



# 화재모델링의 화재조사분야 응용

## 이 창 옥

한국방재엔지니어링

(yichwook@hanmail.net)

### 1. 서 론

이제 우리나라에서도 방화(放火)와 화재조사에 대한 법적 조치의 환경이 더욱 엄격히 요구됨에 따라 그 기초확립에 대한 필요성이 점점 커지고 있다. 그렇지만 아직까지는 이 분야의 수준이 선진 외국에 비하면 훨씬 뒤떨어져 있는 것이 사실이다. 다행히도 이러한 간격을 메우려는 국가적인 연구가 이제 다방면에서 시도되고 있는 것이 고무적이라 할 수 있다.

화재 조사관이 어떤 화재현장에 맨 먼저 도착했다고 하자. 조사관은 먼저 그 지역을 조사하는데 있어서, 아무것도 추가적 변화가 가해지지 않고 훼손되지 않은 발화로 인해 소실된 방, 즉 발화가 시작된 방에서의 조사작업을 시작할 것이다.

어떤 경우 벽과 천장위의 심하게 탄 연소패턴(burn pattern)이 나타나 있으나 이것이 선명하게 보여주는 바닥위의 엷지를 패턴(spill pattern)과는 멀리 떨어져 있었다고 하면 이에 대한 관계를 이론적으로 해석하여 연관시킬 수 있어야 할 것이다.

우선 조사관은 그 방에 대한 디지털 이미지(사진 류들)를 만들어 이를 노트북 컴퓨터에 저장한 후 화재실의 원상태의 재현을 위해 그 개별적 이미지들을 조합시키려고 할 것이다. 그리고 수치해석의 화재 시뮬레이션을 위한 입력과일을 만들기 위해 기준이 되는 대상물 크기에 대한 치수들을 정해 컴퓨터에 입력 할 것이다. 다음으로는 디지털 이미지들을 정리하고 화재전파가 일어날 수 있는 표면들의 정의를 계속하여 컴퓨터 모델에 각각의 발화온도 또는 단위

면적당 열방출률(HRR/area) 값들을 입력시킬 수 있도록 할 것이다.

다음 단계로 문, 공조 배기, 창등을 정해 모델의 기하학적 구조를 완성시키게 되며, 또한 이미지상에 열적손상에 대한 경계선을 그려 넣기도 할 것이다. 마지막으로 발화원을 정해야 하는데, 그 방법으로는 예측되는 발화 화재를 어떤 지점에 위치시켜 놓고 컴퓨터에 입력시키게 된다.

입력 화재를 위성모뎀이나 인터넷을 이용하여 멀리 떨어져 있는 컴퓨터에 보내 모델에 대한 분석이 이루어지도록 하며, 여러 가지 종류의 예상되는 문제에 대한 해결책을 노트북 컴퓨터에 다운받아 다시 검토할 수 있도록 하게 된다. 이렇게 하므로 화재 시뮬레이션을 통해 무엇이 일어날 것인지 시각적으로 보여줄 수 있게 되고, 어떻게 하면 가장 적합한 화재 시나리오를 만들 수 있는지 판단할 수 있게 되고, 또는 화재조사의 계속을 위한 어떤 가이드라인을 제공해 줄 수도 있게 된다. 이러한 일련의 과정이 아주 어려울 수도 있고 어쩌면 자료의 부족으로 불가능할 수도 있을 것이다.

이러한 신기술이 조만간 개발되어 누구나 쉽게 이용할 수 있도록 하기 위한 많은 연구가 현재 진행 중이다. 이 논문은 이러한 첨단과학적 연구가 어느 단계에 있는지 앞으로 어느 방향으로 이끌어 나아가야 하는지에 대한 개황을 설명하고자 한다.

### 2. 과학적 이론과 화재원인 조사

과학적 이론에 입각한 화재원인 조사의 결과만이

법정에서 효력을 발휘하는 것이 선진국에서는 이제 보편화 된 현상이나 아직 우리나라에서는 과학적 수사의 화재조사분야 적용이 미흡한 편이라 할 수 있다.

