

화재와 연소공학

정 석 호

(서울대학교 기계공학과 교수, 공박)

1. 머리말

화재와 폭발은 오랜 기간에 걸쳐 이루어 왔던 일들을 한순간에 파괴시킨다. 최근의 대구 도시가스 폭발사건이나 경기도 여자기술학원의 사건들에서 보는 바와같이 엄청난 재산 및 인명피해를 일으킨다. 이러한 사건에 있어 일단의 책임은 화재전문가들이 나누어 가져야 할 것으로 생각되는데 이는 화재전문가 혹은, 화재의 홍보를 담당하거나 담당하여야 할 인사들이 국민 전체에 대해 화재와 폭발에 대한 충분한 교육 및 홍보가 이루어지지 않았기 때문이다.

앞으로도 이러한 폭발사고와 화재는 계속 발생을 피할 수 없을 것으로 예상되나 특히, 위의 두 사건은 화재와 폭발에 대한 국민들의 경각심 부족에서 발생한 사건으로 앞으로 유사한 사건의 재발을 방지하기 위하여 화재 전문가 집단이 더욱 노력을 기울여야 할 것이다.

2. 두 사고의 교훈

대구 도시가스 폭발사건은 도로 굴착 작업중에 도시가스 배관이 파손된 이후 굴착 작업자의 부주의 - 부주의라기 보다는 적절히 교육받지 못함에 기인하여 굴착 드릴을 도시가스 배관으로부터 사고 발생이 가능한 정도까지 분리

시켰기 때문에, 도시가스 배관으로부터 지하철 공사장으로 channeling되어 가스가 지하철 공사장으로 유입되었기 때문이다. 폭발사고는 공기와 혼합된 연료가 점화되어 폭굉파로 전이되어 발생한 것으로 예측되며, 이러한 폭굉파의 전파속도는 일반적으로 초당수km이다. 현재와 같이 지하 매설물의 위치가 정확히 알려져 있지 않은 상황에서는 유사 사고가 발생할 수 있으며 이를 방지하기 위하여는 작업자에 대한 안전교육이 필수적이다. 이 사고는 화재와 관련하여 널리 알려진 화재삼각형(Fire triangle)에서 논의되는 화재의 3대 요소인 열, 공기 및 연료 중에서 연료를 차단하는 기지의 결핍에 기인한다.

굴착작업자가 연료누출을 감지하였을 때 굴착 드릴을 그대로 둔 상태에서 사고 보고를 하고 적절히 수습하였다면 연료의 누출이 최소화되고 대형참사가 방지되었으리라 예상된다.

경기도 여자기술학원의 사건은 2층 건물내 7개의 방에서 옷과 이불을 쌓아 놓고 동시 다발적으로 불을 지르면서 발생하였다. 일반적인 실내 화재의 진행상황은 착화 이후 성장기를 거쳐 플래시오버(flashover)에 의해 완전발달 화재기를 지나 소멸기에 도달하는데, 성장기의 시간은 담배불

과 같이 혼소(smoldering combustion)과정을 거치는 경우에는 10분 정도의 시간이 경과되는 수도 있으나, 일반적으로 3분 정도의 시간 내에 플래시오버에 이르게 된다. 따라서 비전문가에 의한 초기 진화가 불가능할 경우에 3분 정도의 짧은 시간 밖에 탈출시간이 주어지지 않다는 것이 국민 전체에게 계도되어 있었다면 이 사건과 같이 탈출구가 차단되어 있는 상황에서의 무모한 방화는 발생하지 않았을 수도 있었다.

이 두가지 예는 물론 가정법원에서 논의되는 것이지만 몇년 전 화재의 위험성을 계도하기 위하여 모TV방송국이 소방관계자의 협조를 얻어 철거 예정인 가옥에 불을 지른 후 화재상황을 취재한 적이 있었다. 이 때에도 카메라맨이 플래시오버에 이르는 시간이 이렇게 짧다는 것을 충분히 주지하지 못한 상황에서 촬영하다가 상당히 위험한 상황에 직면했던 적이 있다. 이를 보면 전반적으로 화재현상의 진행상황에 대한 계도가 상당히 부족하였다고 판단할 수 있다.

이러한 이유 중의 하나는 전반적으로 화재와 관련된 업무가 화재 예방업무와 화재발생 후의 소방업무에 치우쳐져 있었기 때문이다. 화재 예방업무는 건축시에 사용되는 각종 재료의 가연특성과

