

## 위험도 기반 화재안전관리 시스템(FSMS)의 제안

정 창 기<sup>†</sup>

Jeong, Chang-Ki<sup>†</sup>

방재시험연구원

### 1. 서 론

“이 법은 화재를 예방, 경계, 진압하여 국민의 생명, 신체 및 재산을 보호함으로써...”는 우리 소방법 제1조(목적)의 한 대목이다. 소방법에서는 당연히 인명안전을 최우선으로 하고, 재산 보호를 그 다음의 목적으로 하고 있음을 명시하고 있다. 우리 나라가 산업화의 길로 들어 선지 어언 3, 40년이 경과하고 있지만 그러한 와중에 화재발생건수도 크게 증가하고 대형 화재사고가 발생할 때마다 대책 마련에 고심을 한 것이 어제 오늘 일이 아니다. 그럼에도 불구하고, 씨랜드 화재나 인천 호프집 화재 같은 참담한 화재사고가 끊이지 않고 발생하는 것은 무슨 연유일까? 그 연유를 검토해보기로 하자.

우리 국민 한 사람이 일생 동안 화재를 겪을 확률은 얼마나 될까? 99년도에 보고된 행자부 통계에서는 화재발생건수가 33,856 건에 이르고 있다고 보고하고 있다. 우리 국민을 4300만으로 기준할 때, 우리나라 국민 1인이 한 건의 화재를 경험할 확률은 1270년에 한번 정도이다. 이것은 많은 사람이 일평생 1건의 화재도 경험할 수 없는 경우가 대부분임을 말해주고 있다. 이런 연유 때문에 화재는 남의 일이지 내일이 아니라고 생각하게 되고 이것이 결국 화재에 대한 자세를 소극적으로 만드는 직접적인 요인이 되고 있는 것으로 생각된다. 그러나, 화재가 인명 및 재산상의 직접손실뿐만 아니라 직접손실로 인한 기업의 생산중단, 타인의 재산손실에 대한 배상책임, 심각한 영업적 손실, 그밖에 여러 가지 심리적 고통 등, 눈에 보이지 않는 간접손실을 고려해보면 화재는 가벼이 보아 넘길 일이 아니며, 특히 화재발생빈도가 높은 업종에서는 더욱 그러하다.

대부분 기업의 경영자는 화재에 대해 문외한인 경우가 많다. 그러므로 기업의 경영자도 화재가 나의 일이 아니라는 일반인의 인식과 크게 다르지 않다. 이것이 방재에 대한 투자를 소홀히 하는 원인이 되고 있다. 그

러나, 기업의 본질이 이윤추구에 있고, 이익이 있는 곳에 투자한다는 기업의 본질을 염두에 두면 기업으로 하여금 적극적인 방재투자를 유도할 수 있는 해답은 자연스럽게 도출될 수 있다.

본고에서는 화재안전을 통한 기업의 경영측면에 초점을 맞춰 인명 및 재산상의 손실 위험에 대한 화재의 발생과 성장과정을 화재시물레이션 기법을 통한 위험관리 단계에 의해 해석해보고, 향후 우리의 화재안전에 대한 보다 논리적인 접근방안으로 하나의 시스템을 제안하고자 한다.

### 2. 위험관리(Risk Management)의 개요

위험관리와 안전관리와 큰 차이점은 안전관리가 인명안전에 기반을 둔 관리 시스템이라면, 위험관리는 인명 및 재산 손실 위험을 막론(그러나 재산손실 측면이 강함)하고 위험으로 인한 사고 발생빈도와 심도 측면에서 위험도를 구분하는 방법론에 기반을 두고 있으며, 그러한 위험도의 기반 하에서 인명 및 경제적 효과 측면에서 최선의 대안을 강구하지는 것이다. 아래에 간략화 한 위험관리의 과정을 소개하고, 이해를 돕기 위하여 각 과정을 간단히 설명한다.

위험성 확인 → 위험성 분석 → 위험도 평가 → 적정방안의 수행

#### 2.1 위험성 확인(Hazards Identification)

일상생활의 과정(산업시설에서는 공정) 중에 잠재된 화재위험성을 파악하는 과정으로 위험 분석의 대상을 확인하는 과정이다. 일반적으로 안전점검이나 위험조사가 이 과정에 해당한다.

