

## 주거시설의 화재 조사를 위한 한국형 화재성상 시뮬레이션 개발의 필요성 및 과제

권영진 · 이랑\* · 김동은\* · 김봉찬\* · 이주희\*\*  
호서대학교 소방방재학과 교수 · 호서대학교 소방방재학과 ·  
호서대학교\* 메카트로닉스학과 교수\*\*

### The Necessity and Assignment of Development of Simulation for Fire Investigation According to the Korea Situation in Residential Space

Kwon, Young Jin · Lee, rang\* · Kim, Dong Eun\* ·  
Kim, bong Chan\* · Lee, Ju Hee\*\*

Professor/Ph.D, Dept. Fire & Disaster Prevention of Hoseo Univ ·  
Fire & Disaster Prevention of Hoseo Univ\* ·  
Professor/Ph.D, Mechatronics Engineering of Hoseo Univ\*\*

#### 요 약

최근 국내의 경우 FDS를 이용한 성능설계, 화재영향평가 및 피난안전성평가등 다양한 분야에서 활발하게 사용되고 있으며 더불어 제조물책임법(PL법)과 실화책임에 대한 법률등이 새롭게 제정됨에 따라 화재조사 및 감정분야에 화재시뮬레이션이 적용될것으로 예상됨으로서 이러한 분야에 대한 화재시뮬레이션의 적용이 큰 이슈로 등장하고 있으며 이에 따라 소방방재청에서도 차세대소방기술에 대한 R&D로서 수행중에 있다. 본 연구는 이러한 상황에서 FDS를 화재조사에 활용함에 따른 문제점과 개선대책을 검토한 것이다.

#### 1. 서 론

최근 제조물책임법(PL법)과 실화책임에 대한 법률등이 새롭게 제정됨에 따라 화재조사 및 감정분야에 화재시뮬레이션이 적용될것으로 기대됨에 따라 이러한 분야에 대한 화재시뮬레이션의 적용이 큰 이슈로 등장하고 있으나 국내의 경우에는 화재조사를 위한 FDS의 연구는 매우 미흡한 상황이다. 한편 화재폭발조사 가이드인 NFPA921<sup>1)</sup>에 의하면 Time Line의 중요성을 언급하고 있으며 이러한 타임라인을 만드는데 화재역학분석도구를 사용함으로써 화재조건을 특정화재조사에 연결지을수 있으며 이러한 화재역학분석을 통하여 ①플래시오버가 일어나기까지의 시간 ②가스의 온도 ③가스의 농도(산소, 일산화탄소, 이산화탄소등)④연기의 농도 ⑤연기,가스 및 타지않은 가연물이 흐르는 속도⑥벽, 천장 및 바닥의 온도⑦연기감지기, 열감지기 및 스프링클러작동시간 ⑧문의 개폐, 창문파열, 또는

물리적사건의 영향등에 대한 환경의 특징을 예측할수 있는 것으로 규정하고 있다.

따라서 화재조사에 사용되는 화재시뮬레이션은 컴퓨터시뮬레이션상의 화재현장재현이라는 1차적 요소를 만족시키기 위해서는 화재신고후 화재진압까지의 Time line 과 일치하여야 한다는 기술적인 목표가 분명한반면 국내의 경우 물리적인 모델<sup>2)</sup>과 FDS의 검증을 통한 개선방향에 대한 1차적인 보완<sup>3)</sup>이 되었을 뿐 화재조사분야에 활용하기위한 문제점조차 아직 구체적인 연구성과가 매우 미비한 실정으로 최근 소방방재청에서는 이에 대한 대책연구과제<sup>4)</sup>로서 수행하고 있다. 따라서 본연구는 소방방재청 차세대핵심과제로서 수행중인 내용을 소개하고 향후 FDS를 국내 주거시설의 화재조사분야에 적용할수 있도록 문제점과 대안을 모색한 것이다.

