

## 도시재해의 위험성 수용한계와 위험성 범주의 선택\*

Risk Acceptability and Criteria for multiple fatality in Urban disaster

노 삼 규\*\*  
Roh, Sam-Kew

.....  
Abstract

The paper review of the methods used to present in a quantitative way of risk to the public in the vicinity of hazardous operation within urban area.

The study concentrated on the calculation, presentation and interpretation of societal risk where multiple concerned population at large. It is also compared the way to use of risk criterias in various countries where the different population density concerned.

It is recommended societal risk criteria need to be vastly apply to the exposed population.

Key words : Societal, Individual, Risk, Acceptability, Criteria.

국문요약

본 논문은 도시지역에 있어 위해 활동주변에 위치한 일반대중에 미치는 위험성의 계량 방법을 검토했다. 이 연구는 대다수의 인구나 관련된 사회적 위험성에 대한 산출, 표현 그리고 해석에 대하여 중점적으로 다루었으며, 또한 각기 다른 인구밀도와 배경을 가진 각국의 위험성 범주를 비교했다. 결론적으로 사회적 위험성 범주는 위험에 노출될 수 있는 대상 인구에 대하여 보다 광범위한 적용을 권장한다.

1. 서 론

최근 자주 발생하는 대형 산업사고가 대중에 미치는 영향은 소수의 개인에 미치는 위험이 아닌 다수의 인구가 순간적인 사고로 인하여 집단으로 피해를 겪는 사회적 위험( societal risk )으로 그 영향에 대한 산출방법이나 그 해석은 앞

으로 대중에게 집단적으로 영향을 끼치는 재해의 방지나 사고영향의 억제에 위한 수단으로 위험정도의 수용기준 설정에 필수적이라 할 수 있다.

위험성 평가를 위한 계량적 접근방법은 위해 공장 만 아니라 도시지역에서 주거 활동등 인구 집단에 관련된 모든 토지이용 규제에 대한 공공의 안전계획(public safety plan)의 의사결정에 적용할 수 있다. 국내에서도 잇따른 가스 폭발사고등 지난 5년간 가스사고는<sup>1)</sup> 연평균 1,000건 정도이며 특정 관련업체의 대형사고는 약 20건으로 건당 10여명의 인사사고와 수십수백억에 달

\* 본 연구는 1995년도 한국학술진흥재단 연구비 지원(HJ300-739) 결과임.

\*\* 정회원 광운대학교 건축공학과 부교수, Ph D (신기술 연구소)

하는 자산의 손실을 유발했다. 이와 같이 잇따른 대형사고는 주민 각자가 처해있는 잠재적 위험 상황에도 큰 관심을 갖기 시작했다. 한편, ILO, UNEP 등의 국제기구에서도 한국내의 대형사고 시 지역사회에 미치는 비상대책을 수립하도록 중용하고 있는 형편이다. 사고시 그 책임은 대체로 공장 또는 공사관련 책임자에게 지워지는데, 자신들의 조업상태가 가장 안전한 상태를 유지하고 있다는 것을 보장할 수 있어야한다. 따라서 자신들이 조업중인 시설이나 현장의 잠재적 위해 상황을 사전에 관련 감독기관에 보고하여 검증 받을 필요가 있다. 이때 효과적인 방법은 복합적인 기술에 의한 위험성 평가(risk assessment)로서 위험상황의 발생 확률과 그 피해의 크기를 정량적으로 산출하는 방법이다.

세계적으로 이미 많은 국가들은 대중의 위험성에 대한 관심도의 집중과 함께 이러한 위험성의 정량적 평가기법은 이미 널리 사용되고 있다. 그러한 기술은 산업 개발행위가 인근의 주거활동 등 일반대중에게 수용될 수 없을 정도로 높은 위험을 부과하지 않도록 확인하는 과정에 기초로 적용된다. 각 나라나 지역에 따라 위험성 수용범주가 약간의 차이를 가지고 있으나 대체로 그 접근 방법이나 적용에 큰 차이를 보이지는 않는다. 그러나 그 지침들이 합리적으로 이루어졌는지 비교 연구할 가치가 있다.

본 연구는 위해 산업의 주변에 위치한 일반대중에게 미칠 수 있는 위험성을 표현하거나 수용함에 있어 선진 각국에서 현재 사용되고있는 정량적 접근방법의 가능성과 한계에 대하여 고찰한다. 따라서 위험제어를 위한 토지이용 규제에 적용할 수 있는 위험성 허용기준은 일정 지역내의 사고 발생 확률과 그 피해 규모에 따라 지역별, 국가별로 어떻게 정해지는지 알아보며, 또 집단적 치사(multiple fatality)를 제어하기 위한 사회적 위험성의 수용기준 설정의 접근 방법에 대하여 고찰한다.