과학적 이론에 의한 조사와 방화(Arson)의 관계를 보면, 미국에서는 방화가 화재나 이로 인한 사망재해의 가장 큰 원인이며, 직접손실도 약 \$3.6 billion에 달한다고 USFA(U.S. Fire Administration)에서 보고하고 있으므로 그 관계의 밀접함을 짐작할 수 있을 것이다. 미국에서는 현재 활발히 진행되고 있는 방화에 대한 연구 및 과학적 조사가 분명히 이러한 손실액을 상당히 줄이는 역할을 할 것이라고 기대하고 있다.

화재조사 관련 전문가의 최초 감식에 의한 증언은 기술적으로 근거가 있어야 한다. 다시말해 어떤 조사결과가 과학적 원리에 근거하지 않는다든지 아니면 실험으로 재현이 가능하다는 것이 증명될 수 없다면 그것이 법정에서 증거로 받아들여지기는 어려울 수도 있다. 이러한 사실을 NFPA 보고서에 의하면 개략적으로 2% 정도만이 통상 유죄로 인정된다는 통계 결과와 결부해 보면 왜 화재조사 관련 전문가가 집단들이 화재조사를 위한 과학적 기초에 대한 능력을 향상시키려고 노력하는지가 분명해 진다.

기술적으로 설명하여 방어할 수 있는 자료에 근거한 지식만이 화재현장을 성공적으로 재현하는데 필요한 한 부분이 된다. 이러한 기술적 과정을 성공적으로 이행하기 위해서는 잘 훈련되고 장비를 잘 갖춘 화재 조사관이 필수적으로 요구된다. 이러한 관점에서 선진국에서는 넓은 시각에 의한 고품질의 화재조사와 연구를 위한 노력들을 계속하고 있으며, 또한 조사관들을 위한 첨단장비의 개발을 위해서도 현장 시험을 많이 수행하고 있다. 그러나 우리나라에서는 이러한 분야의 연구투자는 거의 없다고 보아도 무방할 것이다.

이러한 전문적이고 기술적인 화재조사를 위해서는 컴퓨터의 활용이 필수적이므로 컴퓨터 활용에 대한 훈련 및 교육도 화재 조사관 또는 향후 이 분야의 컨설팅 업무를 희망하는 자들에게 적극적으로 실시되어야 할 것이다.

미국에서의 컴퓨터 활용의 훈련에 대해서 살펴보

면, 표준화된 첨단방식의 화재조사 훈련 패키지로서 민·관 협력에 의해 개발된 interFIRE VR이라는 것이 있다. 이는 cd-rom based 호환성 훈련 프로그램으로 화재조사 과정에서 습득된 최상의 학습효과를 실현할 수 있는 최근의 실질적인 기술들을 이용하여 개발된 것으로 비디오 강의자료, 참고파일, 그리고 시나리오의 세가지 부분으로 구성되어 있다.

강의에 의한 학습자료 부분에는 조사증거 준비, 화재현장에 대한 서류화, 현장 목격자들과의 인터뷰 요령, 그리고 소송을 위한 준비의 네가지 주제에 대한 훈련으로 나누어져 있다.

참고파일 부분에는 여러 주제에 대한 광범위한 정보를 담고 있는데 여기에는 방화(放火) 현장의 보존, 소송준비, 변론 관련 사항, 그리고 화재 모델링의 몇 가지 등이 포함되어 있다.

시나리오 부분에서는 사용자가 “부름에 대한 응답(respond to call)”의 사용과 화재조사를 최초단계에서부터 수행할 수 있게 한다. 이러한 모든 단계별 수행에는 각 상황에 대한 서류화, 증거의 수집 및 실험실의 분석을 위한 제출, 목격자 인터뷰, 소송준비 등이 포함된다.

