

플라스틱 화재시의 가스 독성에 대한 세미나 개최

화재시 발생하는 가스의 독성(Toxicity)은 매우 복잡한 문제이기 때문에 “플라스틱이 연소할 때에 발생되는 연기의 유독성은 무엇인가?”라는 간단한 질문에 대해 해답은 그렇게 간단하지 않다. 이에 대해 어느정도 완벽한 해답을 위해서는 환경조건 및 화재성장과 같은 요인들에 대한 복합적 위험분석을 해야 한다.

최근 영국의 RAPRA기술연구소 주관으로 개최된 한 세미나에서는 연기 독성을 평가할 수 있는 소규모 시험방법과 이 결과가 실제로 얼마나 정확한지에 대해서 토론하였는데 이를 통하여 유럽에서의 플라스틱 화재시의 가스 독성에 대한 연구방향을 살펴보고자 한다. - 편집자 주 -

1. 인명피해 및 독성연구(Fire fatalities & Smoke Toxicity)

첫 강연자인 RAPRA 기술연구소 K.T.Paul박사는 화재위험과 연기 독성주제에 대한 일반개요를 발표하였는데 Paul박사에 따르면 화재인명피해의 대부분은 화재시 발생하는 독성가스가 원인이며 이중 반정도는 일산화탄소(CO)가 주범이다. 또한 “독성(Toxicity)”이란 “재료의 화학적반응을 통하여 생명이 있는 유기체를 손상시키는 유해한 성질이다”라고 규정하고 있으며, 이의 손상은 재료의 특성과 독성가스에 대한 노출지속시간에 의해 결정된다.

화재는 근본적으로 여러종류가 뒤섞인 혼합가스의 방출물을 발생하는 일련의 복잡한 화학반응들이다. 이 방출 가스는 연소물질과 산소, 그리고 반응시간과 반응온도에 의한 생성물이다. 다시 설명하자면, 연기독성은 재료의 기본성질이 아니고 따라서 재료의 독성시험결과가 실제화재에 있어서는 적합하지 않을 수 있다고 할 수 있다. 실제화재에서의 급속한 상황변화에 의해 하나의 시험실모형이 모든화재의 모든상태에 적절하리라고 기대하는 것은 비현실적이다. 그러나 이러한 시험이 실제화재의 일부상태에는 부합될 수 있다.

2. 법 집행자의 관점(Regulator's View)

영국 내무성의 S.D.Christian씨는 법 집행자는 사회가 따르기를 바라는 안전수준을 결정해야 하는 의무를 가지는데 반해서 사회는 법 집행자가 화재특성상 허용이 불가능한 어떠한 재료, 제품 또는 활동 등을 금지시켜 주기를 바라고 있다고 지적했다. 법은 자발적으로 기준에 따르려고 하는 여론이 사라졌을 때 필요하게 된다. 이러한 경우는 경제적인 압력에 의해 일어날 수도 있고, 산업으로 하여금 새로운 기준에 따르도록 의무화 하기 위해서 발생될 수도 있다. 법은 집행가능해야 되고, 이의 집행을 책임지는 사람은 비교적 간단한 시험기준에 기반을 둔 적정 기준에 재료가 적합하면 만족할 수 있어야 된다. 이의 결과로써 법 집행자는 어느부분에 법이 필요한지와 간단한 시험을 고안해 내는데 전문가들에게 의존해야 한다.

Christian씨에 의하면 영국은 이미 합리적인 법 제정 기반을 1947년의 소방법(Fire Service Act)과 1971년의 화재 예방법(Fire Precaution Act)에서 갖추었다. 재료로부터의 독성연기 생성에 관한 너무 많은 법규제는 이에 대한 연구를 방해하고 가능한 발전을 저해시킬 수 있다. 또한 법집행자에게는 법을 위해 납득할 만하고 정당성

이 인정되는 사례가 필요하다.

3. 화학분석시험 (Chemical Analysis Tests)

영국건축연구소(BRE)의 P.J.Fardell씨는 영국화재연구소(FRS)에서 실시한 화재의 화학적 측면에서의 연구에 대한 개요를 발표했다. 이에 따르면 많은 국가에서 현재의 소형 시험방법을 개발해 내는데 많은 노력을 기울였었는데 이런 시험의 역할은 화재환경 및 화재역학의 화학적·생물학적 특성에 관한 지속적인 많은 연구에 의해서 현재 재평가되고 있다.

화재위험을 평가함에 있어서 여러 요인들을 고려해야 하는데, 여기에는 화재전파, 발화온도, 인간요소, 방출열 및 연소율 등이 포함된다. 그러므로 각각의 경우에 따라서 사용되는 소형독성시험이 실제화재시의 독성위험을 직접적으로 예견할 수는 없을 것이다. 그러나 화재시험동안의 독성 및 자극가스의 윤곽을 측정하여 인명위험에 대한 평가가 이루어질 수 있으며, 특히 현재 개발되고 있는 수학적 모델링기법(Mathematical Modeling Techniques)의 일부분으로 이용될 경우에는 매우 유용하게 된다.

