리들(소방관들)에게 인상적인 제목의 글이었다고 생각합니다. 지난 5 년 동안 우리는 많은 양의 지식을 습득하였습니다. 벨기에에서는 소방관 훈련 프로그램이 느리지만 꾸준한 속도로 발전해 왔습니다. 더불어 해외에서는 화재와 관련된 수많은 연구가 행해지고 있었습니다. 잘 알려진 예는 UL 이 수행한 연구인데, UL 은 화재 행동과 화재 진압 방법을 연구하는데 매년 백만 달러 이상을 투자하고 있습니다.

지난 몇 년 동안 연구된 한 가지 특별한 주제는 화재 진압 활동 중 그리고 진압 활동 후의 위생입니다. 화재가 발암물질을 광범위하게 발생시킨다는 것은 분명한 사실 입니다. 80 년대에 우리들은 소방관들의 폐와 기도를 더 잘 보호하기 위해 큰 발걸음을 내디뎠습니다. 호흡장비(BA: Breathing Apparatus) 사용을 표준 운영 절차로 삼으면서 소방관들의 건강을 보호하는데 큰 개선이 되었습니다. 최근에는 더러운 장비와 방화복의 위험성에 더 많은 관심이 쏠리고 있습니다. 소방관들의 신체 내부로 위험물질들이 들어가지 않도록 하는 조치들이 마련되고 있습니다.

위험 물질은 세 가지 다른 방법으로 신체 내부로 흡수될 수 있습니다.

- 흡입(호흡기)
- 피부를 통한 흡수
- 섭취(식도)

구획실 화재진압 현장에서 우리는 호흡기를 통한 해로운 물질 흡입에 대한 적절한 보호 조치를 하고 있습니다. 그러나 다른 흡수 메커니즘으로부터는 잘 보호되지 않습니다.

1 What does fire produce?

화재로 인해 발생하는 물질들을 살펴보아야 합니다. 연기는 여러 가지 물질들로 이루어져 있습니다. 화재는 다양한 기체, 액체 및 고체 입자를 생성합니다.

1.1 Gases

실험실 환경에서 이상적인 연소는 수증기와 CO₂ 라는 두 가지 기체만 만들어집니다. 수증기는 무해한 기체입니다. CO₂ 는 우리가 숨쉬며 내뿜는 공기 중에 있는 것과 같은 기체입니다. 그러나 고농도의 CO₂ 기체는 여전히 건강상의 문제를 일으킬 수 있습니다. 화재는 산소를 소비하고 CO₂ 를 발생시킵니다. 이것은 사람들이 이용할 수 있는 산소가 점점 더 적어진다는 것을 의미합니다.

실제 화재현장에서의 연소 과정은 이상적인 연소와는 거리가 멉니다. 그러므로 많은 종류의 다른 가스들이 만들어지고 있습니다. 다른 종류의 가스보다 더 위험한 것으로 가장 잘 알려진 가스는 CO 와 HCN 입니다.

우리가 공기호흡기를 착용하고 있을 때, 이러한 가스로부터 우리의 호흡기를 보호하고 있습니다. 하지만, 화재 진압활동 중에 이 가스들은 우리의 개인보호장비를 관통하여 피부에 스며듭니다. 이 경우 현장활동 이후에 해당 개인보호장비에서 이러한 가스들의 배출이 시작됩니다. 이 가스들이 배출될 때, 우리는 이 위험한 가스들을 흡입할 것입니다.

1.2 Liquid particles

복잡한 혼합 가스 이외에도, 화재는 또한 액체 미립자를 만들어냅니다. 가스와 비슷하게, 물방울이 만들어질 것입니다. 또한 열분해 물질과 연소 생성물도 생산될 것입니다.

이 물방울과 미립자들은 화재 진압에 사용되는 물과 섞일 것입니다. 만약 화재 진압 중에 물웅덩이가 생긴다면, 그 웅덩이는 물과 위험한 입자로 구성될 것입니다. 그래서 이 액체 혼합물이 개인보호장비와 장비에 닿으면 위험한 물질들이 장비에 흡수될 것입니다. 소방관들은 종종 매우 지지분한 상태의 방화복을 입은채로 건물 밖으로 나옵니다. 방화복에 스며든 가스 외에도, 개인보호장비에는 침투된 많은 양의 액체가 있을 것입니다.