이 프로그램에서는 소송에서 유리하도록 하기 위해 개(犬)들을 이용하여 함께 작업하는 옵션을 제공하기도 한다. 화재조사팀에게는 어떻게 하면 모든 유용한 자원의 이용으로 시의적절하고 효율적인 조사를 이끌어 낼 수 있을 것인지를 증명하도록 하는 것이 강조되고 있다.

이에 추가하여 NIST에서는 주택화재를 영상화하여 도구화하므로 interFIRE VR 프로그램이 소송에서 컴퓨터 화재 모델로 이용되도록 지원하고 있다. 여기에서는 모델에 의한 예측값들이 실제 화재시의 온도값 등과 비교하게 된다.

### 3. 화재조사 분야의 R&D

#### 1) 기초자료 연구

화재조사 분야에서도 모든 화재 관련 다른 분야와 마찬가지로 기초자료의 연구가 매우 중요하다.

여기서도 화재거동의 재현을 위한 모델링이 필요하므로 각종 재료들의 열방출률을 포함한 특성치들에 대한 실험적 연구가 필수적이다.

화재조사분야에서는 화재공학 분야에서 요구되는 특성치들의 연구, 모델링 기법의 연구외에도 연소패턴을 포함한 화재패턴의 연구도 함께 이루어져야 할 것이다.

## 2) 연소패턴(Burn pattern)

연소패턴이란 화재패턴중의 한 부분으로 볼 수 있으며 이에 대한 정확한 이해를 위해서는 우선 화재패턴의 정의를 먼저 살펴 보아야 할 것이다.

화재패턴(화재의 자취)을 정확하게 서류화하고 해석하는 능력이 화재조사관이 화재현장을 재현하는 데는 필수적인 요소이다. 그리고 화재패턴이 화재가 소멸된 후 유일하게 남아 있는 가시적 증거가 되기도 하므로 화재조사관들에 게는 이러한 화재패턴들을 분석하여 화재손상을 평가하고 화원부를 결정하는 것이 매우 중요한 일이 된다. 따라서 화재패턴(화재의 자취, Fire Pattern)은 화재 후에 남겨진 가시적이고 측정 가능한 결과물이라고 일반적으로 정의될 수 있다.

열전달과 화염확산이 화재기간동안의 노출표면이나 재료의 외양변화에 대한 주요 원인들인 반면 화재패턴은 화재플럼이 바닥, 천장, 벽과 같은 노출 고체표면과의 열적교차가 일어날 때 형성된다. 이를 특히 연소패턴이라 하며 연소패턴들은 방의 이용가능 연료하중, 환기, 물리적 배치상태등의 여러가지 변수에 영향받는다. 많은 일반가연물과 가연성액체가 화재플럼을 생성할 수 있으며 결과적인 손상을 초래할 수 있다. 따라서 열전달, 발화, 화염확산, 화재플럼 등을 논하는 화재역학이 화재재현을 통한 화재조사에는 필수적인 과학적 이론이 된다.

이러한 화재패턴에 대한 화재조사관들의 이해와 해석을 돕기 위해서는 입증된 화재과학이나 공학적 계산의 능력, 수치해석 관련 능력 등을 일부 필요로 한다. 아울러 이러한 화재패턴 분석 능력을 이용한 화재현장의 재현에는 다양한 서류화 기술도 많은 도움이 된다.

이러한 연소패턴에 대한 연구가 미국에서는 여러 가지 지원 프로그램에 의해 활발하게 이루어지고 있는 바 우리나라에서도 정책적 지원에 의한 연구기관에서의 연구가 절실히 요구된다. 미국에서의 연구 프로그램들을 간단히 소개하고자 한다.

### (1) USFA의 연소패턴(burn pattern) 테스트

NIST와 협력하여 USFA에서 화재패턴 개발의 연구를 위한 일련의 완전 스케일 화재실험을 이행한 바 있다. 실험에서는 실험실내에 만들어진 축소 모형 방들에서의 실험과 실제 주거공간인 실물의 방들에 대한 실험으로 이루어졌으며 연구동안에는 각기 다른 화재하중들을 사용하였다. 화재조사관 협회에서 실험을 계획했으며 숙련된 화재조사팀이 화재후 분석을 수행하였다.

