

防災에 대한 安全工學的인 考察



李來雨
(부산공업대학교수
공학박사)

1. 序 論

消防安全을 管理하는 目的은 火災의 예방, 경계 및 진압에 의해서 國民의 生命, 신체 및 財産을 火災로부터 보호함과 동시에 公共의 安寧 질서유지와 社會의 복지증진에 이바지하는 것이다. 이러한 예방, 경계 및 진압은 어느것이나 火災에 의한 피해를 직접 경감하는 행위라고 하는데서 공통점을 가지고 있다.

또, 消防法 施行令 제3장의 요지는 물 기타 소화 약제를 사용하여 소화를 행하는 기계, 기구 또는 설비와 이에 상응한 소화성능이 있어야 하며 필요한 시설물에는 규정대로의 消防施設을 설치하여야 한다는 것이다. 이러한 內容을 安全工學的인 측면에서 보면 人的災害와 物的災害를 동시에 發生시키는 火災 爆發等의 産業災害를 防止하기 위한 것이며 이것은 사전에 충분한 安全性 評價와 自律的인 安全管理가 施行되어야 하겠다는 것이다. 따라서 本稿에서는 産業安全이라고 하는 觀點에서 火災의 發生防止를 위한 基本的인 理論과 이를 豫防하는데 있어서의 問題點等으로 나누어 考察하고자 한다.

2. 火災의 發生防止

어떠한 災害에도 그 과정을 생각해 보면 먼저 原因이 있고 이것에 의해 災害現象이 發生하고 확대되며, 여기에 수반된 效果에 의해 사람이나 사물에 나쁜 영향을 미쳐서 被害를 준다. 이것은 原因

系, 現象系, 結果系로 나눌 수 있고 災害를 防止하기 위한 對策으로는 이들중 어느 한가지의 과정을 沮止하면 되고 現象系의 發生防止를 豫防(Prevention), 擴大防止를 抑制(Suppression), 그 作用이나 效果의 防止를 防護(Protection)이라고 한다. 또 이러한 原因의 사전대책에는 危險評價, 豫防診斷, 安全管理等이 있다.

火災의 發生을 防止하기 위하여는 物質, 에너지, 操作등에 포함되어 있는 많은 잠재위험을 없애는 것으로서, 그 內容은 發火現象의 예방을 중심으로 여기에 關係를 가지고 있는 人的 物的原因을 제거하는 것이다. 또 火災의 發生에는 燃燒의 擴大가 일어나지 않도록 하는 人的인 要素가 重要한 역할을 한다.

1) 發火의 物質條件에 의한 豫防對策

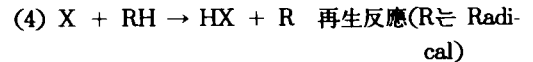
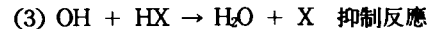
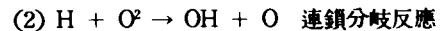
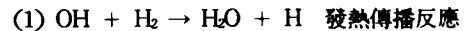
發火가 일어나기 위하여는 物質이나 에너지에 對한 條件이 만족되어야 함으로 우선 物質條件에 의한 方法을 생각해 보기로 한다. 두말할것도 없이 發火에는 可燃性 物質과 酸化劑가 필요하다.

可燃性 物質이라고 하는 것은 산화될때에 發熱速度가 큰 물질이기 때문에 可燃性物質을 不燃性 내지 發熱速度가 작은 物質로 置換하는 것이 제일의 方法이다. 木造건축물을 콘크리트造로의 전환, 타기쉬운 재료의 難燃化, 可燃性溶齊를 不燃性溶齊로의 대체등은 이의 대표적인 예이다. 이 방법은 가장 기본적인 豫防대책으로서 이것이 가능한 경우에는, 설령 置換에 필요한 비용이 다소 많이 든다고 하더라도 이것에 계속되는 抑制, 一防護對策이 필요 없으므로 거기에 드는 비용을 상쇄하는 것이 가능한 경우도 있다.