## 2. 위험성 분석 결과의 표현과 특징

위험성(risk)은 사고나 잠재적 피해의 대명제

로서 그 크기가 수치에 의한 비교 값으로 표현되는 경우가 있다. 일반적으로 위험도는 전문가에 의하여 특정집단 또는 개인에게 예상되는 치사율의 산출로 표현된다. 이때 risk 는 특정한 장치나 생산품의 손실 또는 환경의 피해수준의 빈도 즉 가능성을 나타내기도 한다. 한 지역의 치사율은 그 대상과 목적에 따라 개인적 위험성 (Individual Risk)과 사회적 위험성 (Societal Risk)의 다음 두 가지로 표현된다.

### 2.1 개인적 위험성(individual risk)

개인적 위험성은 특정위치에 있는 불특정 개인에게 미칠 수 있는 위험정도로 정의된다. 각 지점에 미치는 동일한 수준의 위험성의 조합으로 표시된 위험성 등고선(risk contour)으로 표시된다. 이때 그 등고선은 관례적으로 집안에 있는 상태와 같이 구조물 등에 의하여 피해영향으로부터 보호되지 않은 노출된 상태로서 가정하여 그 위험성이 산출된다. 이때 위험성 등고선은 어떤 정도의 위험도 그려내며 일반적으로  $10^{-4}$ /년,  $10^{-5}$ /년,  $10^{-6}$ /년 ... 과 같이 10의 배수로 이어진 등고를 나타낸다.<sup>(주 1)</sup> 대체로 어떤 위험성 분석에서도 최소한 확률 수준으로  $1 \times 10^{-8}$ /년(1억년에 한번 또는 한사람이 1년에 1억분의 1의 확률)은 무시될 수 있는 정도의 위험성으로 받아들여진다.

일반적으로 risk contour는 공장 주위에 원형으로 표시되는데 경우에 따라서 pipe line이나 위험물 수송도로 등은 그 배치형태에 따라 평행선으로 나타날 때도 있다.

전통적으로 위험성 평가수법은 한 공장으로부터 일어날 수 있는 각종의 개별적인 사고의 경우를 나타낸다. 이때 그려진 risk contour는 위험성이 미치는 영역을 묘사하지만 몇 가지 경우를 나타낼 뿐 공장전체로 볼 때 공정별, 부분별로 어디가 가장 큰 위험성을 내포하는지 분간 할 수 없다. 실제로, 한 개의 등고선이 한가지 경우의 큰 사고로 인한 결과치 인지 또는 수천 가지의 작은 사고가능성의 합으로 이루어진 것인지 판단하기가 힘들다.

이러한 결점이 있으나, Risk contour는 특정

공장으로부터 미치는 Risk를 도상에 묘사함으로써 중요한 정보를 제공하고 있다. 이러한 형태의 표현은 특히 안전을 유지하기 위한 토지이용계획에 적용할 수 있는 장점을 들 수 있다. 이미 영국을 비롯한 서구권 나라에서는 이미 일반대중에게 일반적으로 수용될 수 있는 수준의 위험성 한계를 사용하고 있으며 이때 Risk 수준은 공장내의 근로인구에 미치는 risk보다 훨씬 낮은 수준을 요구한다. 이때 수용될 수 있는 Risk는 일반적으로 대중이 일상 생활 중에 미치는 여타의 Risk들의 수용 정도로 해석된다.

치사에 이르는 위험성의 상관은 각 행위의 성격 즉 그 행위가 자발적인지 또는 비자발적인 행위에 의한 것인지에 따라서도 다르다.

C.vlek에 의하면 일반대중은 risk가 자발적인 행위의 성격을 갖고 있을 때에는 그 위험수준이 일년에  $1 \times 10^{-5}$  (10만 분의 1)를 넘어도 받아들여지나 비자발적인 행위에 의한 risk일 때는 그 위험성의 수용수준은 이보다 훨씬 낮다.

예를 들어, 표 1에 의하면 산업사고에 따른 치사율은 일상적인 중병(예, 백혈병)의 그것보다 약 50배나 작게 또 교통사고보다도 45배나 작게 나타나 있다. 이러한 수치는 전체 인구의 평균치

표 1. 자발적인 및 피자발적 행위에 의한 치사율.

| 위해행위                   | 위험도(치사율)              |
|------------------------|-----------------------|
| <u>자발적 행위에 의한 위험도</u>  |                       |
| 운전중 사고                 | $15 \times 10^{-5}$   |
| 자살 및 자상                | $9 \times 10^{-5}$    |
| 익사                     | $2 \times 10^{-5}$    |
| 마약 및 독성물               | $1 \times 10^{-5}$    |
| 항공사고                   | $0.3 \times 10^{-5}$  |
| <u>피자발적 행위에 의한 위험도</u> |                       |
| 백혈병                    | $1750 \times 10^{-7}$ |
| 당뇨병                    | $1080 \times 10^{-7}$ |
| 보행자 차량 사고              | $430 \times 10^{-7}$  |
| 살인 및 상해                | $200 \times 10^{-7}$  |
| 화재                     | $110 \times 10^{-7}$  |
| 감전사고                   | $50 \times 10^{-7}$   |
| 산업사고(독극물)              | $30 \times 10^{-7}$   |
| 용기폭발사고                 | $2 \times 10^{-7}$    |

D.J. Higson A.N.S.T.O 1989

이며, 특히 위해 산업의 risk는 산업기지 주변에 미칠 수 있는 피해 영향권 내의 거주하는 한정된 인구에 미칠 것으로, 대부분의 사람들은 거의 이러한 영향권밖에 있다고 볼 수 있다.