때때로 그 액체는 심지어 개인보호장비를 통과하여 피부에까지 도달합니다. 그리고 피부는 액체 입자의 흡수를 억제하거나 막아주는 장벽 역할을 하는 곳입니다.

1.3 Solid particles

화재는 매우 많은 양의 그을음을 발생시킵니다. 그을음은 가연물에서 발생하는 여러 가지 화학적 구성을 가진 물질로 이루어집니다. 그것은 발암성이 높은 물질입니다. 이 고체 입자는 크기가 매우 작아 우리 주위의 공기중에 부유(float)하게 됩니다. 이 입자들은 소방관의 장비에도 부착(attach)될 것입니다. 화재 진압활동 후 (특히 잔화정리) 후에는 소방관의 개인보호장비가 그을음을 포함한 먼지 층으로 덮여 있을 것입니다.



Figure 1 The helmet and vest clearly show a large number of solid particles. (Photo: Pieter Maes)

화재 진압 이후, 이 먼지 입자들은 바람이나 기류에 의해 다시 공기 중으로 부유할 것입니다. 이 미립자들은 우리의 기도와 폐를 위협하게 됩니다. 여기에다 먼지 입자 역시 물탱크차나 펌프차 등, 소방대원들이 탑승하는 환경에 그대로 남게 됩니다. 대부분의 소방관들은 더러운 개인보호장비를 착용하고 소방차량에 올라타게 됩니다. 진압대원들이 승차하는 칸(crew's compartment)은 그 후 가벼운 발암물질들의 입자로 채워집니다. 이 입자들은 다시 공기중으로 순환되어 공중에 떠다닐 것입니다.

2 How are we to protect ourselves against this?

소방관의 발암물질 섭취에 대한 연구는 여러 나라(호주, 미국, 캐나다 등)에서 이루어졌습니다. 이 연구에서 구획실 화재진압 활동에 투입된 소방대원의 혈액과 소변 샘플을 모두 채취하였고 몇 가지 가능한 해결책을 테스트하고 평가하였습니다.

2.1 Which solutions do *not* work?

2000년대 초 스웨덴에서 주창했던 한 가지 특별한 해결책은 송풍기를 이용하는 것이었습니다. 이 방법은 공기의 바람을 통해 모든 먼지 입자와 가스를 날려버리려는 것이었습니다.

그러나 10년 후, 이 방법은 소방관들의 소변에서 발암물질의 증가를 일으키는 것으로 밝혀졌습니다. 이 방법을 사용한 소방관들은 대조군 소방관들보다 최대 6배 높은 값의 발암물질이 측정되었습니다. 바람은 입자들이 더 쉽게 개인보호장비를 통과할 수 있게 해주었습니다. 그렇게 해서 소방관들의 몸에 도달한 발암물질은 피부를 통하여 내부로 흡수되었습니다.

2.2 Fire academies

소방학교에서는 실화재 교육 훈련중에 소방관들의 개인보호활동 개선에 주도적인 역할을 해 오고 있습니다. 소방학교에서는 구조적인 차원에서 교육생들에 대한 보호 조치를 시행할 수 있습니다.

2.2.1 Zones

여기서는 유해 물질에 노출되는 사고 현장에서 오염을 방지하기 위한 구역을 구별하는 방법을 사용합니다. 소방학교에서는 핫존(hot zone), 웜존(warm zone), 콜드존(cold zone)을 사용합니다. 핫존은 화재가 발생하고 있는 건물이나 격실입니다. 핫존에 있는 모든 사람들은 개인보호장비를 착용하고 공기호흡기를 착용해야 합니다. 콜드존(cold zone)은 교육생들이 회복하고 있는 구역이자 브리핑이 열리는 곳입니다. 더러운 장비를 착용한 상태에서는 아무도 이 구역(콜드존)에 들어갈 수 없습니다.