#### 2.2 위험성 분석(Hazards Analysis)

파악된 위험성이 어떻게 위험한지를 분석하여 위험을 이해하기 위한 과정이라고 할 수 있다. 우리가 위험하다고 하는 것은 막연한 평가라고 할 수 있다. 그러한 관념을 자세히 들여다보면 위험을 느끼는 관점은

<sup>†</sup> E-mail: filk2000@unitel.co.kr

실은 2가지 측면에서 위험하다고 할 수 있다. 즉, 위험이 얼마나 자주 발생하며 또 발생한 위험이 얼마나 크게 나타날 것인가 하는 것이다. 말하자면 위험의 발생빈도(Frequency)와 그 결과적 심도(또는 강도, Severity)라 할 수 있다. 위험의 발생빈도와 심도만 알 수 있다면 발생될 우려가 있는 위험의 정도를 확실히 이해할 수가 있는 것이다. 위험성 분석이란 바로 이러한 위험을 이해하기 위한 과정이라 할 수 있다. 위험을 이해하는 방법으로 가장 일반적인 방법은 위험성을 數値로 표현(즉, 위험성 정량화)한다.

**2.3 위험도 평가(Risk Assessment)**

위험성 분석(Hazards Analysis)이 끝나면(즉, 위험성이 정량화되면) 위험성은 위험도(Risk)로 바뀐다. 이 과정에는 수치화 된 위험도가 어떠한 상태인가를 결정하는 과정이다. 바꿔 말하면 위험도에 上, 中, 下라는 등급을 부여하는 과정이라고 할 수 있다. 예를 들어, 上이라는 위험도는 수용 불가능한 위험도, 中은 보통 정도의 위험도로 때에 따라 수용 가능한 위험도로, 下는 언제나 수용 가능한 위험도로 정의해 놓는다면 이것에 해당하는 위험에 대해서는 보다 합리적으로 대처할 수 있지 않을까? 위험도 평가(Risk Assessment) 단계에서 평가기관의 기준에 따라 수용 가능한 위험도(Acceptable Risk)를 결정하여 위험을 해석한다.

**3. 화재위험성 분석의 과정**

위험관리 단계 중 위험성 분석의 단계는 추상적 위험을 보다 확실하게 이해하는 과정이라고 할 수 있다. 이것은 안전관리에 대한 접근을 명확하게 정의하는 부분으로 안전관리의 효과를 극명하게 드러나게 하는 단계이다. 위험성 분석은 안전관리 시스템을 보다 능률적으로 수행케 할 수 있는 가장 필수적인 분야이다. 화재위험성을 파악하고 그것의 빈도와 결과(심도)의 평가를 통하여 효과적인 제어방안(위험의 감축이나 제거 등)이 결정되기 때문이다.

화재위험성 분석은 통상 화재위험성의 체계적인 파악으로 시작한다. 그리고 나서, 상대적으로 덜 피해를 미치는 것과 위험도 수용기준에 의하여 정의된 희박한 화재위험을 제거하기 위하여 빈도분석기법(Fault tree 및 Event tree)에 의해 위험을 선별한다. 그런 다음에, 남아있는 중대사상(상당한 손실이 발생할 수 있는 위험성)에 대하여는 결과분석(Consequence analysis)을 수행하여 그들의 잠재적 영향을 제어하고 완화하기 위해 필요한 조치에 대한 정보를 만들어 낸다.

체계적인 화재위험성 분석(정량화) 과정을 다음과 같이 요약한다:

- 위험성 파악 : 어떤 상황이 위험해질 수 있는가?
- 개시사상의 분석 : 그러한 위험이 어디서 얼마나 자주 나빠지고 있는가?
- Event tree analysis : 무엇이 화재로 발전하는데 기여하는 요소인가?
- Consequence analysis : 그 화재는 얼마나 심각하며 결과는 얼마나 될 것인가?
- 안전 관련사항 : 인명, 재산, 환경안전에 미치는 영향(effect)은 어떠한가?
- 위험도 계산 : 인명 위험, 사회적 위험 및 개별적 변수에 대한 상대적 기여도는 어떠한가?
- 수용기준에 따른 계산된 위험도의 평가
- 안전기준에 부합하고 위험도를 완화하기 위한 실제 방안의 파악 및 설계 착수

이상과 같은 위험도 평가의 단계를 flowchart로 제시한다.

