

## 정량위험성평가를 이용한 화재위험통제

김원국

명지대학교 과학기술사회연구소 교수

### Fire Risk Governance by Quantitative Risk Assessment

Won Kook Kim

Myongji University

#### 1. 서 론

현대 사회에서는 사고의 유형이 다양해지고 있으며, 사고의 크기도 상상을 초월하고 있다. 비근한 예로 미국의 국제무역센터 빌딩에 관한 테러 사고를 들 수 있다. 불특정 다수를 겨냥한 비인도적인 테러였다. 상상을 초월하는 방법과 규모가 인류 역사상 전례를 볼 수 없었던 반인류적 사고로 기록되었다. 독일의 사회학자 울리히 벡은 그의 저서 위험사회에서 현대 산업사회가 위험을 창출하고 있다고 주장하였고, 현대 위험의 특성을 국제화, 다양화, 원인 제공자와 피해자의 이원화 등을 들었다. 오늘날 사회의 여러 분야에서 인식되고 있는 위험을 생각해 볼 때, 우리는 확실히 벡의 주장대로 위험사회에 살고 있는 것이다. 위험사회와 더불어 주지해야 될 사실은 최근 우리의 사회가 급격히 복잡계 네트워크 사회로 바뀌어가고 있다는 점이다. 과거 민주주의가 성숙되지 않았던 시절 우리는 시민단체가 정책에 참여하는 일은 생각할 수 없었다. 하지만 요즘 주민의 동의가 없이는 중요한 정책을 수립할 수 없게 되었다. 방폐장 건설, 새만금 사업, 천성산 터널 등 우리는 큼직한 국가 프로젝트가 시민단체 및 주민들의 반대로 인하여 표류하고 있는 모습을 보고 있다. 머지않아 국가 주요시설이나 공공시설의 화재위험성을 놓고 시민단체가 국가 혹은 지방정부의 정책에 깊숙이 관여하는 날이 오리라고 본다. 과거 주민의 의견을 배제한 상태에서 정부와 기업이 밀실에서 정책을 결정하던 때와는 달리 네트워크 사회에서는 정책 결정의 모든 과정이 투명해져야 하는 것이다. 이미 어떤 소비자 단체는 국가의 연구비를 받아서 다중이용시설의 화재안전도를 점검하고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 정량위험성평가에 의한 화재위험 통제 시스템에 관하여 연구함으로써, 머지않은 미래에 발생할 문제점을 미리 고찰하고, 이를 소방 정책에 반영할 수 있도록 바람직한 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 화재위험의 정량화

화재위험의 정량화는 이미 선진국에서는 시도되고 있는 기술이며, 홍콩의 경우 90년대 초에 이미 지하철에 대한 화재위험성평가를 정량적으로 수행한 바 있다. 이러한 움직임은 현재 우리나라에서도 올해 의원입법이 된 성능위주설계에서 가속화 되고 있는 실정이다. 실제로 성능위주설계의 과정에서 설계안의 적정성을 판단하는 기준에는 결정적 방법(Deterministic Method)과 위험의 크기에 의한 방법(Risk Based Method)이 있는데, 후자가 정량 위험성평가를 이용하는 방법이다. 이미 영연방 국가의 경우 도시가스 배관이나 위험물 탱크와 같은 위험물시설을 설치할 경우, 정량위험성평가를 실시하여 미리 정해 놓은 허용위험범위(Acceptable Risk Criteria)에 속하는지 여부를 판단하고, 이 결과에 따라 설치를 허가 하고 있다. 화재위험의 정량평가 방법을 소개하면 다음과 같다.

### 2.1 화재위험 정량평가 방법

위험은 사고가 일어날 빈도수에 사고로 인한 피해를 곱한 값으로, 단위시간 당 사고로 인하여 입을 수 있는 손해를 재화나 사망자 수로 표시하는데, 전자는 주로 보험사에서 많이 사용하고 있으며 국가차원의 위험관리 및 통제 시스템에서는 후자를 사용한다. 인명 위험은 다시 개인위험(Individual Risk)과 사회위험(Societal Risk)으로 분류할 수 있다.

2.1.1 화재위험 정량평가 절차는 다음과 같다.