이 두 지역 사이에는 웜존이 있습니다. 이곳에서 공기호흡기와 개인보호장비를 모두 착용하거나 벗겨집니다. 여러 차례 실화재 훈련을 해야 할 경우 보호장구를 착용하는 곳이기도 합니다.

2.2.2 PPE's

소방관들이 공기호흡기를 벗자마자, 그들의 호흡기는 더 이상 보호받지 못합니다. 특히 그들의 방화복에 묻은 먼지 입자가 큰 위험이 됩니다. 소방관들이 그러한 먼지 입자를 흡입하면, 폐의 매우 깊은 곳까지 먼지 입자가 들어갑니다. 많은 소방학교들은 교육생들에게 더러운 장비를 다루어야 할 때를 위해 방진 마스크를 지급함으로써 그러한 위험을 예방합니다. 공기호흡기를 착용하기 위해 방진 마스크를 벗습니다. 그리고 공기호흡기가 벗겨지는 즉시 방진 마스크를 다시 착용합니다. 이러한 방식으로 먼지 입자에 대한 지속적인 보호가 이루어집니다.

현장활동을 마치고 방화복에서 나오는 위험한 가스의 흡입을 예방하기 위해 가능한 한 빨리 더러운 방화복을 벗어버립니다. 이 방화복을 워존에 벗어두면, 근처에 소방관들이 없는 상태로 모든 가스가 방출됩니다.



Figure 2 Preparations are made for an exercise in the T-cell. Since there's dirty turnout gear being worn, participants are wearing a dust mask and latex gloves. This is particularly recommended because "dirty" nozzles and dividing pieces are used.

그들은 먼저 EMS 장갑을 착용하였습니다. 보통 피부에 침입할 수 있는 대부분의 위험물이 이 장갑에 의해 예방될 수 있습니다. 이것은 피부를 통한 흡수를 예방하는 중요한 보호조치가 됩니다.

소방관들이 더러운 장비와 공기호흡기를 다루어야 할 때, 그들의 손은 더러워집니다. 먼지와 액체 입자는 보통 피부나 손톱 밑에 달라 붙습니다. 때문에 입자들을 제거하기가 매우 어렵습니다. 그렇기 때문에 소방관들은 샤워할 때 손톱 밑의 더러운 것을 없애기 위해 손톱솔을 사용하기도 합니다.

이러한 문제를 방지하기 위해 소방학교에서는 EMS 장갑을 사용 하기도 합니다. 더러운 장비를 다루어야 하는 순간,

마지막으로 교육생들은 오염환경에 노출 후 1 시간 이내에 샤워를 하는 것이 좋습니다. 샤워는 피부에 달라붙은 입자의 대부분을 씻어냅니다. 그제서야 피부에 달라붙은 오염 물질이 제거 됩니다.

2.3 Fire services

위생 개선을 위해 소방학교에서 실시하는 대책은 당분간 실재 화재진압 현장에서 채택되지 않았습니다. 화재 현장에서는 소방학교에서의 실화재 훈련보다 더 많은 양의 위험 물질이 생성됩니다. 이러한 것의 중요한 예는 석면입니다. 석면은 발암물질로 한때 건물의 건축재료로 자주 사용되었습니다. 석면을 처리하고 제거하는 일에 종사하는 기업들은 직원 보호와 근무환경에 관한 매우 엄격한 규정을 따라야 합니다. 석면 입자가 빠져나와 주변을 오염시키는 것을 막기 위해 건물 전체를 음압(under pressure)하에 두는 경우도 있습니다. 2014 년 12 월 네덜란드의 로어몬드 시(the city of Roermond)는 석면과 관련된 화재 이후 완전히 폐쇄되었던적도 있습니다. 도시가 다시 개방되기 전에, 그 지역 전체의 석면 제거가 필요했습니다. 이 사건은 이 물질이 야기하는 위험의 정도를 정확하게 보여줍니다.