**4. 위험도 기반 화재안전관리 시스템(FSMS)의 제안**

위험도는 위험의 발생빈도와 결과적 심도의 곱으로

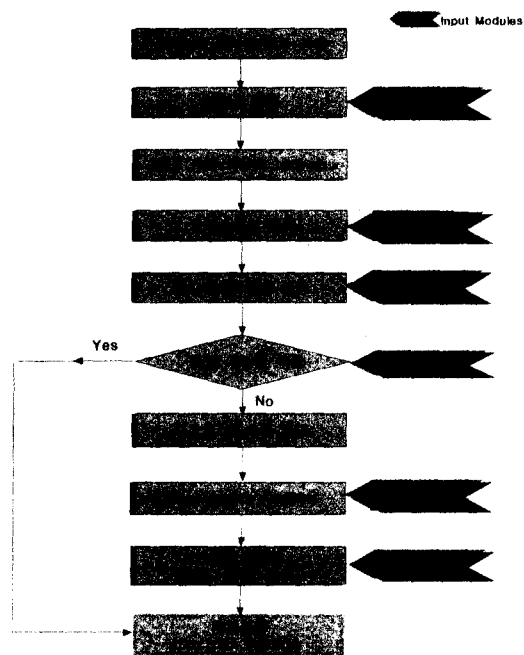


그림 1. 위험관리 절차

단계	추진내용
1단계 : 위험성 확인	· 가연성/인화성 물질의 파악 · 열연기의 확대요소의 검토
2단계 : 간이 위험성 분석	· 상대 위험도 산정을 위한 토의 · 중대 위험군 선정
3단계 : 화재 시나리오 설정	· 중대 위험군의 화재시나리오 구성
4단계 : 상세 위험분석	· 건물화재 Simulation · 피난 Simulation · 공정 화재 폭발 확산 Modeling
5단계 : 성능 검증	· Hot smoke test · Mock-up test
6단계 : 영향 평가	· 직접 피해 - 인명 및 재산 피해 산정 · 간접 피해 - 생산중단 손실 분석 및 피해액 산정 - 배상책임 발생분석 및 피해액 산정
7단계 : 최선의 대안 선택	· 보수 및 증설 비용의 견적 · Cost-Benefit 분석
8단계 : 선택된 대안의 수행	· 설비의 보수, 증설, 신설 · 관리방안의 보완, 시행
9단계 : Monitoring 및 Review	· 과정의 지속적 추적 관찰 · 결과의 검토 및 재순환
10단계 : 효율적 위험재무 대책	· 보험대책(상업보험 측면) - 최적의 요율 구득 · 위험관리기금의 구축 - Self Retention - Captive Insurance

나타낸다. 위에서 제시된 위험관리 Flowchart는 위험관리의 단계를 좀더 세분화한 것이며, 이 가운데에서 가장 핵심은 위험성 분석, 즉 찾아낸 위험성에 대한 발생빈도와 심도를 구하기 위한 단계이다. 상기 Flowchart는 앞에서 전항에서 기술한 간이 위험관리 단계와 맥락을 같이한다. 그러나 Flowchart에서 제시된 위험관리 과정은 우리가 실무에 적용하기는 불가능하다. 왜냐하면, 상기 화재위험분석의 과정은 개시사상 각각에 대한 확률을 요구하고 있는데, 우리나라의 환경에서는 개시사상의 확률 구득이 매우 어렵기 때문이다. 이 부분의 해석을 위하여 해외 데이터를 사례별 비교목적으로 단편적으로 인용하고는 있지만 체계적 분석에는 보다 많은 데이터와 신뢰성이 요구되기 때문에 이들 데이터의 활용은 매우 제한적이다. 이것은 우리의 안전관리가 기초 데이터의 축적에 소홀한데 그 원인이 있으며 그러한 기반 데이터의 축적 없이는 고급

안전관리기술의 창출이 어려울 것으로 사료된다. 최근 일부 기관에서는 이를 위해 화재사고 Data Base를 운영하고 있으나 이를 활용한 사례별 빈도는 아직까지 제시하지 못하고 있다. 이러한 안전관리의 구조적 취약성 때문에 상기 Flowchart 시스템을 활용하기는 어렵다. 따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Heinrich가 제안한 간이 위험도 분석법을 도입하여 실무 적용이 가능한 화재안전관리 시스템(Fire Safety Management System: FSMS)을 아래에 제안하고 주요 단계를 간략히 설명한다.