- 1) 위험성평가 목적 설정
- 2) 목적에 부합하는 평가 기법 및 표현 방법 선정
- 3) 위험의 발견
- 4) 시나리오 작성
- 5) 사고확률 모델링
- 6) 사고영향 모델링
- 7) 위험의 표현
- 8) 위험의 비교
- 9) 위험경감대책의 마련
- 10) 최선안의 선택
- 11) 위험의 감시

엄밀히 말하면 위험성평가는 1)항에서 7)항 까지 이다. 그러나 허용위험범위가 설정된 경우 평가된 위험이 허용된 위험범위에 드는지를 비교해 보아야 하고, 범위에 들지 않을 경우 위험경감대책을 마련하고 가장 효율적인 대책을 선택하여 위험을 경감하여야 한다. 그리고 사용 환경에 따라서 위험은 변할 수 있으므로 지속하여 위험을 감시하여야 한다. 이러한 내용이 8)항에서 11)항까지에 포함되어 있는데 이것은 광의의 위험관리(Risk

Management) 범위로 보아야 할 것이다. 본 논문에서는 위험성평가 절차의 설명은 생략하기로 한다.

## 2.2 위험의 표현 방법

위험을 표현하는 방법에는 크게 3가지가 있다.

- 위험지수(Risk Indices)
- 개인위험(Individual Risk ; IR)
- 사회적 위험(Societal Risk)

### 가. 위험지수(Risk Indices)

간단한 수치나 도표로서 위험을 표현하는 방법으로써, 절대적, 상대적 위험을 모두 표현할 수 있으나, 일반적으로 상대적 위험을 표현하는데 주로 사용되고 있다. 그러나 이 방법으로는 위험의 크기를 판단하는 절대적인 위험 범위를 표현할 수 없으며, 개인적 위험(IR)이나 사회적 위험(SR)과 같이 위험에 관한 자세한 정보를 제공하기 어렵다.

다음은 위험의 지수를 이용한 위험의 표현 방법들이다.

The Fatal Accident Rate(FAR) : 이 방법은  $10^8$  시간 동안 노출되는 경우(이 노출 시간은 1000명의 종업원이 평생 동안 작업 환경에 노출되는 시간에 상응한다)에 발생할 수 있는 사망자 수를 말한다. 따라서 FAR은 간단한 수치로 표현되지만, 평균 개인 위험(IR)에 비례한다.

The Individual Hazard Index(IHI) : 이 방법은 특별한 위험(Hazard)에 대한 FAR을 나타낸다. IHI에서는 특정인이 위험에 노출되는 실제 시간을 적용한다.

The Average Rate of Death : 이 방법은 일정시간 동안 가능한 모든 사고로부터 유발될 수 있는 평균 사상자수를 말한다. 이것은 다른 말로는 The Accident Fatality Number로 표현되기도 한다.

The Equivalent Social Cost Index : 이 방법은 ARD를 대형 사고에 대한 사회의 반감을 고려하여 변형한 것이다.

The Mortality Index or Number : 이 방법은 독성물질의 저장에 따른 잠재 위험을 표현하는데 사용된다. 사고 사례로부터 분석된 사고 시 평균 사망률을 사용하여 지수를 만들었다. 이 방법은 사실상 위험지수(risk index)라기 보다는 위험 근원지수(Hazard Index)라 볼 수 있다. 왜냐하면 사고 발생 확률에 관한 개념이 들어 있지 않기 때문이다.

The economic Index : 이 방법은 재정적 손실을 표현한다.

#### 나. 개인 위험(Individual Risk)

개인 위험이란 위험의 근원(Hazard) 주위에 있는 사람에게 노출된 위험을 이야기 한다. 이것은 상해의 종류, 발생 사고의 빈도수 등을 나타낸다. 개인 위험은 상해 예상 지역 내에서 가장 피해가 크게 예측되는 장소에서의 개인에게 노출된 위험을 표현한다.

개인 위험 경우는 다음과 같다

##### 1. Individual Risk Contours

개인 위험의 지형적인 분포 상태를 보여 주는 방법으로서 사고의 크기 범위를 지도상에 표시하고, 그 크기의 사고가 일어날 확률을 같이 표시한다. 이때 사고 범위 내에 인원의 존재 여부는 문제시 하지 않는다.