일반적으로 장래의 (혹은 기존의) 개발에 대하여 대다수의 전체 인구가 평균적으로 수용하는 risk를 기초로 하여 어떤 특정한 위해 장치가 부과하는 개인적 위험 수용한계를 주어지는 경우가 대부분이다.

일반 대중이 경험하는 risk수준은 대체로  $1 \times 10^{-7}/Y$ 와  $1 \times 10^{-5}/Y$ 사이에 존재하며, 따라서  $1 \times 10^{-6}/Y$ 는 risk수용정도의 목표치로 취해진다. (H. Otway, 1980)

그러나 위해 상황의 발생빈도는 통계상의 편차와 대중의 risk에 대한 수용정도의 다양성으로 인하여, 점차적으로 그 수용의 한계치가 보다 낮은 risk수준으로 전환되었다.

따라서 적정 수용 치의 해석은  $1 \times 10^{-7}/Y$ 이하의 individual risk에 대하여는 수용가능하며,  $1 \times 10^{-5}/Y$ 이상일 경우 그 risk는 수용 불가능으로 risk의 감소가 절대적으로 요구된다. 그러나  $1 \times 10^{-7}/Y$ 와  $1 \times 10^{-5}/Y$ 사이의 individual risk에 대하여는 risk를 제어하기 위한 추가적 검토가 요구된다.  $1 \times 10^{-5}/Y$ 와  $1 \times 10^{-7}/Y$ 사이에 존재하는 risk가 특정인구에 미치는 경우에 이를 risk contour로 묘사해도 이들 인구의 집적도나 성격을 알수없을 뿐만아니라 이들에 직접적으로 미치는 risk의 원인을 추적할 수가 없다. 왜냐하면 risk결과치가 risk contour로 나타날 때, 무엇보다도 위해시설 인근의 특정지역에 위치한 인구에 대하여 그 원인을 추적함에 이 방법 한가지로만 해결될 수 없기 때문이다.

위험 등고선은 개인적 위험이 한 개의 큰 위해(hazard)로부터 기인한 것인지 또는 여러 개의 작은 것로부터 기인한 것인지 알 수 없으며, 또 위험성 등고선은 특정 공장의 어느 곳이 공장 외부에 있는 공중에 미치는 가장 큰 잠재적 risk를 보유하고 있는 가를 찾아내기가 힘들기 때문이다. 따라서 요구되는 것은 치사자수, 장치의 손실 상황 등 위해 상황이 동반하는 피해의 크기가 산출되어야 할 것이다. societal risk의 산

출은 이러한 점에서 individual risk contour가 해결할 수 없는 부분에 대하여 종합적인 분석을 가능케 한다.

## 2.2 사회적 위험 (Societal Risk)

Societal Risk는 각각의 잠재적 위해 사고가 동반하는 사상자수와 그에 따른 사고 확률을 나타낸다.

Societal Risk는 individual risk가 산출하는 강도산정을 기초로 구성된다. 그러나 한 지점에서 일어날 수 있는 모든 사고의 확률의 합이나 인구밀도 (individual risk를 위한 방법)를 나타내는 대신에, 각각의 가능한 사고로부터 부여되는 확률 합(F)과 그 사고들이 미치는 피해의 사람 수(N)를 F-N의 두 조합으로 기록된다.

피해대상인구수 (N)의 산정은 인구 (주거, 산업, 공원지역)의 지리적 분포에 따라 평균적으로 산정되며, 한편 실내에 거주하는 사람들이 화재나 폭발과 같이 특정한 위험으로부터 보호되어야 하는 정도를 나타내기도 한다.

F-N 곡선에 그려지는 사회적 위험성은 위에서 알려진 대로 치사자수N과 그 이상의 사람에 대한 빈도수의 축적을 그래프 상에 나타낸다.<sup>(주2)</sup>

F-N curve형태는 특정 위험시설에 해당하는 각기 다른 형태의 risk정도를 나타낸다. F-N curve상에 있는 어떠한 지점도 그룹이나 한 개의 사고가 가져오는 상태를 의미한다. 만약, 높은 정도의 N을 나타내는 경우에도 그 결과가 어느 사고에 기인한 것인지 확인 될 수 있다. curve의 낮은 'N'쪽의 끝 부분을 대부분 부드러운 수평곡선으로 그리며, 이 부분이 가장 해석하기 어려운 난점이다.