#### 4.1 위험성 확인(Hazard Identification)

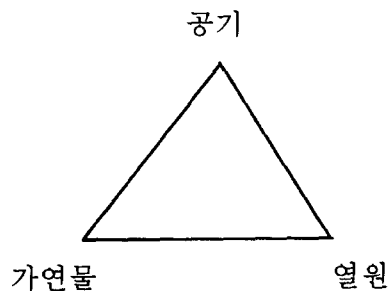
위험도를 결정하는 것은 잠재된 위험을 찾아내는데에서 출발한다. 안전점검이나 위험조사는 위험관리 과정중의 첫 단계인 '위험성 확인'이다. 잠재된 위험을 심도 있게 찾아내기 위해서는 관련분야에 대한 지식이 풍부해야 된다. 잠재된 위험을 식별하기 위해서는 연소물질에 대한 물성을 잘 파악해야 한다. 조사자는 이 과정에서 잠재된 위험성을 찾아내는 것으로 우리는 이것을 Hazard라 한다. Hazard란 설비의 피해나 상해에 대하여 잠재적 위험을 가지고 있는 물리적, 화학적 상태로 危險性을 지칭하는 말이다. 이에 반하여 Risk란 잠재적 상해나 설비의 피해 가능성이나 크기의 정도를 나타내는 말로서 危險度라 지칭할 수 있다.

##### ■ 위험성 확인을 위한 점화원의 예

화재나 폭발이 일어날 수 있는 것은 연소의 3요소가 모두 갖추어져 있을 때이다.

따라서, 연소의 3요소 중에서 공기의 존재를 제외한 가연물과 점화원이 얼마나 광범위하게 분포되어 있는가에 따라서 화재나 폭발의 발생빈도가 정해진다고 보아야 할 것이며, 이는 가연물, 점화원의 존재 및 관리상태와 관련이 있다.

Lees(1991)는 다음과 같은 잠재적 점화원을 제시하였다.



- 화염, 직화 및 적열된 표면
- 放火(arson)
- 용접 용단 작업
- 자기발열(self-heating)
- 기계적 스파크
- 정전기(static electricity)
- 화학적 에너지
- 전기설비
- 차량(vehicles)

여기서, R : 위험도  
 F : 위험사상의 발생 가능성  
 E : 노출인자  
 C : 결과인자

Heinrich의 화재발생빈도와 관련된 요소를 현장의 상

**4.2 간이 위험성 분석**

전술한 바와 같이 화재위험도는 발생빈도(Frequency)와 피해심도(Severity)의 곱으로 나타낸다. 이번 단계에서는 확인된 위험성에 대하여 화재발생빈도와 화재피해의 심도를 분석하는 과정을 수행한다. 제안 시스템에서는 개시사상의 사고발생확률 평가 대신에 Heinrich가 제안한 방안을 채택하였다. Heinrich는 사고발생 확률을 위험사상의 발생 가능성(즉, 점화원의 존재 가능성=점화원의 분포도)과 연소물질의 노출도의 곱으로 대체하고 아래와 같은 위험도 산출식을 제안하였다. 점화원이 많으면 많을수록, 또한 가연물이 점화원에 보다 많이 노출될수록 화재발생빈도는 높아진다는 연소의 3요소론에 기반을 둔 평범하지만 매우 합리적 방법으로 생각된다.

Heinrich가 제안한 위험도는 아래와 같으며, 위험사상의 발생 가능성(즉, 점화원 분포도)과 가연물 노출도의 곱은 화재발생빈도(Frequency)에 해당한다. 여기서, 심도(Severity)는 화재의 결과(Consequence)로서 인명 및 재산피해의 정도를 나타낸다. 각 요소의 배정 기준(=점수)을 함께 제시한다.

$$R = (F \times E) \times C$$

↓            ↓            ↓  
 위험도 = (빈도) × 심도

**표 1. 위험사상의 발생 가능성(F)**

가능성	값
* 흔히 예상될 수 있는	10
매우 가능성이 있는	6
통례적이지는 않으나 가능성이 있는	3
* 단지 먼 장래에 가능성이 있는	1
생각할 수는 있으나 거의 가능성이 없는	0.5
현실적으로 불가능한(Practically)	0.2
* 이론적으로 불가능한(Virtually)	0.1

**표 2. 노출 Factor(E)**

가능성	값
* 지속적인	10
자주(매일 1회정도)	6
때때로(매주 1회정도)	3
통상적이지 않은(매월 1회정도)	2
* 드문(일년에 몇번)	1
매우 드문(매년 1회정도)	0.5

