

LPG 및 도시가스 사고의 F-N curve에 있어서 Risk Aversion을 이용한 사회적 위험성 평가

고재선, 김효  
서울시립대학교 화학공학과

Societal Risk Assessment with the Use of Risk Aversion in F-N curve for LPG & City Gas Accidents

Jae-Sun Ko, Hyo Kim  
Department of Chemical Engineering, University of Seoul

서론

◇ 모델식

$$fN^{\alpha} = r, \quad F_N^{\alpha} = rS(N, \alpha)$$

여기서

f = frequency (year<sup>-1</sup>) , α = an index used to express aversion to risk  
r = a constant , F = cumulative frequency (year<sup>-1</sup>)

$$S(K, \alpha) = \sum_{N=1}^{N=K} \frac{1}{N\alpha}, \quad F_M^{\alpha} = r[S(N_2, \alpha) - S(N_1 - 1, \alpha)].$$

본론

◇ Frequency analysis of LPG accidents

Table 1. Frequency of occurrence of death events (10<sup>-6</sup>).

Year	LPG users	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	f <sub>5</sub>	f <sub>6</sub>	f <sub>12</sub>	f <sub>13</sub>	f <sub>101</sub>	f <sub>1</sub> <sup>n</sup>
1991	9,453,497	1.27	0.53	0.42	0.11	-	-	-	-	-	2.33
1992	9,464,694	1.27	0.85	0.21	0.21	0.21	-	-	-	-	2.75
1993	9,365,168	1.81	0.21	-	0.11	-	0.11	-	-	-	2.24
1994	9,676,356	1.65	0.31	0.10	0.21	0.10	-	0.10	-	-	2.47
1995	9,466,471	2.43	0.85	0.11	-	-	-	-	-	0.11	3.50
1996	9,172,735	2.83	1.09	0.11	0.11	-	-	-	0.11	-	4.25
1997	8,491,511	4.59	0.71	0.71	0.12	-	-	-	-	-	6.13
1998	9,315,415	4.19	0.43	-	-	-	-	-	-	-	4.62
1999	8,128,434	2.34	0.37	0.12	-	-	-	-	-	-	2.83
2000	8,620,711	2.08	0.46	0.12	-	-	-	-	-	-	2.66
Total		24.46	5.81	1.65	0.87	0.31	0.11	0.10	0.11	0.11	33.78
Average		2.446	0.581	0.206	0.145	0.155	0.11	0.10	0.11	0.11	3.378

◇ F-N Curve

Table 2. Cumulative frequency of all events with consequences of 1 to N.

$F_N$ year	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_{12}$	$F_{13}$	$F_{101}$
1991	2.33	1.06	0.53	0.11	-	-	-	-	-
1992	2.75	1.48	0.63	0.42	0.21	-	-	-	-
1993	2.24	0.43	0.22	0.22	0.22	0.11	-	-	-
1994	2.47	0.82	0.51	0.41	0.20	0.10	0.10	-	-
1995	3.50	1.07	0.22	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
1996	4.25	1.42	0.33	0.22	0.11	0.11	0.11	0.11	-
1997	6.13	1.54	0.83	0.12	-	-	-	-	-
1998	4.62	0.43	-	-	-	-	-	-	-
1999	2.83	0.49	0.12	-	-	-	-	-	-
2000	2.66	0.58	0.12	-	-	-	-	-	-
Total	33.53	9.07	3.26	1.61	0.74	0.43	0.32	0.22	0.11

Table 2는 1991년부터 2000년까지 매년 발생할 수 있는, 즉. N 또는 보다 많은 사상자를 낼 수 있는 사건들의 누적빈도인(Cumulative frequency) F이다.