그러나 이 방법이 항상 성립한다고는 할수 없다. 그러한 경우에 有效한 것이 可燃性 物質과 酸化劑의 組成을 변화시키는 제2의 방법이 있다. 그중 한가지 방법으로는 가연성물질과 산화제의 가연범위를 이용하여 이 범위 밖으로 混合組成을 유지하는 것으로서 대개는 가연성물질의 비율을 下限界이하로 하고 있으나 반대로 混合組成을 上限界 이상으로 하는 수도 있다. 통풍과 환기에 의한 방법은 전자, 휘발유의 밀폐저장은 후자의 예에 해당한다. 또 다른 한가지 방법은 가연성 물질과 산화제의 혼합계에 제3의 물질을 첨가하여 3成分界로 하여 組成을 3成分界의 가연범위외로 유지하여 방지하는 방법이다. Purge 내지는 不活性化라고 불리우는 이

방법은 첨가하는 물질의 종류에 따라 다시 2분하여 놓는것이 편리하다. 최초의 단지 不活性 物質을 混入하는것으로써 이산화탄소, 수증기, 질소 등의 기체 첨가제가 그 예이다.

다음의 방법은 연소반응에 特殊한 抑制作用을 가지는 연소억제제를 혼입하는 방식으로서 Halogen化 탄화수소등의 첨가가 그 대표적인 것이다. 첨가하는 양은 어느것이나 3成分界 연소의 상한계와 하한계가 일치하는 Peak值이상으로 할 필요가 있다. 이러한 종류의 물질에서는 단순한 不活性 物質보다 可燃限界의 Peak치가 현저히 낮게 되는것이 판명되었다. 이유는 이산화탄소등에서 단지 混合氣體를 物理的으로 희석하는 작용밖에 없는데 반하여, 취화메틸(CH₃Br) 등을 함유하는 Halogen이 이 연소의 化學反應에 직접 관여하여 OH 그외의 活性이 있는 連鎖 傳達體를 포착하여 연쇄를 절단시키는 작용을 갖고 있기 때문이다. 이러한 의미로서 이것들은 라디칼 포착제(捕捉劑: Radical Scavenger)라고 불리우며 그 메카니즘(Mechanism)은 다음과 같다.



즉 (1), (2)의 連鎖分岐反應에 의하여 생성된 活性 Radical OH가 Halogen酸 HX와 반응하여 不活性 物質 H₂O와 Halogen X로 변화하여 연소반응을 억제함과 동시에 생성된 Halogen이 수소를 함유하는 화학물질 RH와 반응하여 Halogen酸을 再生한다. 그리하여 (3), (4)의 억제 Cycle이 형성되기 때문에 Halogen化 炭化水素 등에 억제제를 소량 첨가하는 것은 큰 효과를 올리는것이라 할 수 있다. 이와 같이 제3성분의 첨가에 의한 發火防止는 질소가스나 연소 배기가스의 封入형태로 석유류와 용제등의 가연성 액체 저장과 수송에 많이 사용되어지고 있을뿐 아니라 가연성 기체 저장조의 安全 充塡에도이용되고 있다. 더욱이 이와 같은 방법을 사용하여 不燃化를 도모하는 경우에 可燃限界의 Peak值가 명확하지 못할때는 그값에 대응하는 혼합기체중의 산소농도를 기준으로 사용하는 것이 가능하다.