화재감지기·스프링클러설비 등의 안전시설 등에 집중되고 있고, 소방업무는 화재의 진압, 화재발생 원인의 조사업무 등에 치우쳐 있다. 그동안 국내의 경우에 화재진행 상황 특히, 화재 발생시 화염과 연기의 거동 자체에 대하여는 전반적으로 상당히 무관심해 있었다. 필자는 방재관련 학자들과 접촉할 기회를 가진 적이 있는데, 기계공학 담당 교수가 화재학과 어떤 연관이 있는가라는 질문에 당혹감을 느낀 적이 있다. 이는 미국의 경우 화재 관련 대통령 자문위원이 기계공학자이며, 전세계적으로 기계공학을 전공한 인사들이 대거 화재현상에 대하여 연구하고 있음에 비추어 국내의 경우 기계공학자 특히, 연소공학을 전공한 인사들이 그 책임의 일부를 떠맡아야 한다. 그러나, 더 근본적인 문제는 이제까지 우리의 목표가 사회 전반에 걸쳐 성장 일변도로서 일반적으로 안전의식에 무관심했기 때문이다. 연소공학자들이 대부분 엔진, 버너 등과 같은 동력 및 발생장치 분야에 그 관심을 집중해 왔기 때문이다. 그러나 앞으로는 기존의 소방관계자들의 노력에 부가하여 연소전문가들이 화재와 관련한 문제에 대하여 더 많은 관심을 가져야 하며, 화재분야 연구에 국가적 지원 노력이 기대된다.

미국의 경우 국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology; NIST, 과거의 국립표준국; NBS) 산하에 건물 및 화재연구소(Building and Fire Research Laboratory)를 두어 화재연구를 국가에서 지원하는 중요한 연구 테마의 하나이다. 일본의 경우에도 이와 유사함에 비추어 우리의 경우도 이러한 연구조직이 시급히 형성되어 화재에 대한 연소 측면에서의 학문적 연구가 체계적으로 이루어져

야 할 것이다. 특히, 화재는 한 나라의 문화적 특성과 천연자원에 영향을 받아 주거형태 및 산림자원이 개별적인 특성을 가짐에 비추어 국내에서 독자적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

3. 화재와 연소공학

연소공학은 근본적으로 연료가 갖고 있는 화학적 에너지가 열에너지로 변환되는 과정을 다루는 학문으로서 이 과정 중에 포함되는 열전달, 물질전달 및 유동현상을 포함하고 있다. 따라서, 국제적으로 연소학 분야는 화학반응을 연구하는 화학 및 화공학자가 약 1/3, 화학반응 유동(chemically reacting flow)의 문제를 다루는 기계공학자(항공공학 포함)가 2/3 정도로 구성되어 있는 학제적인 학문분야이다.

화재현상에서 발생하는 점화·착화·화염확장·난류화염·소염·폭발·폭굉 등이 모두 연소공학의 기초 연구분야이며, 화재에서 수반되는 여러가지 **전달현상** 즉, 가스상 및 응축상의 대류, 화염과 연료표면에서의 열복사, 연소를 진행시키는 라디칼의 이동현상 및 불씨 이동현상 등의 제반 현상들을 포함한다. 또한 소방과 관련한 냉각·분무·소화제 및 방화제의 영향 등에 관한 연구도 주요 연구과제이다.

화재현상에서의 **화염**은 화학반응이 발생하는 **면(surface)**을 의미한다. 화염에서 화학반응은 매우 좁은 지역에 국한되는데, 이는 화학반응이 온도에 매우 민감하여 화염면을 벗어나 온도가 조금만 강하하여도 화학반응이 효과적으로 발생하지 않기 때문이다. 이러한 화학반응 지역의 두께는 일반적으로 **0.1mm 정도**로 매우 좁으며 여타의 지역은 화학반응이 발생하지 않는 **비반응지역**으로 연료

나 산화제를 대류와 확산에 의해 **화염면으로 이동시키며**, 반응에 의한 발생열을 대류와 확산에 의해 전달시킨다.

일반적으로 실험실 규모의 화염에 있어서 화학반응지역을 포함한 화염두께(상온상태로부터 화염온도까지 이르는 지역의 두께)는 **2 ~ 3mm 정도**이다. 화재와 같은 대형 화염에서 특히, 매연의 발생이 많은 경우에는 주요 열전달 형태가 복사에 의해 발생하며, 공기의 공급 형태는 강력한 부력의 효과에 의한 공기유입이 된다.

이러한 제반 현상들은 기계공학의 주요 학문분야의 일부인 열역학, 유체역학, 열전달 및 연소공학의 제반 원리를 이용하여 설명 내지 해석될 수 있다. 이러한 여러 원리들은 이미 보일러, 내연기관, 가스터빈 등과 같은 열 및 동력장치에 이용되는 연소현상의 이해를 위하여 기본적으로 널리 연구되어 오고 있는 분야이다. 따라서 이러한 원리를 습득한 연구인력들이 화재와 관련된 연구에 참여하여야 하며 또한, 이의 참여를 적극적으로 유도하여야 할 것이다.

4. 맺는 말

화재현상에 대한 정확한 이해를 바탕으로 단기적으로는 화재 발생시 플래시 오버될 때까지의 최초 3분간, 소방인력이 출동하는 최초 8분간 어떠한 현상이 발생하는가와 일반인들이 이에 어떻게 대처하여야 하는가에 대한 지속적인 홍보가 이루어져 인명 및 재산 손실이 최소화 되도록 노력하여야 할 것이다. 또한 장기적으로는 국가가 적극 지원하는 화재 현상에 대한 연구를 통해 화재 현상에 대한 학문적 접근이 이루어지고, 이를 바탕으로 화재예방과 화재진압에 대한 효과적인 방안이 마련될 수 있도록 노력하여야 할 것이다.