\*기준점

**표 4. 위험도에 따른 위험 상황**

위험도 점수	위험 상황
> 400	매우 높은 위험도; 불연속적인 조업이 고려됨
200~400	높은 위험도; 즉시 시정이 필요함
70~200	실제적 위험도; 시정이 필요함
20~70	가능한 위험도; 주의가 필요함
> 20	위험; 아마도 수용이 가능함

**표 3. Consequence Factor의 배정(C)**

구 분	피해결과 (Consequence)		Factor
	인명피해	재산손실	
*과국적인	10인 이상의 사망자	>1천만\$ (130억₩)의 손실	100
재해	3~9인의 사망자	>1백만\$ (13억₩)의 손실	40
매우 심각한	1~2인의 사망자	>1십만\$ (1억3천만₩)의 손실	15
심각한	심각한 상해	>1만 \$ (1300만₩)의 손실	7
중대한	작업 불가능한 상해	>1천 \$ (130만₩)의 손실	3
*인지할 수 있는	사소한 응급 사고	>1백 \$ (13만₩)의 손실	1

\*기준점, 1\$ ≙ 1300원

황과 연계하여 정리하면 다음과 같다. 예컨대, 잠재적 점화원의 숫자가 많거나 가연물의 관리상태가 불량하다면 당연히 화재가 발생할 가능성(즉, 빈도)이 높아진다고 할 수 있다.

마찬가지로, 심도는 화재후 인적, 물적 손실의 크기로서 손실의 크기에 영향을 미치는 인자로 생각할 수 있다. 그러한 것으로 다음과 같은 요소를 생각할 수 있을 것이다.

빈도 요소	현장에서의 확인요소
위험사상의 발생 가능성(F)	① 잠재적 점화원의 관리 상태 ② 화기와 가연물의 매개체(불특정 다수인 및 흡연가능자의 존재)의 관리 상태
노출인자(E)	① 잠재적 점화원의 분포 범위 및 점화원의 숫자 ② 가연물의 분포 범위

표 5. 확인된 위험성에 대한 분석 결과의 예

위험의 종류	미흡 및 불량한 사항	미흡 및 불량한 장소	빈도		심도	위험도		
			F	E	C			
화재 폭발 위험	화기	· 주방 후드덕트의 그리스 제거	각 음식점 주방	6	6	7	252	
	위험물	· 경유유내탱크 저장실 전기시설은 방폭형으로 교체	발전실	3	2	15	90	
		· 페인트류 사용시 화기관리 철저, 철제함 내 보관	11층 방송국 세트 작업장	6	3	7	126	
		· 본드류 사용시 화기관리 철저, 보관시 철제함 내 보관요	2층 구두 수선실	6	2	1	12	
손실 예방 피해 경감	연소확대방지	· 3,000 m <sup>2</sup> 이내로 방화구획요	지하1층	1	0.5	1	0.5	
		· 용도별 방화구획요	주차장	3	0.5	1	1.5	
			공연장	3	2	7	42	
			발전실, 변전실	3	2	3	18	
		· 각종 설비의 방화구획 관통주위 방화조치	PD, ED, PVC 배수관	3	6	7	126	
		· 연기감지기 연동용 방화샷타는 정상동작 가능토록 보수	방화샷타 설치장소	6	3	15	270	
	· PVC 배수관은 철제관으로 교체	PVC 배관	1	3	1	3		
	피난	특피	· 전실용 급기덕트 관통부 주위 방화조치요	특피 전실	3	1	15	45
		비상용 승강기	· 비상용 승강기에 배연설비 설치요	6, 9호기	3	3	7	63
	소방	옥소	· 옥내소화전 저층용 펌프 기동장치 출력 불량으로 보수요	방재실 기동용 패널	3	3	15	135
		SP	· Sp헤드 살수 장애로 보수요	지하1층 식당	6	0.5	1	3
		Halon	· 기동용기 정상동작 안됨	지하 전기실	3	1	7	21
			· 중간 벽체 설치 부분에 헤드 미설치	11층 조정실	3	1	1	3
		CO <sub>2</sub>	· 사람이 상주하는 장소는 질식우려 있으므로 할론 1301로 교체	CO <sub>2</sub> 설치장소	3	1	3	9
		경보	· 오동작 회로 보수	3층 주방	6	6	3	108
· 도색감지기 보수			3층특수판매팀	3	1	1	3	
기타		· 제연설비 전실용 급기팬 작동불량으로 보수	지하1층	6	3	7	126	
관리	· 방재실 방화구획 보완	방재실	1	0.5	3	1.5		