일반 공장에서 일어나는 F-N curve의 전형적인 형태는 위험물 수송의 F-N curve보다 높은 사고빈도의 F와 낮은 치사자수 N을 나타낸다. 경우에 따라서 공장의 사고빈도가 수송 Route에 따라 특정한 지점에서 일어나는 것보다 높을 수 있다. 그러나 수송중의 위해 물질이 인구 집중지역을 지날 때 일어날 수 있는 사고로부터 기인한 피해는 일반적으로, 위해관련 공장들이 주거지역으로부터 어느 정도 격리되어 있기 때문에 위

험물 수송으로인한 사고의 경우 그 피해자의 수는 더 클 수 있다.

societal risk의 curve는 각각의 F-N조합의 집합으로 산출되기 때문에, 위해 사고의 모든 list로부터 어느 장치가 가장 큰 치사자 수를 동반하는지 파악할 수도 있다. (F×N) 그러한 분류는 공장내의 어느 부분이 보다 큰 위험지역인지 미리 알 수도 있고 또 그 위험성을 줄일 수 있는 적절한 조치도 강구될 수 있는 장점이 있다. 그러나, F-N curve 만이 societal risk를 나타내는 것은 아니다.

치사사고율 (Fatal Accident Rate)또한 일반적으로 사용되며 이는 108노출시간에 해당하는 치사자 수로서 정의된다. 108시간은 대략적으로 약 1000명이 평생동안 일하는 시간의 총 합산에 달하며, 이는 각종 산업 또는 산업 외의 행동에 의한 FAR (U. K, Lees)을 나타낸다.<sup>(주3)</sup>

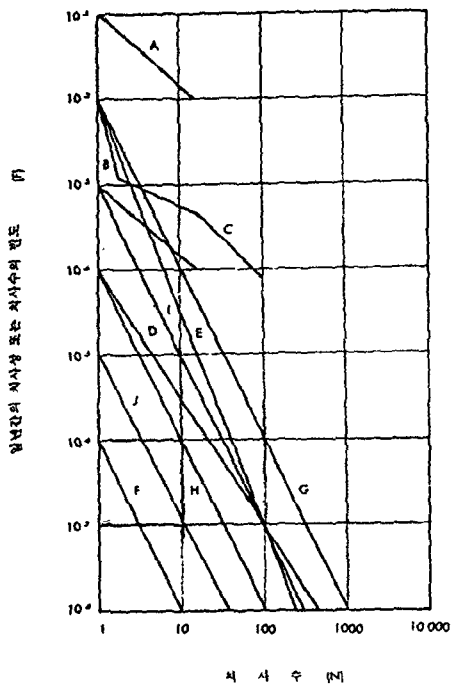
FAR은 일반적으로 근로자를 대상으로 하며 특히 화학공장의 Engineer나 Operator와 행정 업무자를 포함한 숫자 또한 포함하여야 한다.

FAR의 단점은 어느 특정지역에서의 그 피해자 수를 줄이기 위해서, 행정업무자 수를 늘리면 간단히 조작될 수도 있다. 따라서 대상으로 산출되는지 조심해야한다.

## 3. 사회적 위험성(societal risk)의 적용범주

Societal Risk의 평가를 위한 지침이 주어진 경우는 그다지 많지 않다. 영국의 HSE 등 몇몇의 기관에서 위험성 평가 연구등 이러한 분야의 경우를 다룬 바에 의하면, 각 지점에 부여되는 risk수용범주는 그 지역의 사회경제적 사정의 변화에 따라 달라질 수 있다고 판단했다. 따라서 한국가 내에서도 각기 다른 조직이나 기관이 서로 다른 수용범주를 적용시킬 수도 있다.

그림 1과 표 2는 각기 다른 국가에서 사용되는 세 가지의 서로 다른 조합의 수용범주를 나타낸다. 여기서 curve A, B와 C는 직업상의 위험 (occupational risk) 즉 공장내의 근로자에 해당하는 risk수용 범주를 나타내고 나머지는 일반대중에 해당하는 수용범주를 나타낸다.



Risk Criteria for land use Safety Planning NO.4. N.S. W 1992

- A Company 'X' : 수용 불가능 한계
- B Company 'X' : 조치가 필요없는 한계
- C Company 'Y' : 위험수용 목표치
- D UK nuclear industry : 위험성 범주
- E Groningen : 수용 불가능 한계
- F Groningen : 수용 가능 한계
- G Ale : 수용 불가능 한계
- H Ale : 수용 가능 한계
- I Netherlands : 수용 불가능 한계
- J Netherlands : 수용 가능 한계

그림 1. 위험 범주의 비교와 다양한 sources 로 부터의 목표치.

occupational risk범주는 보다 높은 위험 수준을 나타내며 일반대중에게 적용되는 경우 이보다 낮은 수준의 위험성 수용범주를 나타낸다.

### 3.1 사회적 위험성과 대중의 인식

Societal Risk의 정도를 해석하기 위한 방법은 여러 가지 접근 방법이 있다.

이러한 다양함에도 불구하고, 일반적으로 대중은 집단의 사상자를 발생하는 사고에 대하여

그 수의 합은 같으나 각각의 사고에 따른 사상자가 작은 수일 때 보다 훨씬 민감한 반응을 나타낸다.