## 2. 한국 상황을 고려한 화재 조사를 위한 시뮬레이션개발의 필요성 및 과제

### 2.1 한국형 시뮬레이션 기술의 필요성

한국의 주거시설의 특수성은 미국, 유럽 및 일본등과 달리 단독주택보다 오히려 공동주택의 비율이 커지고 있고 이러한 공동주택또한 90년대후반부터 고층화 및 초고층화되는 현상을 들수 있으며 이에 따른 화재성상에 미치는 바람 및 외장재의 효과와 더불어 상층 부로의 연소확대위험성에 대한 검증이 무엇보다도 중요한 것으로 사료된다. 또한 고층화되는 현상이외에도 고기밀화되는 주거시설의 시스템화와 주거시설의 가연물들에 대한 고분자화에 따른 플래시오버 발생위험성이 높아짐에 따른 검증도 요구된다. 아울러 최근의 화재경향에 중요한 요인으로서 방화비율이 높아짐에 따른 화원에 대한 철저한 검증이 요망된다. 이러한 상황은 FDS에 대한 국외의 연구결과를 정리한 결과<sup>5)</sup>인 FDS가 국내에서 적용되기위한 선행조건으로서는 국내 가연물에 대한 열특성치 특히 HRR값등에 대한 데이터베이스구축이 절실하고 가연물들에 대한 착화 및 연소모델등에 대한 재검토와 더불어 환기조건을 고려한 화재성상에 대한 재검토 특히 플래시오버발생시기 및 감쇠기등에 대한 예측등에 대한 철저한 분석이 요망되었던 사례와 일치하는 부분도 크다. 참고로 표1과 그림1은 현재수행중인 화재시뮬레이션에 필요한 데이터 및 모델을 확보하기위한 절차 및 내용을 나타낸것이다. 또한 다음에 정리한 것은 CFD를 이용한 화재조사수행시 반드시 검토하여야 할 내용을정리한 것이다.

(1) 실화재에서는 출화의 위치 및 시각등을 정확하게 파악하는 것은 불가능하고 이와같은 초기조건에서의 약간의 차이가 지배방정식의 비선형성에 의하여 결과를 크게 상이하게 될 가능성이 높으므로 이에 따른 화재진전시나리오가 바뀌게될 위험성이 크다. 따라서 실화재에서는 수치시뮬레이션을 위한 초기조건의 설정이 매우 어려울 것으로 사료된다.

(2)방화설비의 상황 벽면의 손상 연소의 확대에 따른 경계조건이 시시각각 변화한다. 예를 들면 벽면의 연소로인한 부분적파손은 장애물로서의 경계를 잃는것만이 아니라 밀폐공간 이라면 그 파손된 부위로부터 신선한 공기가 유입되어 가연물의 연소성상도 변화된다. 이러한 경계조건의 변화를 모두 파악하여 수행하여야만 한다.

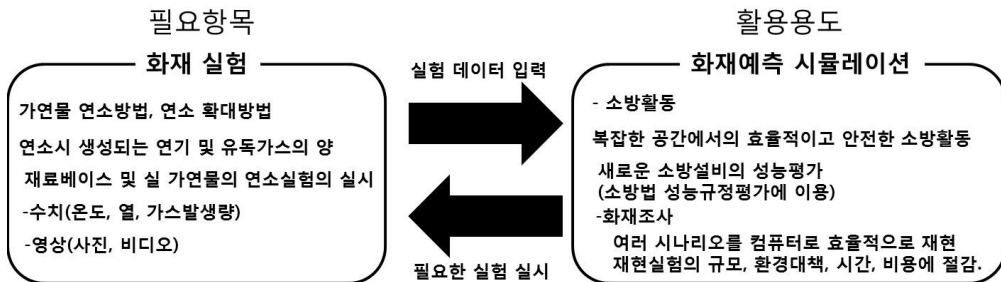
(3) (2)와 마찬가지로 실제의 화재에서는 스프링클러등 소화설비의 작동 및 건물내의 피난자의 행태도 고려하여야 하므로 CFD에 의한 수치시뮬레이션만으로 예측하는 것은 불가능한 것이 많다.

(4) 가연물의 연소에서 화학반응을 동반한 마이크로적인 스케일의 해석과 대류와 확산으로 평가되는 매크로적인 스케일의 해석이 상존하므로 수치시물레이션을 위한 보다 면밀한 연소모델의 등장이 요구된다.

표1 및 그림1과 더불어 전술한 내용과 같이 한국주거시설의 특징(가연물, 내외장재, 고층화, 유리, 바람의 효과, 소화설비 및 방화특성등)에 대한 검토와 더불어 화재시나리오상의 초기조건 및 경계조건등과의 관계분석과 기존소방관서에서 실시한 재현실험과의 분석을 통하여 한국의 주거시설상황을 고려한 FDS의 검증과 문제점개선이 무엇보다도 중요한 것으로 판단된다.