심도 요소	현장에서의 확인요소
화재사고의 결과(C)	① 가연물의 량 ② 연소속도 ③ 소방시설의 관리상태 ④ 방화구획 ⑤ 건물 구조 등

이상의 요소는 빈도 및 심도가 화재 폭발에 영향을 미치는 요소들을 실무 차원에서 적용성 여부를 놓고 검토해 본 것이다. 이들 요소들을 일일이 정성적으로 검토해 볼 수는 없는 것이므로, 잘 작성된 Checklist (예, 한국화재보험협회의 위험조사 보고서는) 화재 폭발과 관련된 항목들을 거의 수렴하고 있다. 따라서, Checklist상의 미흡한 사항들에 대한 빈도 및 심도의 구분 결과를 근거로 하여 위험성 분석을 수행한다. 아래 사례는 Heinrich 방식에 의한 간이 위험분석 사례를 제시한 것이다.

여기서 주의해야 할 것은 손실예방 피해경감 부분의 평가이다. 예를 들어 어떤 장소에 스프링클러 설비가 설치되었을 경우에는 해당장소에서 화재사고 발생시 당해설비의 작동으로 어떤 효익을 얻을 수 있는 부분에 대한 직접적인 화재/폭발 위험성을 평가해야 한다.

**4.3 화재시나리오의 설정**

상기 위험분석결과에 따라 화재 안전상 문제가 있는 것으로 도출된 사항을 근거로 하여 조사자의 경험 및 기술과 현지 근무자의 견해를 바탕으로 토의한 결과가 가장 피해가 클 것으로 예상되는 화재사고(이하 “시나리오”)를 다음 2가지로 상정한다.

Scenario No	예상되는 화재 사고
No 1	3층 음식점 주방의 후드덕트 내부에 고착된 그리스에 화염이 인화되어 후드덕트 내부로 전파하여 상층부로 연소확대
No 2	3층 음식점 주방 화재로 인한 연기가 중앙의 에스카레이터실 구획용 방화셔터의 고장으로 전층의 연기 및 화염 확산

이 분류 방식은 위험도의 크기에 의하여 화재사고 시나리오를 설정한 것이다. 이러한 시나리오 설정의 이면에는 건물의 가장 취약한 부분에서 화재가 발생하는 것에 초점을 맞추어 시나리오를 설정한 것이라고 할 수 있다. 그러나 화재시나리오의 설정은 꼭 위험도의 크기만으로 결정되는 것은 아니다. 특정위험에 대한 화재시나리오를 설정할 때도 있지만 중요한 것은 화재시

나리오 설정은 논리성을 갖추어야 한다는 것이다.

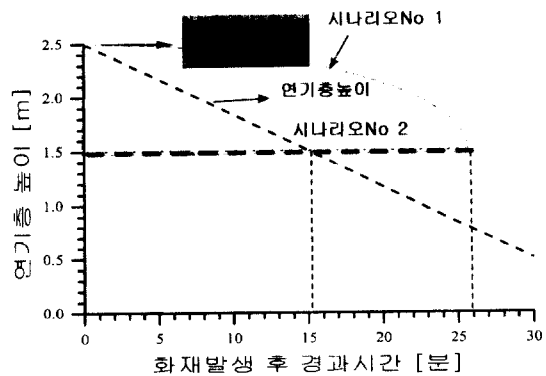
**4.4 상세 위험분석**

이 단계에서는 위에서 설정된 화재시나리오가 내포하고 있는 위험성을 용이하게 판별할 수 있도록 각 시나리오에 대한 위험성을 정량화한다. 화재로 인한 위험성은 크게 열과 연기로 대별된다. 열적 피해는 복사열의 크기를, 연기는 인명피해의 가장 주된 요소인 일산화 탄소(CO)의 농도와 연기층의 높이를 산정한다. 이들 요소들이 화재시 건물 내 인명에 대한 직접적인 위험요소이다. 위에서 상정된 화재 시나리오에 대하여 화재 Simulation 기법을 도입, 이들에 대한 위험성을 정량화 한다.

■ 연기층의 높이 변화에 따른 위험 분석의 예

아래 그림은 상기 화재 시나리오 No 1, 2에 의한 연기층 높이의 시간대별 변화를 Simulation한 그림이다. 화재가 발생한 후 시간이 경과할수록 연기는 천장면으로부터 아래쪽으로 확산된다. 내실자가 생존 가능한 연기층의 높이를 바닥으로부터 신체의 호흡기인 코의 높이(바닥에서 약 1.5 m)로 정의하면, 화재가 성장함에 따라 연기층은 하강할 것이므로 상부로부터 바닥에서 1.5 m까지의 높이에 연기층이 도달하는 시간이 피난 가능시간이 됨을 알 수 있다. 우리는 이러한 시간을 계산함으로써 적정 피난 계획을 수립할 수 있다.