이러한 요소는 예로서 한 개인의 사망에 이르는 증병에 의한 치사요인 보다 그 전체적 수는 작으나 다수의 사망자를 동시에 낼 수 있는 산업 사고에 대중은 보다 민감한 경향을 가진다.

대중의 인식은 risk분석 전문가에 의하여 고려되어야 한다. 대부분의 경우 일반대중은 공장가동에 대한 공학적 기초에 대한 이해를 할 수 없기 때문에 이를 두려워한다. 대중이 이에 무지하다고 그러한 두려움을 그대로 지나쳐버리는 것도 옳지 못하다. 만약 공장 책임자가 어떤 자리에서 '이 공장에서는 그러한 사고가 일어나지 않는다'라고 주장한다면 이는 큰 실수 일수 있다. 왜냐하면 그러한 방법은 어디에서인가 또 다른 화학공장의 대형사고에 대한 뉴스를 접하는 동시에 그들의 risk에 대한 두려움은 한층 더 높아질 따름이기 때문이다. 때문에 대중은 교육을 통하여 수용해야하고 적절한 risk범주에 대한 이해를 얻을 때 그들의 인식은 개선될 수 있다.

### 3.2 사회적 위험성 적용범주의 개발

일반적으로 위험성 분석기술에 대하여 과거보다 많이 알려지고 있다.

이 분야의 전문가들은 연구 결과가 어떤 의사결정에 보다 지속적이며 실질적으로 사용되도록 하여야 할 것이다.

Societal Risk의 수용에 대한 접근 방법은 individual risk의 수용을 기초로 하며 그 지침에 있어 선택상의 문제점 등에 대하여 논란이 있다.

실제로, 소수의 단일사고보다 다수 인명피해(multiple fatality)사고의 원인을 계량하는 것은 인도주의적 배경에서 비합리적으로 받아들여지고 있기 때문이다. 그러나, 그것이 경제적인 큰 영향(예로서 : 국제적인 신용도의 하락, 대형참사)등으로 빚어지는 특정 조직의 불행한 결과에 대하여 그 비중의 계량은 논리적인 것으로 받아들여질 수 있다. 따라서, 경제적으로 큰 손실은 가져올 수 있는 경우에 그 risk를 줄이기 위한 수단은 보다 효율적으로 적용될 수 있다. 최근

표 2. 각국의 연도별 Risk 적용 범주.

| 년 도  |   | 년간 위협 수준  | 내 용  |
|------|---|---|--|
| 1976 | Advisory Committee on Major Hazards         | $10^{-4}$   | 심각한 사고 빈도(공장 수준에서)   |
| 1976 | Royal Commission on Environmental Pollution | $10^{-5}$<br>$<10^{-6}$   | 주의해야할 개인적 위험성<br>수용가능한 개인적 위험성                                     |
| 1981 | HSE Canvey study                            | $20 \times 10^{-6}$ to<br>$400 \times 10^{-4}$<br>(개인적 사망위험성)   | 필요치 않다고 생각되는 조업의 중단  |
| 1983 | Royal Society Study Group                   | $<1 \times 10^{-6}$<br>$>1 \times 10^{-3}$<br>$1 \times 10^{-6}$ to $1 \times 10^{-3}$  | 수용가능한 위험성<br>수용 불가능한 위험성<br>위험성, 손상을 비용 이익과 비교                     |
| 1989 | Netherlands Government                      | $<10^{-6}$<br>사회적 위험성에 대한 그래프   | 수용가능한 위험성<br>개인적 위험성으로부터   |
| 1989 | HSE, UK                                     | $<1 \times 10^{-6}$<br>$<0.3 \times 10^{-6}$<br>$>10 \times 10^{-6}$<br>집단위험성에 대하여 입증된 수치적 기준이 없음   | 수용가능한 위험성 민감한 지역<br>수용할 수 없는 용도                                    |
| 1989 | Dutch National Environmental Policy Plan    | $1 \times 10^{-6}$<br>$1 \times 10^{-8}$<br>$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-8}$<br>사망자 10명에 대하여 $10^{-5}$<br>사망자 100명에 대하여 $10^{-7}$<br>사망자 10명에 대하여 $10^{-7} \sim$ 사망자<br>100명에 대하여 $10^{-9}$ | 최고 허용치<br>무시할 수 있는 위험성 감소<br>최고 허용치<br>사회적 위험성<br>무시할 수 있는 사회적 위험성 |
| 1990 | Department of planning, NSW, Australia.     | $<1 \times 10^{-6}$<br>$<0.5 \times 10^{-6}$<br>경우에 따른 사회적 위험성  | 수용가능한 위험성<br>민감한 토지 이용<br>부상에 대한 부가적 범주                            |

석유화학 단지의 위험성평가 1993. 한국과학재단. P248.

우리 나라에 일어난 대형 구조물 붕괴나, 가스 폭발사고에 따른 직접 피해액, 안전진단 비용 등도 집단적 위협의 수용한계를 체계적으로 요구할 수 있는 원인을 제공했다고 할 수 있다.