##### 2. Maximum Individual Risk

위험에 노출된 사람들 중에는 가장 높은 위험에 노출된 사람들에 대한 개인 위험을 표시하는 방법이다. 이 방법은 분석 대상 공정의 운전원에 대한 위험이다. 가장 위험이 높은 장소에 거주하고 있는 사람들에게 대한 위험을 표현하는데 사용된다. Maximum Individual Risk는 Risk Contour상에 가장 위험에 높게 노출된 사람을 표시함으로써 표현한다.

##### 3. Average Individual Risk (Exposed population)

위험에 노출된 사람들의 위험을 평균한 개인 위험을 표현한다. 이 방법은 위험이 상대적으로 균등하게 분포된 경우에 유용하게 사용될 수 있다.

##### 4. Average Individual Risk (Total population)

위험에 노출된 전체 인구의 위험을 평균한 개인 위험을 표현한다. 이 경우 전체 인구가 실질적으로 위험에 노출 되었는지 여부는 상관 하지 않는다.

5. Average Individual Risk ( Exposed hours / Worked hours) 위험에 노출된 행동에 관여하는 시간대를 기준으로 한 개인 위험

#### 다. 사회적 위험(Societal Risk)

사회적 위험은 사고로 인하여 피해를 받을 수 있는 사람들의 수를 표현하는 방법으로 사용된다. 사회적 위험의 일반적인 표현 방식은 F-N (Frequency-Number) 곡선이 있다. F-N 곡선은 사상자 수에 대한 확률의 누진을 그래프 상에 표현한 것이다.

### 2.3 위험의 비교

대상물에 대한 위험성평가가 완료되면 이들 위험 수치가 허용위험 범위에 드는 지를 비교하여야 한다. 다음은 각국에서 선정한 위험허용범위의 예이다.

#### 가. 허용 위험 범위의 비교 (개인 위험)

표 1. 국가별 허용 개인 위험도

| 국 가 명      | 허용 개인 위험도                    |
|------------|------------------------------|
| 네덜란드(신공장)  | $1 \times 10^{-6}/\text{yr}$ |
| 네덜란드(기존공장) | $1 \times 10^{-5}/\text{yr}$ |
| 호주, 환경청    | $1 \times 10^{-3}/\text{yr}$ |
| 영국, 안전보건청  | $1 \times 10^{-5}/\text{yr}$ |
| 홍콩         | $1 \times 10^{-3}/\text{yr}$ |

일반적으로 인간에 의하여 만들어진 위험을 관리할 수 있는 한계가  $1 \times 10^{-6}/\text{yr}$ 로 되어있다. 반면에 위험도가  $1 \times 10^{-4}/\text{yr}$ 로 떨어지면 이것은 수용할 수 없는 위험이 된다.

#### 나. 타 위험과의 비교 (개인 위험)

##### - 질병사

|     |                      |
|-----|----------------------|
| 심장병 | $8.3 \times 10^{-3}$ |
| 암   | $3.2 \times 10^{-3}$ |
| 뇌출혈 | $1.9 \times 10^{-3}$ |
| 폐렴  | $6.4 \times 10^{-4}$ |
| 당뇨병 | $2.8 \times 10^{-4}$ |

##### - 사고사

|       |                      |
|-------|----------------------|
| 자동차사고 | $1.9 \times 10^{-4}$ |
| 추락사고  | $5.0 \times 10^{-5}$ |
| 익사    | $2.2 \times 10^{-5}$ |
| 화재사고  | $2.1 \times 10^{-5}$ |

- 자연사

|            |                      |
|------------|----------------------|
| 지진, 홍수, 태풍 | $9.0 \times 10^{-7}$ |
| 폭염         | $9.0 \times 10^{-7}$ |
| 동사         | $4.0 \times 10^{-6}$ |
| 낙뢰사고       | $4.0 \times 10^{-7}$ |

다. 허용 위험 범위의 비교 (사회적 위험)