이 실험을 통해 많은 연소패턴이 만들어지고 서류화 되었으며, 보고서에 의하면 화재패턴이 여러 가지 변수들의 영향을 받는데 그 중 두가지가 화재패턴에 중요한 영향인자가 되며, 환기와 플래시오버가 바로 그것이라고 하였다. 이 보고서는 결과적으로 그 이후의 화재패턴 연구에 대한 방향을 제시하였다고 할 수 있다.

### (2) NIJ의 완전 스케일 실내 연소패턴 연구

National Institute of Justice(NIJ)에서 자금을 제공하여 BFRL(건축 및 화재 연구 실험실)과 NIST의 법규 표준실에서 Maryland 대학의 화재 및 구조구급 연구실과 협력하여 일련의 실험을 수행하였다. 이들 실험에서는 각 실험마다 비슷한 가구가 구비된 방 하나씩에 대해 초점이 맞추어졌다. 네가지의 실험이 이행되었는데, 두가지의 반복 실험에서는 소파의자의 미소화염으로 발화시킨 것인데, 반복실험은 동일 시나리오로 두번 이상 실험하여 결과의 반복성 여부를 입증해보기 위해 하는 것이다. 또 다른 두가지 실험에서는 초기 발화 항목으로 방의 바닥에 0.95리터의 었질러진 가솔린에 의한 발화를 이용하였다.

처음의 두 실험에서는 발화가 가속되지 않는 상황으로서 플래시오버가 약 5분 40초만에 발생하였다. 가솔린을 사용한 실험에서는 약 1분 15초 만에 플래시오버에 도달하였다. 네가지 실험 모두에서 소파는 플래시오버 발생 후 약 3분 지났을 때 시작하였다.

각 실험에서 온도와 복사열류가 일어나는 시간이 측정되어 보고서에 기록되었다. 두번의 실험에서는 산소, 이산화탄소, 일산화탄소의 농도도 측정되었다. 그 외에 실험후 방들과 가구들에 대한 조사도 이루어지고 사진으로 촬영해 두었다.

반복실험에 의한 비교로 연소패턴과 튀어나온 건

구와 같은 화재실내의 물건들의 상태같은 자료에서 많은 유사성이 발견되었다. 한가지 입증되는 사실은 전구의 튀어 나오는 방향이 열류가 가장 큰 방향이지 반드시 화원부의 방향은 아니라는 것이다.

화재조사관들에게는 반가운 일이 아니지만, 반복 실험에서 연소의 가혹도, 연소패턴의 위치와 나타난 형태 등에서 상당한 차이를 보였다는 것이다. 예로서 소파의자 바로위 벽의 연소패턴을 제외하고 다른 벽에서는 연소패턴의 상당한 차이점을 나타냈다. 따라서 화재패턴이 많은 화재조사관들이 믿고 있는 바의 신뢰할만한 근거가 되지는 못할 것이다.

환기가 상이한 연소패턴을 초래케 하는 실내 화재 양상의 주된 원인인 듯하다. 이러한 연구결과에 근거하여 완전 스케일 실내화재에서 일어나는 현상들을 분리시켜 파악하여 화재패턴(Fire Pattern) 개발의 보다 나은 이해를 얻기 위한 다음단계의 연구가 이행되었다.

### 3) 옆지름 패턴(Spill Pattern)

옆지름 패턴도 화재패턴중의 한 부분이라 할 수 있으며 특히 연소패턴과 관계가 깊어 연소패턴을 통해 spill량을 추정하는 등의 해석을 할 수 있으나 연소패턴과 spill pattern이 근거리에 있지 않을 경우 그 중간의 화재거동을 이론적 해석을 통해 유추하여 그 관계를 해석할 수 있게 된다. 이러한 일련의 과정에서 화재 모델링이 적절하게 활용되어야 한다.