4. 동물시험(단순한 형태)

이에 대해서는 영국 ICI 중앙독극물 시험소의 Paul M. Hext씨에 의해 발표되었는데, 연소독성시험에 동물을 사용함으로써 독성분야에 대한 많은 결과를 가져왔고 현재 이용 가능한 소형동물시험으로부터 대부분의 시험재료에 대한 비교적 간단한 독성형태가 밝혀졌다. 이는 연소중에 극히 일부가스가 독성위험을 야기시킬 수 있을 만큼의 고농도로 발생하기 때문이고 이러한 가스는 대부분이 일산화탄소(CO), 시안화수소(HCN) 및 이산화탄소(CO₂)인데 가끔은 산소농도의 감소에 의한 위험증가효과도 함께 동반한다.

이러한 가스들의 복합적 효과에 대한 연구결과에 의하면 특정가스의 효과는 상승적(Synergistic effect)이기 보다는 부가적(Additive effect)임이 밝혀졌다. 예를들어 CO, HCN 및 산소감소는 독성 측면에서 부가적인 반면 CO는 상승효과(Synergistic effect)를 내는 것이 분명하다.

5. 유럽 플라스틱산업의 위치(Position of the European Plastic industry)

“불의의 화재에서 나타나는 플라스틱의 독성위험에 대한 복잡한 문제는 이에 적합한 공학적인 해결책을 요한다”라고 유럽 플라스틱 제조업자협회(APME)의 화재안전위원회 부회장이고 Du Pont(영국)사 소속인 T.J.O'Neill씨가 말하듯이 이 문제를 너무 단순화 시켜보려는 유혹은 버려야 하고 공학적인 측면에서 불태 조급한 접근시도는 만족스러운 해결책을 제공할 것 같지 않다.

실제로 문제가 되는 것은 단독으로 존재하는 플라스틱 자체보다는 플라스틱을 포함하고 있는 완성제품이다. 대부분의 화재사망에는 독성가스가 관계하므로 이 문제에 대한 일반적인 접근방법은 더욱 안전성이 확보된 재료를 선정하기 위해서 재료에 대한 독성등급(Degree of Toxicity)을 부여하여 사용하는 방법이고, 이에 따라 각재료의 독성등급 판별을 위한 독성시험을 필요로 한다. 이러한 동물을 이용한 독성시험에 의해 밝혀진 하나의 중요내용은 자연적이던 합성에 의하던 유기중합체는 연소시 인체에 해로운 유독사스를 발생한다는 것이다.

6. 위험성 산업(Critical Industry)

신재료를 필요로 하는 현대의 석탄채광산업에서 겪었던 화재위험의 개론을 영국석탄(British Coal)사의 S. J.Duncan 씨가 발표하였다. 영국석탄사는 특수한 여건에 적합하도록 각각의 특성이 보완되지 않는 한 화재, 연기 및 이에 따른 독성위험과 새로이 추가되는 많은 신재료와 함께 석탄채광업의 오래된 통풍설비문제에 직면

하고 있다. Duncon씨는 소형실험실 시험으로부터 대형시험으로 시험방법을 확대시킬 필요성을 강조하였으며, 일부 대형시험의 시험장면 비디오에 의해 소형시험을 통과한 3층의 재료특성과 대형시험에서의 이들 시험결과는 큰 차이가 있음을 보여주었다. 현재 대형화재시험은 유럽에서 적용되고 있으며, 이는 국제적인 차원에서 재료를 등급화하여 채광급수를 지정하는 것이 가능함을 나타낸다.

한편 BICC전선사의 G.J.Scott씨는 동사의 E.Ness박사와 공동연구한 논문에서 현재 실시되고 있는 시험방법의 결함을 인식하고 위험평가와 개선된 시험을 결합시켜야 한다는 필요성의 인식을 배경으로 전선산업의 과거 및 현재위치에 대한 견해를 발표하였다.

7. 컴퓨터 모형(Computer Modelling)

영국 Huntingdon 연구소(Huntingdon Research Station)의 David Purser씨는 생존가능시간 또는 탈출에 필요한 시간을 분석하기 위한 컴퓨터 프로그램을 설계하는 방법에 대해 소개하였다. 이 프로그램은 소형시험에서 얻은 데이터를 사용하고 있지만 이들 데이터들에 의해 잘못된 결과를 초래할 수 있으므로 신중하게 이용되어야 한다고 Purser씨는 강조한다. 프로그램은 가스의 마취 및 자극효과, 연기 및 열에 의한 시각장애와 가스에 의한 피부 손상 및 화상을 고려하고 있다. 복사열의 영향에 의한 감각기능의 장애에 대한 위험은 가스농도에 의해 달라진다. 기타 모든 독성효과 및 대류 열전달에 대한 위험은 가스농도와 노출시간의 곱으로 대략 정량화 될 수 있는 가스섭취량과 깊은 관계를 가진다. 시험데이터를 사용하여 이상과 같이 화재시 각 요인의 영향에 대한 정량화 산술식을 만들 수 있고 따라서 각 영향인자가 영향을 미치는 시간을 계산할 수 있게 된다.