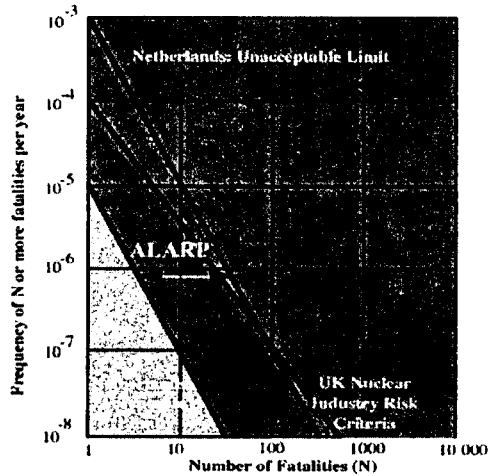


그림 1. 허용 사회적 위험 범위

그래프의 우측 상단의 허용 불가능한 위험범위는 허용이 안 되는 범위를 말하고, 좌측 하단의 허용범위는 허용이 되는 범위를 이야기 한다. 중간의 ALARP 지역은 가능한 한 위험을 축소해야 되는 범위를 말한다. 허용 범위의 기울기를 보면 1명이 죽을 확률을  $10^{-4}/\text{yr}$  로 10명이 한꺼번에 죽을 확률을  $10^{-7}/\text{yr}$ 로 규정하여 한꺼번에 많은 사람이 죽는 경우를 더욱 더 심하게 다루고 있는 것을 알 수 있다. 사실 산술적으로 계산하면 10명이 한 번에 죽을 확률은  $10^{-6}/\text{yr}$ 이면 1명이 죽는 위험과 동등할 것이다. 그러나 많은 수의 희생자가 발생하는 사고는 더욱 철저히 관리하여야 한다는 측면에서 10명이 죽을 확률이 100 배 1명이 죽을 확률에 비하여 100배가 낮아져야 한다는 철학이다. 사실상 계산된 위험과 시민들이 인식하고 있는 위험에는 차이가 있는데, 이것을 조정하는 것이 위험통제(Risk Governance)인 것이다.

### 3. 위험통제

위험 통제는 영어로 Risk Governance로 표시하며 어떤 사회학자는 이를 위험통제 대신에 위험 협치로 표현하고 있다. 정부와 기업 그리고 시민이 같이 협력해서 통치한다는 뜻이다. 앞장에서 허용 가능한 사회적 위험의 범위를 소개하면서, 그것이 계산된 위험과

인식된 위험과의 차이가 있음을 보여주고 있다. 예를 들어 우리나라에서는 교통사고로 해마다 7,000~8,000 명 정도의 희생자가 발생하는데, 이것은 한번 사고의 사망자 수가 몇 명이 안 되는 사고이고 지난번 대구 지하철 사고의 경우 1회 사망자가 100명이 넘는 것이다. 그런데 수 천 명에 이르는 일반 교통사고 보다 엄청난 사회적 파장을 가져온 것은 일반 시민들은 전체 사상자 수 보다는 한번에 발생 하는 희생자 수에 관심을 더 많이 갖고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 위험 통제를 제대로 하기 위해서는 일반 대중들이 느끼고 있는 위험에 대한 조사가 선행되어야 한다. 그리고 공학적으로 계산된 위험과의 차이를 인식하고, 그 차이를 줄이기 위한 노력을 경주하여야 하는 것이다. 우리나라에서는 아직 정량위험성평가에 의한 위험통제가 원자력 발전소를 제외하고는 아직 시행되지 못하고 있는 실정이다.

#### 4. 결 론

네트워크 사회에서 화재위험을 효율적으로 통제하기 위해서는 정량위험성평가에 의한 위험관리 체제를 구축하여야 한다. 화재 위험을 평가하는 방법을 표준화하고, 화재 위험에 대한 위험성평가를 실시하여 위험을 정량화하고, 위험을 관리하는 기준을 만들어서 이를 관리하여야 한다. 또한 정부는 시민단체의 참여하에 공공의 화재안전에 관련된 정책을 추진하여야 하며, 평상 시 서로의 이해를 증진하기 위하여 정부, 기업, 시민 및 학계의 의견이 자유스럽게 교환될 수 있는 모임을 만들어 운영하는 것도 중요하다 하겠다. 유럽의 TRUSTNET가 좋은 모델이 될 것이다.

#### 참고문헌

1. DJ Higson, Risks to Individuals in NSW and Australia as a Whole, Australian Nuclear Science and Technology Organization, July 1989, Department of Planning, Sydney (1990)
2. 김원국, "성능위주의 소방설계", 화재소방학회, 2001
3. SFPE, Performance Based Design, 1999