#### (1) 액체연료의 옆지름 패턴(Spill Pattern)과 연소패턴(Burn pattern)의 연구

NIST에서 가솔린 옆지름짐과 이로서 유발되는 연소패턴(Burn Pattern)의 연구를 수행하였다. NIJ가 1단계 연구를 위한 비용을 부담했는데 여기서는 옆지름진 가솔린의 양과 관련된 옆지름 패턴(Spill Pattern)의 실제 크기를 측정하였다.

몇가지의 바닥 마감재가 실험에 사용되었는데, 비닐타일, 무늬목 모자이크 나무, 밀전하게 짠 올레핀계 고분자물질 카펫, 그리고 잘라서 몽친 (cut pile) 나일론 카펫이 사용되었다. 바닥에는 구획효과를 없애기 위해 주위에 벽이 없는 것으로 하였으며 열방출률(HRR) 측정이 가능하도록 구비된 연기 배출 후드 아래에 위치시켰다. 초기의 옆지름 패턴을 측정

한 후 거기에 발화시켰다. 이 결과의 연소패턴을 측정하였으며 이때의 열방출률이 결정되었다.

이 결과는 화재 조사관들에게 몇가지의 일반적인 바닥재에 대해 주어진 크기 연소패턴을 생성하는데 필요한 옆지름진 가솔린의 양을 예측하는 방법을 제공해 주며, 각 실험에서의 열방출률 자료는 화재 모델 계산에 이용된다.

카펫 바닥에 대한 실험에서는 일부 가솔린이 남아 있는 부분에서 도넛 형태의 패턴이 나타났다. 이 현상은 액체의 가속연료가 실제로는 카펫을 보호하여 냉각시키는 효과때문인데 많은 화재 조사관들의 실험에서 일률적으로 나타나는 것이다.

다음단계로는 실제 건물에서 액체에 의한 연소패턴 실험이 계획되는데 여기서는 구획화의 효과와 방의 가구들에 의한 추가적 효과들도 함께 조사할 수 있게 된다.

## 4. 화재공학 이론의 접목

화재역학, 연소물리화학, 열역학, 유체역학 등의 화재공학 분야 이론을 화재조사에 접목시켜 화재원인과 발화부 위치 등을 이론적으로 입증하고 이를 화재관련 범죄 수사에 활용해야 함은 이제 세계적인 추세라 할 수 있다.

화재공학의 화재분야에 응용은 1970년대 중반에 James Quintiere가 화재거동에 대한 간단한 수학적 모델을 개발하여 적용한 것이 최초이며, 이러한 새로운 접근이 동 분야의 다른 연구가들의 생각에도 영향을 미쳤다고 할 수 있다. 그러나 실제로 화재 관련 수학적 모델의 이용은 충분히 용량이 커서 그 능력이 향상된 컴퓨터가 출현하여 유체역학, 열전달, 복사, 화학반응과 관련된 변수들을 동시에 풀어낼수 있게 되기까지는 어려웠던 것이 사실이다. 이후 영국 FRS와 미국 NIST의 엔지니어들과 기타 다른 기관의 연구가들이 그 필요성에 의해 재빠르게 화재모델링 프로그램들을 개발하여 출현시켰다.

화재모델링의 기본적인 이론서가 되는 화재역학 관련 교재로서는 1985년경에 출간된 Dougal Drysdale의 "Introduction to Fire Dynamics"가 최초이며 그 이후 James Quintiere가 독자들에게 더욱 친근감이 가는 제목의 "Principles of Fire Behavior"를 1998년

에 발간하게 되었다.

Quintiere의 “Principles of Fire Behavior”는 복잡한 수식을 배제하여 이해가 쉽도록 만들어진 것으로 화재조사를 담당하는 소방관들의 접근이 용이하도록 편성되어 있다.