F-N curve 의 그러한 비중계량은 Y축의 경사 선으로부터 범주의 선택을 의미한다. 그것은 왼쪽의 경사 선으로부터 빈도가 떨어지는 것과 동시에 치사자수(N)는 자연적으로 늘어남을 알 수 있다.<sup>(주2)</sup>

어떤 범주는 공장들이 전체적으로 그 지역에서 최대한으로 미칠 수 있는 치사자수(N)를 제시하는 경우도 있다. 그러나, 이러한 접근 방법은 장래에 사회적으로 우려하고 있는 대형사고

에 대하여 보다는 작은 규모의 사고만이 risk감소를 위한 수단으로 채택되기 쉬운 경향을 시사한다.

최종적으로 범주의 선택을 할 수 있는 요소는 기술적인 가능성뿐이다. 그러나, 기술적인 해석에 의하여 얻을 수 있는 risk또한 한계가 있게 마련이며 그 또한 평가되어질 수 있다. 완전한 안전의 요구는 실례적으로 불가능하며, 어떠한 경우라도 공장의 가동으로부터 사회에 기여하는 이익에 대하여도 반드시 고려되어야 할 것이다. 그러나 동시에 그 risk의 수준은 일상생활에서 느끼는 risk보다 높아서는 이러한 접근 자체가 의미를 잃을 수 있다.

### 3.3 국가별 위험성 수용한계의 선택

세계 각국에서는 현재 장치산업의 위해시설의 개발에 따른 주변지역의 토지이용 계획에 위험성(Risk)규제 개념을 도입 그 적용범주를 설명 운용하고 있다.

유럽에서는 네덜란드, 영국, 노르웨이, 독일일부를 비롯 호주, 홍콩, 말레이시아등 아시아 지역에서도 이러한 접근을 내부적으로 이미 사용하고 있다. 그 접근 방법의 특성으로 영국이나 호주의 감독관청의 경우 개인적 위험성을 중점적으로 다루며, 네덜란드나 홍콩 등지에서는 사회적 위험성의 접근 개념보다 그 판단을 맡기고 있다. 몇몇의 Consultant들은 이 두 가지 방법을 상호 보완 적용하는 것이 토지이용 계획상 적절하다고 판단하고 있다. 이러한 제도는 어느 누구에게도 대다수가 인정할 수 없는 작은 규모의 RISK라도 추가적으로 부과되는 것을 막을 수 있도록 되어 있다. 반대로 이제는 그러한 시설이 근처의 토지에 대하여 최소한의 허가(개발제한) 내에서 최대한의 활용을 보장한다. 이들 나라에서는 이러한 제도는 위해물질과 관련하여 개인적 위험을  $1 \times 10^{-6}$ /인/y로, 사회적 위험성의 경우는 내부적인 수용한계를 잠정적으로 또는 공개적으로 적용하고 있다.

개인적 Risk 범주는 위험으로부터 제한지역을 결정하거나 이상적인 인구밀도 이하로 규제하는 최상의 방법이다. 예를 들어, 호주의 Victoria주에서는 새로운 시설의 Risk수준의 범주로서  $10^{-5}$ /y보다 높은 Risk는 위험 시설물 주변 지에서는 절대로 허용될 수 없고,  $10^{-5} \sim 10^{-7}$ /y 주거시설이 절대 허용되지 않으며 모든 방법을 경주하여 위험도를 경감할 것,  $10^{-7}$ /y보다 낮은 Risk는 수용 가능하도록 되었으며, 기존의 시설에 대하여는  $10^{-5}$ /y보다 높은 Risk가 공장 외각까지 미칠 경우 이를 줄일 수 있도록 모든 조치를 취하며,  $10^{-5} \sim 10^{-7}$ /y보다 낮은 경우는 마찬가지로 수용 가능토록 한다. 또한, Western Australia에서는 비슷한 개념으로  $10^{-5}$ /y 이상의 Risk인 경우 수용불가,  $10^{-5}$ /y  $\sim$   $10^{-6}$ /y 이상의 Risk는 위험도 경감 독려,  $10^{-6}$ /y 이하

의 Risk는 수용가능으로 요약된다.

영국의 보건 안전 위원회(HSE)는 핵발전소로부터의 위험성 한계에 대하여 서술한 바에 의하면 화학공장의 Risk 수용범주와 광범위에 걸쳐 비슷한 수준을 적용함이 바람직하다고 판단한다. 이때  $10^{-4}$ /y는 개인에게 부여할 수 있는 최고의 Risk,  $10^{-6}$ /y는 대체적으로 수용 가능한 범위로서 이들 영국 HSE와 호주의 Western Australia의 Risk 수용 상한선은  $10^{-4}$ /y와  $10^{-5}$ /y로 직접적으로 비교하기에는 큰 차이가 있다. 그러나, HSE의 Risk 강도의 절감에 따른 부가적인 조치는 Risk 수용에 반드시 동시에 적용한다.