2) 發火에너지條件에 기인한 豫防對策

에너지條件에 기초를 둔 發火防止에는 自然發火의 경우, 가열 또는 주위의 환경온도를 발화온도이하로 유지하고, 着火에 의한 發火에서는 着火源을 제거하고 만약 제거가 될수 없을때는 에너지를 한계치이하로 하면 된다. 自然發火가 일어나기 위하여는 内部에 있어서의 發熱과 放熱의 평형이 필요하다고 하는점에서 放熱의 나쁜 조건아래서는 熱의 축적이 일어나 낮은 環境溫度에도 發火한다. 따라서 石炭, 톱밥, 原綿, 마른나무와 乾草, 그외의 有機物의 퇴적등에 대하여는 熱의 放散이 잘 되도록 하는 것이 有效한 對策이다. 공업적으로 사용되는 특수한 물질중에는 황인, 알킬알루미늄(Alkyl Aluminium)등과 같이 상온에서 空氣와 접촉하는 것만으로도 發火하는 것도 있으므로 이들에 대하여 일반적으로 설명하기는 어렵고, 各物質의 發火特性을 미리 조사하든지, 또는 소량을 사용하여 시험을 행하여 보는것이 필요하다. 더욱이 저장조나 창고등에서 평상시는 大氣의 溫度와 같으나 여름철의 直射光線을 받으면 50°C정도까지 온도가 상승할 가능성이 있으므로 冷却과 換氣가 꼭 필요하다. 또한 發火에 대하여 수증기의 영향이 큰 물질도 많으며, 수증기가 있으면 發火溫度가 내려가는 경우도 있다. 이것에 대하여 引火의 着火源은 이것을 완전히 제거하면 가장 좋으나 그것은 어렵다. 여러가지의 着火源(전기불꽃, 熱面, 高溫가스)중 高溫가스에 속하는 裸化는 人的原因이 많으므로 관리에 의하여 제거될 수도 있으나, 전기불꽃과 熱面은 그렇지 않다. 이들은 機械設置나 動力裝置에 결합이 없게 되어 있기 때문이다. 전기회로에 기인하는 불꽃을 着火源으로 되지않게하는 방법에는 불꽃에너지를 회로설계상에서 가연성 混合氣體의 最少發火에너지이하로 하는 방식과, 전기불꽃이 생겨도 그의 공간을 가연성 가스가 존재하는 공간과 격리된 구조로 機器를 개선하는 방법등이 있다. 前者는 本質安全防爆, 後者는 防爆電機機器로 알려져 있다. 防爆機器에는 화염을 통과시키지 않는 작은 간극을 설치하는데 이것을 Safe gap이라고 부른다. Safe gap의 치수는 消炎距離 또는 火災의 전파를 저지할수 있는 管徑 결국 消炎直徑을 기준으로 設計하나, 이같은 연소속도가 큰 混合氣體, 예를 들면 수소 아세틸렌 이황화탄소등에서는 탄화수소에 비하여 작다.

한편 동일한 전기불꽃에서도 정전기의 경우에는 에너지가 확실하지 않다. 그러므로 이 경우에는 에너지制御는 어려우므로 정전기의 발생 축적을 방

지하는것이 유일한 대책이 된다. 기체의 流動帶電은 液體나 固體의 微粒子를 함유하는 2相流가 아니면 발생하기 어렵고, 液體의 경우는 物質에 따른 차이도 크나 流速이 중요하며 보통 帶電量은 流速의 1.75乘에 비례하며, 固體의 流動과 마찰대전은 기체나 액체보다도 용이하게 된다.

또 熱面에 의한 發光防止를 위하여는 發火可能的 溫度의 熱面을 만들지 않도록 하는 방법 이외는 없다. 담배불이나 연마기의 불꽃등을 제거하는 것은 관리와 그 시스템의 문제이고, 爐나 煙道는 設計상의 문제에 귀착하게 된다. 예방상 중요한 것은 熱面의 크기와 가연성 혼합기체의 流速 2가지 점이다. 다만 이것은 發火하는 媒體가 기체인 경우이며, 만약 熱面이 가연성의 고체나 粉體와 접촉하는 경우에는 설령 그것이 작아도 發火하게 된다. 예를 들면 성냥의 타다 남은 것등이 마른나무나 풀위에 떨어지면 熱分解는 내부로 진행되고 몇시간후에 發火가 일어나는 경우도 있다.

이상에서 火災의 發生防止方法을 가장 기본적인 가연성기체의 방지를 중심으로 설명하였으나 이들의 對策은 液體나 固體의 可燃性 物質과 酸化劑의 混合系에도 적용될수 있는 것이 많다. 특히 固體可燃物에 不活性의 粉末을 混入한다든지 可燃性的 液體에 물이나 그밖의 용해가능한 不燃性物質을 첨가, 희석하여 可燃化를 도모하는 物質條件에 바탕을 둔 방법은 確實性이 높으므로 有效한 것이다. 熱과 충격, 마찰에 민감한 爆發性物質에 不活性粉末을 넣어서 鈍感化를 도모하는 것은 좋은 예이고, 液體의 경우는 물등을 혼입하면 인화점을 상당히 상승시키는 것이 된다. 燃燒性이나 爆發性을 갖는 물질은 氣體, 液體, 固體의 어느것일지라도 그의 取扱, 저장, 수송, 그외에도 적당한 物質의 混入으로 不燃化 내지 難燃化를 도모할 수 없을가를 생각하여 보는 것은 뜻있는 일이다.