이와 같이 1980년대 중반까지는 화재거동 관련 의 새롭게 개발된 이론들이 화재조사 분야로 넘어올 수 없었던 것이 불행한 현실이었다고 할 수 있다.

화재조사 분야도 그 이전부터 화재공학 분야와 병행하여 개발되어 왔으며, 화재조사 관련 과학은 화재원인이 무엇인지 어떻게 하면 이를 방호할 수 있을 것인지 등에 대한 이론적 지식의 욕구에서 태동되었다고 할 수 있다.

Paul Kirk가 1969년에 화재조사 관련의 과학에 근거한 이론서를 저술 하였는데 책의 제목은 “Fire Investigation”이었으며 이는 20세기 범죄과학 분야의 큰 업적으로 평가받고 있는 것이다. Kirk는 화재조사에 참여하는 개개인의 대부분이 화재거동을 깊이 다루는 기술적 서적의 접근이 용이하지 않다는 것을 인식하고 과학자들이나 비과학자 모두 화재거동의 기본 원리들을 이해할 수 있는 방향으로 편집하였다.

이후 John DeHann이 Kirk의 원본에서 많은 부족 부분을 보완하여 1983년에 수정증보 2판을 만들었으며 계속해서 증보를 거듭하여 최근 2006년에 6판이 발간되었으며 6판에서는 화재역학 및 화재모델링 부분이 많이 보강된 것을 알 수 있다.

화재조사 관련 기타 다른 책들이 지난 20-30년간 출현되어 왔으나 몇 가지의 예외적인 책들을 제외하고는 대부분이 의미에 대한 정리는 잘 하지만 실제로 이론적 지식이 빈약한 자들에 의해 저술되어 왔고 이들이 계속해서 잘못된 개념을 전파시켜 화재원인에 대한 오류 발생의 원인이 되어 왔다.

이러한 현실이 미국 등에서만 있어온 것이 아니며 우리나라도 화재조사 분야에서는 잘못된 이론의 전파가 지금까지도 지속되어 화재원인 조사가 신뢰를 받지 못해 법적증거 효력도 빈약한 것이 사실이다. 특히 우리나라에서는 20여년전에 일본에서 발간된 화재조사관련 서적을 표본으로 삼아 대부분의 이론서가 나오고 있고 각 소방학교에서 소방관들에 대한 교육도 이를 위주로 하고 있기 때문에 새로운 기술과 이론의 접목이 이루어지지 않아 상당히 구시대적

이고 이론적으로 잘못된 부분이 많다고 할 수 있다. 아주 단편적이고 확실한 예로서 ‘화재패턴(Fire Pattern)’을 잘못 이해하여 연소관련 이론을 집중적으로 다루고 있었던 것이 현실이다.

## 5. 컴퓨터내의 화재재현

미국에서는 1980년대부터 오랫동안 화재 조사관들이 화재모델을 위해 컴퓨터를 이용해 왔다. 그러나 우리나라에서는 아직 화재조사에 컴퓨터 모델이 거의 이용되지 않고 있는 실정이다.

전형적인 모델들로는 간단한 수치해석용 또는 ASET-B, FPETOOL, FAST 등이 있으며 이들 모델들을 이용하여 실내 뜨거운 가스층의 온도를 계산할 수 있고 뜨거운 가스층의 높이에 따른 위치를 결정할 수 있다.

최근 2000년대에 들어와서 미국의 NIST에서는 CFD모델인 Fire Dynamics Simulator(FDS)라는 새로운 프로그램을 개발하여 무료로 배포하고 있다. CFD 모델에서는 분석대상 방이나 건물이 작은 육면체의 제어체적(control volume) 또는 계산용 셀로 나누는 것이 필요하며 화재가스의 유동 상황을 모델화 하기 위해 질량, 운동량, 에너지 그리고 종의 보존원리를 이용하고 이에 근거하여 가스의 밀도, 속도, 온도, 압력, 종의 농도를 계산할 수 있게 된다. FDS에서는 가구, 벽, 바닥, 천장 재료의 특성치를 사용하여 화재성장과 확산을 모사(simulation)하여 전반적인 화재거동을 파악할 수 있게 된다.