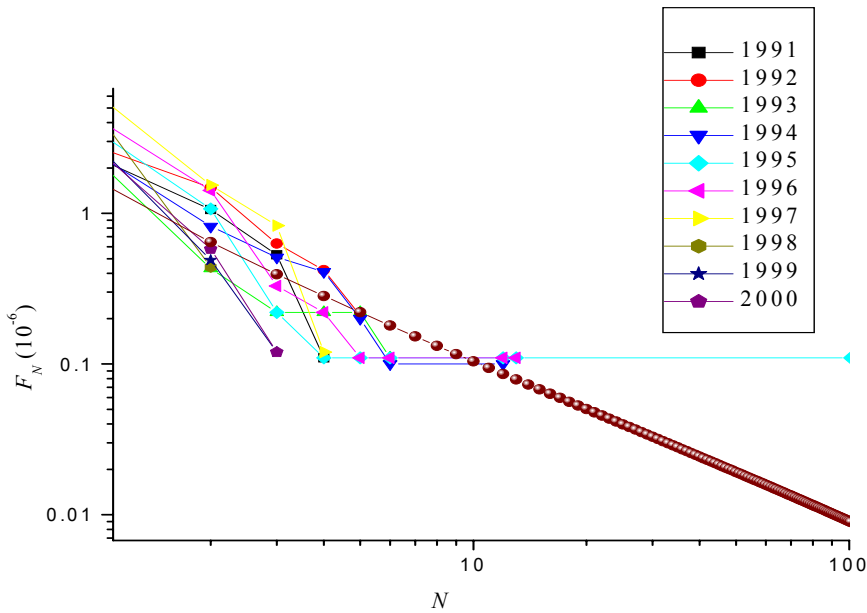


Fig 1. F-N curve for LPG accidents in Korea during 1991-2000( $a=2$ ,  $r = 10^{-6}$ ).

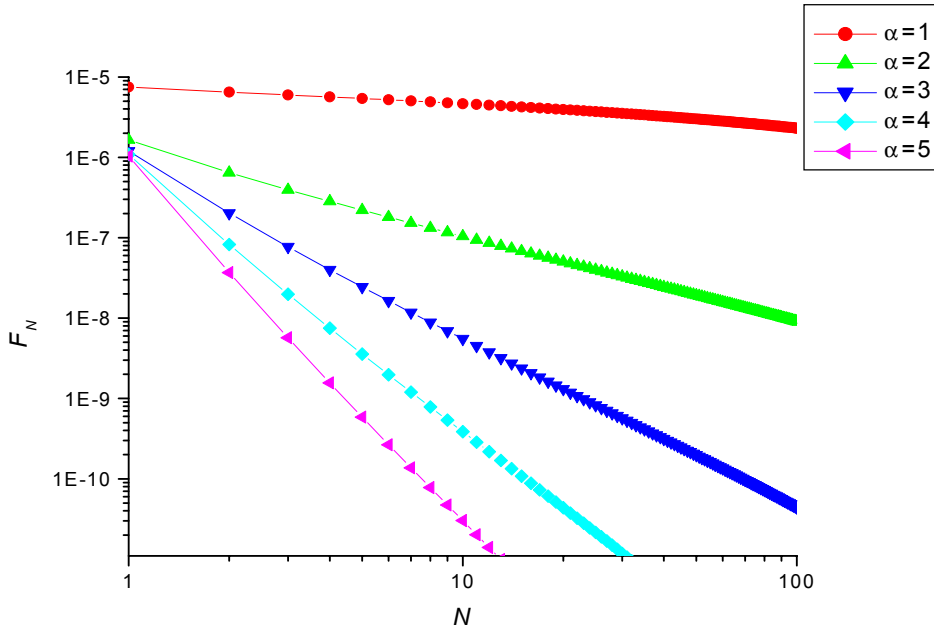


Fig 2. Cumulative frequency curves with various aversion value for LPG accidents occurred during 1991 - 2000.

Fig 1은  $\alpha = 2$  그리고  $r = 10^{-6}$ 일 경우의 F-N curve로서  $F_1^K = \sum_{N=1}^{N=K} f = r \sum_{N=1}^{N=K} 1/N^\alpha$ 에 적용하여 N= 100개의 추정곡선을 plotting한 것이다

Fig 2은  $\alpha$ 값이 1부터 5까지이고  $r=10^{-6}$ 일 경우에 F-N curve로서 N= 100까지 추정했을 때의 F-N curve로서  $\alpha$ 값이 커질수록 즉 혐오반감지수(Aversion index)가 커질수록 발생할 수 있는 치명적인 사망자수가 감소됨을 보여주고 있다.