네덜란드의 주택환경부(Ministry of Housing Land Environment)에서는 훨씬 더 강력한 Individual Risk범주를 적용하고 있으나, 이는  $10^{-6}$ /y를 수용 상한선,  $10^{-8}$ /y를 수용 가능한 계로 적용하고,  $10^{-6} \sim 10^{-8}$ /y는 더 상세한 평가와 Risk경감을 하도록 되어있다.

대부분의 경우 Societal Risk 범주는 특정한 행동으로 인하여 부가적으로 사회에 끼치는 위해 정도가 그 행동이 수반하는 이익과 견주어 여타의 비중이 큰 위해 경우와 비교해 볼 때 그 균형이 깨어지지 않도록 보장되어야 함을 목적으로 수립됐다. 이러한 수법은 Individual Risk에서 다루지 않는 다수의 사상자를 동반하는 사고에 대하여 규제할 수 있는 특징을 지니고 있다. 따라서, 두 가지의 접근 방법으로 Societal Risk로 하여 수용할 필요가 있다. 즉,

- 만약 Risk의 결과가 수용한계치를 넘는 Societal Risk는 수용 불가.
- Risk의 수용가능 한계점과 무시할 수 있는 Risk사이의 Societal Risk는 기본적으로 수용하며, 행동으로 인하여 부과되는 인식이 위험성 보다 이익이 강하게 작용할 때 적절한 Risk 수단을 요구한다.
- 행동에 따르는 인식의 고차간에 그 Risk가 무시할 수 있는 범주에 속할 경우 Societal Risk는 이에 따른다.

이 도표는 B. Ale(1984)에 의하여 제안되어 네덜란드 정부에서 수용되었으며 그후 각 국가

나 기관에 따라 그림 1에서와 같이 서로 다른 조합의 수용범주를 사용하고 있다.

### 3.4. 사회적 위험성 결과의 해석

위해산업 공장으로부터 주변에 거주하는 주민에게 societal risk수용범주를 제시하기 위해서는 광범위에 걸친 인구 전체가 경험한 societal risk를 고려하여야 하는데 Societal Risk범주의 개발은 Individual risk범주에 영향을 받는다. 따라서 어느 만큼의 인구가 어느 정도의 risk를 서로 공유해야 하는지 결정해야 한다.

일반적으로 작은 수의 인구가 관여되면, 보다 낮은 빈도와 작은 수의 (한사람 또는 몇 명)치사자를 수용 한계로 받아 들여야 한다.

만약 한 지역에 다른 유형의 공장이 기존 지역의 인구에게 같은 정도의 risk를 부과한다면 그 또한 Risk 산정에 포함되어야 한다. 어떤 공장이 그 주위의 인구에 직접적으로 risk를 미칠 때 또 다른 지역에 다른 범주의 risk수용범주가 적용되는 것은 당연한 결과이며 어떤 정도가 수용한계로 받아들여지는가의 해석이 틀릴 뿐만 아니라 관련된 인구밀도 또한 다를 것이다.

만약 공장들에 미치는 risk가 100명의 일반 대중에게 미친다면 이는  $10^{-3}/Y$ 와  $10^{-5}/Y$ 의 societal risk범주가 Individual risk로서  $10^{-5}/Y$ 와  $10^{-7}/Y$ 에 해당한다. 이러한 점들이 Y-축 ( $N=1$ )의 Societal risk범주와 만난다.

그림의 Societal Risk Criteria는 각각의 공장과 산업지역 전체에 미치는 risk의 정도비교에 사용된다. 도표의 세 영역은 어떠한 F-N curve의 해석에 있어서도 보다 탄력적인 적용을 하여야 한다. 이때 대단히 큰 인구(예: 백만)에 의한 수용범주가 요구되며, 만약 작은 인구(예: 천)일 경우에는 받아들이기 어렵다.

F-N curve를 이루는 동안에 risk분석결과가 수용가능 영역에서 불가능영역을 이용하면서 이루어지는 경우가 흔히 있다.

경우에 따라서 curve의 전체적인 형태를 보면 이러한 경우 어떻게 해석되어야 할지는 반드시 가려 내야한다. 특정한 범주에 해당할지 어떻게 확실한 판단을 요구한다.

만약 curve가 수용 불가능한 영역을 끊고 가로질러 있거나 상당부분이 이 영역을 침범했을 때는 그에 상응한 해석을 해야 한다. 전자의 경우는 그 결과를 전체적으로 수용 불가능하다고 판단할 수 없으나, 후자의 경우로 대체로 수용 불가능한 높은 risk로 간주할 수 있다.