FDS와 함께 사용하는 두 번째 프로그램인 Smokeview는 FDS모델 시뮬레이션의 결과를 보여주기 위해 개발된 과학적인 보기전용 프로그램이다. 모델링의 결과들은 스냅샷 또는 2차원이나 3차원의 애니메이션으로 보여질 수 있다. 화재조사와 관련하여 NIST에서는 이미 FDS를 이용하여 몇사람의 소방관이 사망하였던 한 주요 화재사건의 화재역학적 현상을 조사한 경험이 있다. FDS모델은 건물의 기하학적 구조, 재료의 열특성치, 소방대 출동 시간등을 고려하여 개발된 것이나 아직 불확실성이 있는 부분이 많아 계속 개발이 진행중이며 특히 연소모델(combustion model) 부분은 다양한 중간단계의 현상이 많아 이론적 해석이 쉽지 않고 수많은 연소반응의 모델을 수

치적으로 해석한다는 것이 쉬운 일은 아닐 것이다.

이 모델의 출력값등을 화재현장의 물리적 손상과 화재재현팀이 조사한 정보와 비교하여 검토하게 되며 이러한 화재재현의 이론적 Back-up을 통해 정확한 화재원인 조사가 이루어지게 된다. 화재재현팀은 여러가지의 환기조건이 다른 화재 시뮬레이션 뿐만 아니라 화재의 발생당시를 가장 잘 표현하는 방법을 찾기 위해서도 이 모델을 사용한다.

이러한 기법의 이용이 화재조사에서는 시초단계이긴 하지만 지속적인 연구를 통해 FDS와 Smokeview는 화재패턴의 재생이 가능하게 하고 화재 조사관들에게 조사하려는 화재의 발달 및 확산과 관련된 소중한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 이 방향으로의 모델이용 작업은 계속 개발이 진행 중이어서 곧 보편적인 이용이 가능할 것으로 판단된다. 시뮬레이션은 또한 화재역학의 효과를 입증시키기 위한 훈련용 도구로 사용될 수 있는 잠재성도 갖고 있다고 할 수 있다.

FDS를 이용한 화재 시뮬레이션과 연소패턴의 확인을 위해 미국에서 시행된 연구 프로젝트를 한가지 소개하면, 완전 스케일 화재 테스트로서 NIST의 CFD 모델인 FDS를 이용한 연소패턴 예측의 타당성을 조사하기 위해 Sarah Thompson과 Daniel Madrzykowski가 공동으로 실험한 것이다. 2.4 m×4.2 m×2.4 m 크기의 방내에 있는 석고보드 벽에 대해 설치된 0.2 m×0.2×0.05 m 크기의 헤파 팬의 화재를 이용하여 연소패턴을 조사하였으며, FDS를 구동시킬 때 헤파 팬의 열방출률 값을 변화시켜 가며 조사한 것이었다.

13 mm 석고보드의 발화온도가 400°C로 결정되었기 때문에 모델의 출력조건은 벽의 온도값이 200°C에서 425°C 범위가 되도록 설정되었다. 모델링 결과로 예측된 연소패턴을 실제 실험에서 측정된 연소패턴과 비교하여 그 차이를 분석하였고 이를 통해 완전 스케일 테스트에 근거한 가장 잘 부합하는 조건이 찾아지게 되었다.

선진국에서는 화재조사에 대한 많은 연구의 노력이 진전되고 있으며, 화재 조사관들이 그들의 임무수행을 위해 이용할 도구들이 점차 증가되고 있는 셈이다. 외국에서는 화재조사를 위한 미래도 위에서 설명한 방향으로 급속히 진전되고 있는데 우리나라는 아직 이런 방향으로의 관심이나 투자가 미흡한 것이 안타까울 뿐이다.