◇ Safety acceptable criteria

한국에 있어서의 허용할 수 있는 포괄적 안전수용기준(safety acceptable criteria)은 일반적인 누적빈도(F) vs 사상자수(N)에 대한 함수의 상관관계로 나타낼 때 앞서 기술한 LPG 사고사례를 바탕으로한 F-N곡선에서 분포되어 있는 점들의 평균분포기울기를 회귀 분석방법(Regression analysis method)에 의해 계산하고, 산재된 점들중 상한점과 하한점을 채택하여 위에서 구한 평균분포기울기를 적용함으로서 수용가능기준(acceptable criteria), 완충부분기준(buffer zone criteria), 수용불가능기준(unacceptable criteria)의 세 영역(three zones)으로 기준을 도출한 것이 Fig 3이다. 또한 Risk Criteria을 Rectilinear function로 나타내 것이 Table 4이다.

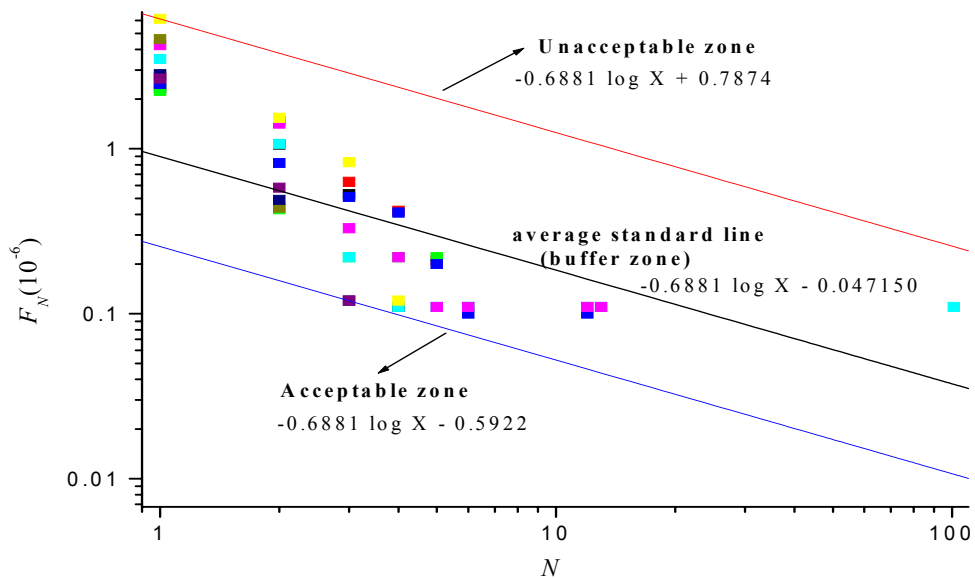


Fig 4. Risk criteria zones evaluated from the accidents.

#### 결론

1. 국내 사고사례(1991-2000)에 Hagon의  $fN^{\alpha} = r$ 인 기본식을 적용한 F-N curve는 위험산정의 척도로서 안전수용가능기준(Safety acceptable criteria)로 활용될 수 있으며, 국내의 현행 포괄적 안전거리(Safety Distance)와 함께 위해·위험시설과 그 인근의 주거지역 이나 공공시설사이를 어떻게 격리 수용(Buffer Zone)되어야 하는지를 다루는 토지 이용규제의 이론치로 활용할 수 있음.
2. LPG 사고자료에 대한 지속적인 자료의 축적과 국내·외 parameter를 비교 산출함으로써 국내 safety management policy의 기본방향을 수립하는 기준지표로 이용할 수 있다.

#### REFERENCES

1. Hagon, D.O. Chem Eng Res, Vol. 62, 1984, November, p381-386.
2. Risk Criteria for Land Use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazard, health & Safety Executive, 1989
3. Carter, D A; The Scaled Risk Integral, Loss Prevention & Safety Promotion in the Process Industries, Antwerp, Vol II, 1995.
5. Slater, D.H., 1982, A Consultant' Approach to the Regulations, (Technica. Oyez London).
6. Okrent, D.,1981, The Assessment and Perception of Risk(The Royal Society of London).
7. Griffiths, R.S., 1981, Dealing with Risk (Manchester University Press).