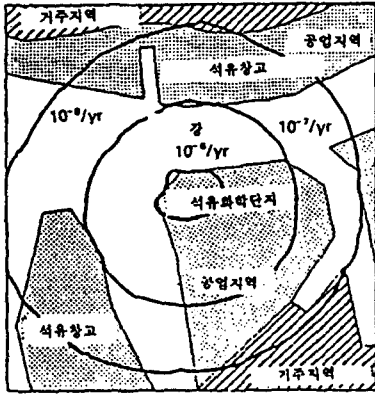
## 4. 결 론

Societal Risk는 Individual Risk와 더불어 위해시설이 미치는 위험성을 평가하는 적합한 수법으로 사고로 인하여 발생하는 모든 가능성과 강도 즉 치사자 수를 나타낼 수 있는 장점이 강조될 수 있다. 그 결과의 해석도 Risk의 수용, 조절, 불가의 세 가지 영역으로 나누어 적용이 가능하여 위험성의 수용여부를 보다 탄력적으로 결정될 수 있다. 그러나 위험 수용범주를 결정짓는 가장 큰 변수는 대상 인구의 규모와 목적에 따라 각기 다를 수 있는 어려운 점도 있다. 따라서 그러한 범주는 광범위의 전혀 다른 인구 밀도를 가진 위해지역에 적용하여 그 적정도를 검토해볼 필요가 있다.

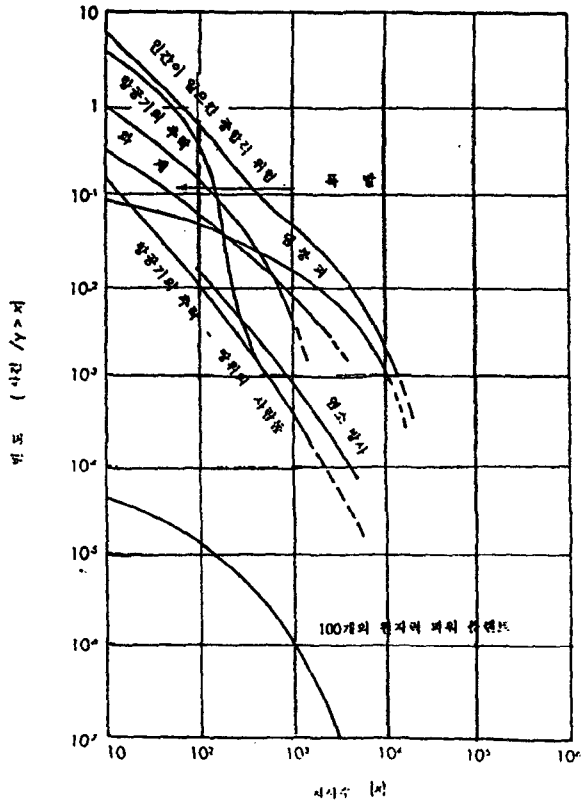
이러한 위험성 범주는 여하한 risk가 미치는 모든 인구에 대하여 적용되어야 하며 많은 기존의 위해시설들이 그들이 부과하는 risk상태에 대하여 집단적으로 미칠 수 있는 위험성을 평가해 보아야 할 것이다.

그 결과는 각 지역 또는 국가를 대상으로 하는 societal risk 범주를 개발하기 위하여 중요한 요소이며, 위험성 평가의 결과치를 실제로 위험제어에 적용하는데 기여할 수 있는 기초로서 역할을 할 수 있다.





<주 1> 개인적 위험성 등고선 구역의 예.



<주 2> 미국의 인위재해에 의한 societal risk curve.

<주 3> 다양한 산업과 활동에서의 사망재해율.

| Activity | Fatal accident rate<br>(fatalities / 10 <sup>8</sup> exposed hr) |
|----------|--|
| 영국 공업    | 4  |
| 옷과 양말산업  | 0-15   |
| 자전거 산업   | 1-13   |
| 나무, 가구 등 | 3  |
| 금속산업, 조선 | 8  |
| 건축       | 10   |
| 광업       | 12   |
| 철도       | 45   |
| 건축 설립자   | 67   |
| 집에 머무름   | 1  |
| 기차 여행    | 5  |
| 자동차 여행   | 57   |

### 참고 문헌

1. Australian Industrial Safety, Health and welfare, CCH Australia Limited
2. Guidelenes for Hazard Analysis (HIPAP 6), NSW Department of Planning, 1992
3. Western Australia EPA - Bulletin 637-(supplemental), Criteria for asseement of risk from industry, 1992
4. System Safety Engineering and Management, Roland, Moriarty, John Wiley & Sons, 1990
5. Successful Health and Safety Management, UKHSE, HMSO, 1992
6. H. Otway. 'Risk Assessment, Risk and Cho-ice, 1980, p.148 ~162.
7. P. Slovic, B. Fischhoff and S,Lichtenstein, Why study Risk Perception, Risk Analysis, Vol.2, No.2, 1983, p.83 ~ 93.
8. S.K. Roh, Haddad. S.G. Severe Accidents Assessment and Management in the process and related industry. SARJ, Japan, 1995.12
9. Major hazard aspects of the transport of dangerous substances HMSO UK 1991.
10. Health and Satety Executive ; Risk Criteria for land use planning in the vicinity of major industrial hazards. HMSO UK 1989.
11. Guideline for Chemical Process Quantitative Risk Analysis AICHE-CCPS, N.Y 1989.