## 6. 화재조사의 신기술

컴퓨터를 이용한 화재모델링 기법 이외에도 다양한 새로운 도구나 기법을 이용한 화재조사 방법이 있다. 화재조사에 이용되는 신기술을 다음과 같이 제시할 수 있다.

- 1) INFRARED VIDEO IMAGING
- 2) TOTAL STATION SURVEYING SYSTEMS
- 3) LASER SCANNING OF SCENES
- 4) DIGITAL IMAGING CAPTURE
- 5) MRI AND CT IMAGING
- 6) POLYNOMIAL TEXTURE MAPPING
- 7) FIRE RESEARCH LABORATORY

## 7. 결 론

최근 20여년 동안 화재공학 분야에서는 괄목할만한 발전이 있었다. 구획화재의 화재거동도 많은 화재연구가들의 노력에 의해 새로운 개념으로 정리되어 왔다. 이는 미국, 영국 등의 화재분야 선진국에서의 활발한 연구 활동으로 대부분 재료들의 화재 관련 특성치들이 규명되었고 특히 재료의 열방출률 (Heat Release Rate)이 측정되어 화재의 강도 (Intensity)를 예측할 수 있게 된 결과라고 생각된다.

이렇게 개발된 화재공학 분야의 이론을 화재의 예방이나 방호를 위해서는 충실히 활용해 왔으며 오늘날 컴퓨터 용량의 확장으로 그 이용이 용이하게 되어 화재모델링을 통해 가상의 화재를 만들어 분석도 할 수 있게 되었고 이렇게 하여 성능위주설계도 가능하게 되었다.

한편 화재조사 분야는 이론적 Back-up의 부족으로 근거없는 예측에 의존하는 경우가 많았으며 과학적 이론에 근거하여 화재원인을 밝혀내야 한다는 필요성이 법정의 요구로부터 생겨나게 된 것이다.

이러한 필요성에 따라 화재연구가들이 화재조사분야에 화재공학적 이론을 접목하려는 시도가 계속되어 여러 가지 화재패턴에 대한 연구가 시작되었고 이러한 화재패턴들을 이용하여 컴퓨터를 이용한 화재모델링에 의해 발화에서부터 진압까지 전과정을 재현할 수 있게 되었으며 이로써 화재원인이 밝혀지

고 이것이 법정에서 증거로의 효력을 발휘할 수 있게 된 것이다.

그러나 아직 우리나라에서는 화재모델링의 화재조사분야 활용이 미흡하여 법정에서 증거로 이용되는 경우가 매우 드문 실정이나, 화재조사 분야도 소방관들의 업무영역으로만 묶어두지 말고 민간 컨설턴트들이 이 분야에서 더욱 기술적인 능력과 이론적 지식을 활용하여 제대로 밝혀 내도록 하면 방화(放火)와 관련된 범죄를 밝혀 내는데도 훨씬 도움이 될 것이다. 또한 소방관들도 화재조사분야에 종사하는 자들을 위주로 화재공학 분야 이론과 화재모델링을 위한 프로그램 활용에 대한 교육의 기회를 제공하여 이론적 지식으로 무장된 조사관들에 의한 근거있는 화재조사가 되어야 할 것이다. 아울러 화재조사관들이 구비해야 하는 장비들도 최신의 첨단장비로서 신뢰성이 향상된 것이어야 하며 이들을 이용한 첨단 신기술의 화재조사가 되도록 정책적 지원이 뒤따라

야 할 것이다.

또 한가지 중요한 것은 이러한 과학적 기법에 의한 화재조사를 위해서는 연구가 선행되어야 하므로 국가적인 연구노력의 집중이 필요하며 이러한 분야는 국가가 리더쉽을 발휘하여 안전한 사회를 이루고 국민이 안전한 삶을 누리도록 모든 노력을 경주하여야 할 것이다.



〈저 자〉

이 창 옥

한국방재엔지니어링

yichwook@hanmail.net