**표1. 화재시물레이션에 필요한 화재실험데이터**

목적	데이터 항목	데이터 형태	측정방법
입력데이터	연소 속도(발열속도, 중량감소속도), 화원 면적, 연소생성물(가스, 연기)	시계열 데이터	룸칼로리미터, 페니쳐칼로리미터
연소모델 구축	착화시간, 발열량(총량, 단위면적당) 발열속도, 중량감소속도, 연소생성물량	시계열 데이터, 환경(복사열, 온도, 산소농도)별 데이터	룸칼로리미터, 콘칼로리미터, 기타 각종 연소 실험 장치
타당성 검증	온도, 복사열, 연기형성 추이, 연소 생성물(가스, 연기농도, 연소상황 등)	공간별시계열데이터	모형실험, 실대화재실험 등



**그림1. 화재실험데이터베이스와 화재시물레이션의 관계**

## 2.2 한국의 주거시설특징을 고려한 FDS의 검증과 문제점개선프로세스

이러한 상황에서 소방방재청의 차세대핵심연구프로젝트로서 향후 3년간 실시하도록 되었으며 이에 따라 다음과 같은 프로세스에 준하여 연구를 수행하고 있다.

### (1) 국내 주거시설의 화재사례 통계분석을 통한 주택초기화재의 전형적인 패턴추출 및 화재시나리오의 정립

최근 5년간의 화재통계데이터 및 화재감식데이터등을 이용하여 주택초기화재의 전형적 패

턴을 추출하고 발화원, 착화물패턴 등을 체계적으로 정비하여 일반화재와 방화등을 포함한 주택화재시나리오를 정립한다.

### (2) 가연물조사와 주요가연물 연소특성실험을 통한 주택화재 데이터베이스의 구축

단독주택 및 공동주택등에 대한 가연물조사를 실시하여 주거시설의 표준적인 가연물을 정비후 화재사례분석과의 관계를 통하여 표1에 나타낸바와 같이 주요가연물에 대한 연소특성실험을 통하여 주택화재 데이터베이스를 구축한다. 특히 고분자계 가연물들에 대한 유독성도 독성가스발생모델을 통하여 정리한다.

### (3) 국내외연구자료분석을 통하여 FDS에 대한 모델검증 및 FDS를 이용한 화재조사사례 등의 분석을 통하여 개선모델구축 및 한국주거시설의 특성을 고려한 새로운 화재성상모델의 구축

국내 주거시설의 특징으로 조사된 외장재연소모델, 불티모델, 유리파손모델, 스프링클러시스템작동시의 모델, 개구부분출화염모델에 미치는 바람의 영향모델과 더불어 방화트레이로 사용되는 화원들에 대한 모델화를 통하여 기존의 FDS에서의 한계점인 내용들을 체계화하고 각종 소방관서에서 시행한 재현실험과 아울러 중소규모의 실험 및 실규모실험을 통하여 개선된 모델의 검증은 실시한후 미국,일본 및 유럽연구진들과 워크샵을 개최하여 연구성과를 공유한다.

## 3. 결 론

FDS를 활용하여 한국의 주거시설에서 발생하는 화재조사를 위한 한국형화재시물레이션 프로팩트로서 본 연구진이 수행할 내용은 다음과 같이 요약할수 있다.

- (1) 국내 주거시설의 화재사례 통계분석을 통한 주택초기화재의 전형적인 패턴추출 및 화재시나리오의 정립
- (2) 가연물조사와 주요가연물 연소특성실험을 통한 주택화재 데이터베이스의 구축
- (3) 국내외연구자료분석을 통하여 FDS에 대한 모델검증 및 FDS를 이용한 화재조사사례 등의 분석을 통하여 개선모델구축 및 한국주거시설의 특성을 고려한 새로운 화재성상모델의 구축

### 감사의 글

본 연구는 2011년 소방방재청 차세대 핵심소방안전기술개발 과제 1665005762 [NEMA-차세대-2011-3] 지원에 의하여 수행하였으며, 관계자들에게 감사드립니다.

### 참고문헌

1. NFPA 921. NFPA921, Guide for Fire and Explosion Investigations, NFPA, 2004
2. 소방방재청 국제공동연구,도시화재의 물리적 연소성상예측모델구축 및 이를 활용한 도시화재 리스크평가기법의 개발 09.02~10.2(과제책임자 : 권영진)
3. 중기청 국제공동연구, 건축구조물의 가연물 및 개구조건에 따른 화재(열, 연기)성상 예측시물레이션개발, 09.06~11.05(과제책임자 : 권영진)
4. 소방방재청 주거시설의 화재감식지원 시물레이션 개발,11.04~14.03(과제책임자 권영진)
5. 이랑외,국외 FDS 연구동향 및 적용사례 분석, 한국화재소방학회 추계학술발표대회 논문집, 2011