아래 그림에서, 시나리오 No 1의 경우에는 호흡선 아래로 연기층이 하강하는 시간은 화재가 발생한 후 26분 후이며, 따라서, 26분 이내에 대피해야 하고, 시나리오 No 2의 경우에는 15분에 호흡선 이하로 연기층이 하강하므로 15분 이내에 대피해야 한다는 결론을 내릴 수 있다.



상세 위험분석을 통하여 화재 위험성을 정량화 함으로써 우리는 화재위험을 구체적으로 정의할 수 있다.

만일 이러한 위험분석 과정을 거치지 않았더라면 화재를 막연히 위험하다고만 했을 것이며 구체적 대안을 제시하지 못했기 때문에 시설개선에 소극적이 될 수밖에 없다. 연기층의 높이 변화에 따른 인명피해가 예상될 수 있으므로 해당 장소의 수용인원 대비 제연설비의 배출용량도 당연히 공학적으로 계산될 수 있을 것이다.

아래에 상세 위험분석을 위한 옥내 외 화재 폭발 현상에 따른 Simulation 계통도를 제시한다.

4.5 영향평가

이 단계에서는 화재 Simulation 결과에 의해 목적물에 미치는 복사열 강도와 연기(특히, CO)의 유독성이 인체에 미치는 영향을 측정한다. 상세 위험분석에서 제시된 연기(CO) 및 열의 인체 및 피사체(수용품 등)에 대한 영향은 화재안전과학자들의 연구 결과(데이터)를 활용한다. 이와 관련하여 TNO에서는 복사열 강도에 따른 인명피해 기준을 아래와 같이 제시하고 있다.

- ▶ 1도 화상:  $P_r = -39.83 + 3.0186 \log_e(tI_{th}^{4/3})$
- ▶ 2도 화상:  $P_r = -43.14 + 3.0186 \log_e(tI_{th}^{4/3})$
- ▶ 燒死:  $P_r = -36.38 + 2.56 \log_e(tI_{th}^{4/3})$

또한, 염소가스와 같은 유독물질의 대기중 확산(탱크의 파열의 경우)을 예를 들자면, 아래 식에 의하여 대기 중에 확산된 염소의 유독성 하중을 평가하여 주변 주민에 영향을 줄 수 있는 확률을 계산한다. 관련된 평가식을 아래에 제시한다.

- ▶ 유독 하중(toxic load) :  $\int_0^t [C(t)]^n dt$
- ▶ 유독 하중에 따른 피해확률의 평가 :  $P_r = A_t + B_t \log_e[\text{Toxic load}^*]$

여기서,  $A_t, B_t$  = 특정 독성물질의 계수(ppm)

4.6 효율적 대안의 선택

상기 위험관리 과정의 최종적 단계는 평가된 위험을 위험도가 큰 순서에 따라 적정 위험대책을 수행하는 것이다. 그런데, 기업의 경영자는 안전관리 측면, 예를 들면, 방화시설의 설치, 안전관리 조직의 신설, 개선 등에 대한 확실한 의사결정의 수단으로 효과성과 수익성을 금전적 가치로 표현하여 제공받기를 원한다. 위험분석을 통한 계량화란 上, 中, 下와 같이 상대적으로 평가(일반적으로 Probabilistic Assessment)할 수도 있지만 독립적으로 평가(Deterministic Assessment)할 수도 있으며, 이것을 금전적 가치(Value at Risk, VAR)로 전환하여 나타낼 수도 있다. 이러한 기법을 응용하면 위험도 감축의 효과를 금전적 가치로 평가할 수 있으며, 마찬가지로 위험도 감축에 소요되는 비용을 평가하면 다음과 같은 매우 유용한 결론을 얻을 수 있다.