석면이 포함된 건물에 화재가 발생하면 석면 입자가 배출될 수 있습니다. 그런 다음 석면 입자들은 연기에 의해 잡히고 운반됩니다. 다음으로 그 입자들은 진압대원들의 개인보호장비에 달라붙을 것입니다. 브뤼셀의 소방 당국에서는 석면과 관련된 화재에 사용된 모든 공기호흡기를 화재 현장에서 물로 헹굽니다. 이후 공기호흡기 유지보수를 담당하는 기술 담당자가 적절한 PPE 를 장비하고 공기호흡기를 완전히 청소하고 수리합니다.

공기 중에 존재하는 먼지 입자에 대한 정도를 알 수 있는 좋은 방법은 잔화정리 중에 한 줄기 빛을 비추어 보는 것입니다. 눈에 보이는 입자의 수는 어마어마할 것입니다. 하지만 소방관들은 종종 어떠한 형태의 호흡 보호장비도 착용하지 않고 잔화정리 작업을 하기도 합니다.

공기호흡기 또는 방진 마스크를 일관되게 사용하면 건강 안전성이 매우 높아질 수 있습니다. 공기호흡기를 사용하면 가스와 먼지 입자로부터 호흡기를 보호할 수 있습니다. 방진 마스크는 당연히 먼지 입자만 막아줄 뿐입니다. 따라서 충분한 환기를 수행한 후에만 공기호흡기에서 방진 마스크로 전환해야 합니다.

라텍스나 니트릴 장갑의 사용도 소방 현장에도 도입될 수 있습니다. 이것은 손이 지겹 노출되는 것을 방지할 것입니다. (우리는) 더러운 장비와 장구를 맨손으로 다루는 경우가 많습니다. 예를 들어, 화재현장에서 사용한 소방 호스나 소방서에서 더러운 공기호흡기를 다루는 경우입니다. 이러한 행동은 발암물질을 손에 묻히는 것입니다. 라텍스나 니트릴 장갑을 꾸준히 사용하면 이 문제에 대한 해결책이 될 수 있습니다. 만약 이러한 조치가 시행될 수 없다면, 피부를 통한 흡수를 방지하기 위해 작업 후 즉시 손을 씻어야 합니다.

소방서에서도 각종 장구와 소방서를 오염시키지 않기 위해 어떤 종류의 구역을 구분하여 사용할 수 있습니다. 일부 외국 소방서에서는 방화복등을 화재 현장활동 종료 후 봉투에 담아 둡니다. 그런 다음 이 개인보호장비는 산업용 세척 회사로 보내집니다. 그리고 소방관들은 펌프차나 물탱크차에 일상복장(기동복 또는 활동복)을 하고 승차합니다. 소방서에 도착하면 예비 개인보호장비를 꺼내어 차량에 적재합니다. 이런 운영방식이 소방업무에 가장 큰 영향을 미친다는 것은 두말할 나위도 없습니다. 정기적으로 세차하고 예비 개인보호장비를 제공하는 비용은 방진 마스크와 EMS 장갑을 제공하는 비용보다 몇 배 더 높을 것입니다.



Figure 3 In some fire services in the Netherlands, turnout gear is wrapped in bags and brought to a laundry after the fire operation. (Photo: DigiDamco Fotografie)

소방관들을 관리하는 소방 당국은 이에 대한 조치를 취할 필요가 있습니다. 70년대 석면을 사용한 기업들이 그 위험성을 인식한 것처럼 소방 당국도 화재와 관련된 연기와 물질의 위험성을 인식할 필요가 있습니다. 석면을 사용하는 회사들은 그 당시 석면을 사용하는 사람들의 건강 문제를 등한시하였습니다. 이것은 수십 년 후 많은 관련 직원들과 사용자들에 대한 수많은 소송으로 이어졌습니다.

소방도 같은 길을 되따를까요?

3 Bibliography

- [1] Lambert Karel, *Health & hygiene in CFBT, 2014*
- [2] McDonough John & Lambert Karel, *CFBT-instructors course: level 2 – T-cell, 2012*
- [3] Raffel Shan, *Realistic Training – Why bother? IFIW 2013, Kroatië*

- [4] *McDonough John, Raffel Shan & McBride Peter, 3D firefighting course, 2009, Duitsland*
- [5] *Smith Denise, Cardiac events in the fire service, FDIC 2011, VS*

Karel Lambert