3. 防災豫防의 문제점

인명존중과 건전한 산업사회의 發達을 위하여 어떠한 상황하에서도 災害 특히 人命의 상해는 발생되어서는 안된다.

이러한 관점에서 災害防止는 기필코 수행되어야 하고 이에 대하여 해결되어야 할 문제점은 다음과 같다.

1) 근본적인 防災對策

근본적인 災害防止對策은 어떤 設備를 計劃 設計 단계에서 安全性 評價를 정확히 하여야 한다. 즉 工場等を 新說 增設 移轉時에 工場의 layout, 구조, 기계설비나 장치의 설계, 各要素의 기계장치등의 작업흐름, 原材料, 제품등의 흐름, 운반, 移送 및 安全通路는 계획 및 설계단계에서부터 철저히 검토하여 安全性이 확보하여야 한다. 특히 新工法, 新技術等を 채택시 安全性 확보를 위하여 火災에 의한 災害要因을 分析하고 그에 대한 對策을 수립하는 것이 매우 중요하다. 또한 다음과 같이 災害防止設備를 미리 계획단계에서 철저히 검토 분석하고 확정되어야 한다.

- 火災 爆發防止를 위한 경보장치
- 電氣, 機械器具의 안전장치 및 靜電氣 除去장치
- 有害가스의 발생가능성 및 개스 처리 장치
- 위험물질(폭발성, 발화성, 산화성, 인화성, 가연성물질) 누설시의 조치사항
- 위험방지를 위한 各種表示

2) 防災를 위한 투자기피

우리나라의 기업은 成長過程에서 生産性的 증대를 위하여 여러가지 災害와 근로자의 安全에 대한 부분은 無視되어왔다. 즉 火災 爆發防止를 위한 安全施設(파열판, 안전발브등), 作業環境改善이 소홀히 취급하여 오다가 災害가 發生된후에는 재산상의 손실, 재해보상 및 運轉정지등에 의한 손실이 대단히 크게 되는 현실을 초래하곤 했다.

3) 防災에 대한 無關心

災害가 發生하면 직접적인 被害者는 근로자 自身임에도 불구하고, 不安全한 作業태도를 취하거나 安全守則을 無視하고 作業을 行함으로써 근로자 자신이 災害發生의 계기를 만들고 있다. 특히 위험물을 취급하는 근로자들중에서 化學設備나 장치에 부착된 安全裝置가 없더라도 작업을 잘 수행할 수 있다는 과거의 관습으로 防火나 防爆設備 그 자체

를 귀찮게 생각하는 경우도 있다.

4) 專門人力의 不足

消防에 관한 傳門的인 管理者는 工場의 計劃, 設計 즉 工場의 layout 및 工程의 設計, 機械設備 및 裝置에 대한 많은 知識과 經驗이 풍부한 技術을 갖춘 기술자가 필요하다. 이러한 管理者는 生産 line에서 위험한 기계, 화학설비, 장치등을 시험 가동하여 安全性을 事前에 확보할 수 있는 能力이 있어야 함으로 工學的인 기초지식을 충분히 갖춘 기술자이어야 한다. 따라서 최근에 배출되고 있는 産業 安全工學科 出身동도 바람직한 人力이라 할 수 있다. 물론 기존의 관리자도 보수교육이라든지 實務를 통하여 자기를 개발하는데 전력투구를 해야 하는 것은 너무도 당연한 일이다.

4. 結 論

이상에서 언급한 火災의 發生理論과 기존의 問題點등을 요약하여 結論을 내리면 다음과 같다.

1) 防災가 經營의 目標로서 최우선이어야 하고 이러한 經營理念이 정착되기 위하여는 經營者 自信들에게 철저한 防災教育과 關心을 유도하여야 함.

2) 오늘날까지 실시해오던 防災에 대한 管理論的인 고찰보다 工學的인 기초지식을 관련자들에게 충분히 교육하여 관련지식을 갖게 함으로써 예기치 못한 순간적인 災害發生에 대한 조치능력이나 응용동작이 생길 수 있도록 해야함.

<참고문헌>

1. 장세교, 消防關係法規, 產文社 技術圖書硏究會(1986)
2. 安全工學協會編, 安全工學講座1, 火災(1983)
3. 한국산업안전공단, 산업재해예방기술심포지움, 안전 89-091-01(1986)