$$\frac{\text{위험도 감축의 가치}}{\text{시설개수 비용}} = \text{효율성}$$

아래 그림은 옵션별 위험분석 과정을 거쳐 소방시설

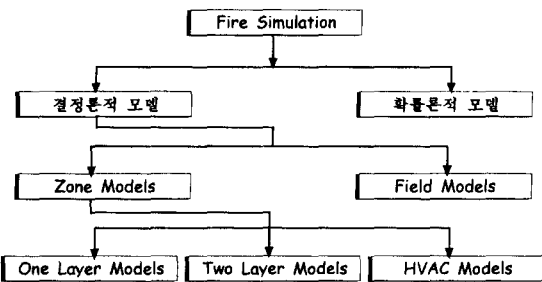
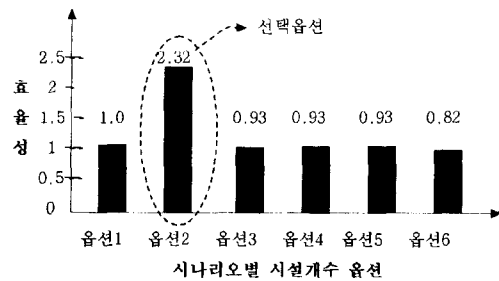


그림 2. 일반 건물(옥내 화재)의 Fire Simulation 계통도

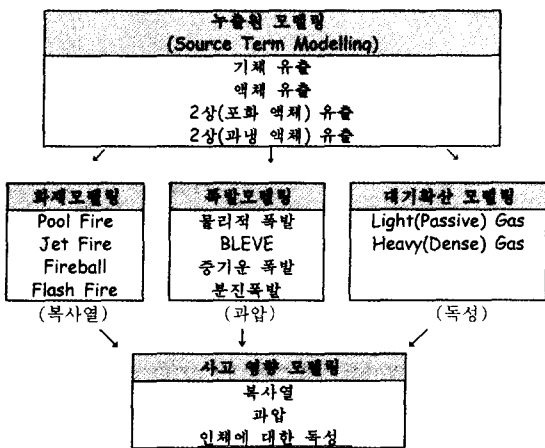


그림 3. 옥외 설비(화재, 폭발, 독성가스의 확산)의 위험 분석 계통도

의 효과측면을 정량화하여 비교표를 만든 것이다. 이러한 분석법은 기업의 경영자나 건물 관리자의 시설투자자에 대한 효과측면을 명확하게 비교 분석하여 제시한 것이므로 시설투자에 대한 의사결정시 매우 유용한 자료로 활용될 수 있다.

## 5. 결 언

지금까지 위험관리기법의 간략한 해설과 필자가 위험관리분야에 종사해오면서 생각해왔던 실무상 적용이 가능한 위험도 기반 화재안전관리 시스템(FSMS)을 소개하였다. FSMS의 개념적 요지는 경영학적인 위험관리단계에 안전공학적 기술을 적용하여 하나의 시스템으로 묶은 것이다. 본고에서는 상세위험분석 기법의 일환으로 화재 시뮬레이션 기법을 활용하나 시뮬레이션 결과의 신뢰성을 위하여 Hot Smoke Test나 Mock-up Test 등을 통한 성능검증이 필요함을 첨언한다.

모두에서도 언급하였으나 최근의 건물양태는 고층화, 지하화, 용도의 다양화 등이 가속되고 있고, Hi-tech 산업의 발달로 새로운 산업이 속속 등장하고 있으며, 이에 수반한 직, 간접위험(예컨대, 화재로 인한 생산공정의 중단, 인명 및 타인의 재산손실에 따른 배상책임 등)을 생각해 볼 때, 법규에 의한 설계방식이 건물이나 공정중에 내재한 위험을 얼마나 수렴하고 있

는지 의문을 갖지 않을 수 없다.

화재안전시설을 설계함에 있어 건물/공정 중에 내재한 위험성에 대해 논리적인 위험분석을 거쳐 그에 합당한 대안으로서 소방시설이 설치되어야 하고 방화안전대책이 수립되어야 하는데 우리 모두의 인식이 필요하다.

## 참고문헌

1. H. W. Heinrich, Industrial Accident Prevention, 4th ed, McGraw-HILL, (1959)
2. F. P. Lees, Loss Prevention in the Process Industries, Butterworth & Co (Publishers) Ltd, (1980)
3. AIChE/CCPS, Plant Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety, Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, New York, (1992)
4. Insurance Institute of America, Essentials of the Risk Management Process, Vol. 1(1992)
5. 한국화재보험협회, 위험진단보고서, (1997)
6. 정창기, 효율적 위험분석 시스템의 연구, 한국화재보험협회 창립 25주년 위험관리 세미나 자료집, (1998)
7. 한국화재보험협회, 화재·폭발 위험분석 실무지침, (1998)
8. 행정자치부, '99 화재통계연보