

기술위험의 평가와 관리

김원국(서울대학교 방화공학센터 연구교수)

1.0 개요

산업혁명 이후로 과학과 기술의 발달은 인류에게 많은 복지를 가져다주었다. 그러나 한편 거대 도시의 탄생은 사회적 문제, 안전 문제 및 환경 문제를 야기 시켰다. 생산 기술의 발달은 생산 규모의 거대화를 가져왔고, 공정은 점점 더 복잡하여 졌다. 따라서 현대 기술은 그 유용성과 함께 대형 사고의 위험을 안고 있는 두 얼굴을 가지게 된 것이다. 실제로 지난 세기를 돌아보면 수많은 분야에서 기술의 발전과 더불어 사고로 인한 재앙을 가져왔다. 기술이 발전한 만큼 위험도 진화되어왔던 것이다. 이제 우리는 위험관리의 새로운 패러다임을 확립하여야 한다. 경험적 방법으로 관리하기에는 위험이 이미 너무 진화하여 있기 때문이다. 본 논문에서는 현재 선진국에서 사용하고 있는 위험 평가 방법 및 위험 관리 방법을 소개함으로써, 앞으로 우리나라에서의 위험 관리 정책의 방향을 제시하였다.

2.0 위험관리의 종류

2.1 법적 규제

경험적 사고를 바탕으로 원치 않는 사고가 발생하지 않도록 법으로 규제하는 방법을 말한다. 일반적으로 사고 발생 억제를 수용 가능 범위를 정하지 않고 가능한 한 최소로 요구한다. 접근 방법이 이전 사고에 근거하므로 이미 증명된 방법이라는 장점이 있는 대신, 예측하지 못한 다른 유형의 사고는 막을 수 없으며, 법정으로 가는 경우,

정의의 재판이 아닌 법의 재판이 될 수 있는 단점이 있다. 또한 사법부가 정치권으로부터 완전히 독립되지 못한 경우, 사회적 혼란이 일어날 수 있게 된다.

2.2 보험적 규제

로이드보험 (Lloyds) 및 FM (Factory Mutual)의 HPR (Highly Protected Risk) 접근방식이 있다. 이 방법 역시 이전에 발생한 경험적 사실을 기초로 하여 관리 대상물에 비교함으로써 위험을 관리하는 방법이다. 로이드보험의 경우 주로 재정적인 위험에 초점을 맞추고 있으며, FM의 경우 기술 수준 및 관리 능력에 관심을 두고 있다. 역사적 사실에 근거를 두고 있으므로 구체적인 방법이긴 하지만, 시급하게 변하고 있는 현대 기술에서 발생할 수 있는 사고를 예측하기 힘들다.

2.3 평가를 근거로 한 위험관리

FMECA (Failure Mode Cause and Effect Analysis), HAZOP (Hazard and Operability Study) 및 QRA (Quantitative Risk Assessment)와 같은 기법을 사용하여, 발생 가능한 사고의 유형 및 발생 확률, 크기 등을 예측하는 방법으로, 현재 그 사용범위가 날로 증가하고 있는 실정이다. 특히 HAZOP Study의 경우, 석유화학공업에서 공정위험분석 방법으로 우리나라에서도 널리 쓰이고 있다. 평가를 근거로 하는 위험관리의 장점은 복잡한 시스템을 면밀히 분석할 수 있으며, 발견된 문제점에 대한 확실한 해결책을 제시하며, 비용/편익 분석을 가능하게 한다는 점이다. 그러나 HAZOP Study의 경우, 최악의 시나리오를 선정하는 것이 매우 어렵다.

2.4 위협과 취약성

위협 (Threats) 을 기초로 하는 위험평가는 SWOT (Strength, Weakness, Opportunities, and Threats) 가 대표적인 예가 된다. 여기서 말하는 취약성 (Vulnerability) 은 특별한 문제 보다는 일반적인 정책을 대상으로 한다. 다음은 위협과 취약성 평가의 한 예이다.

Threats	Critical Success Factors		
	Reputation	Operability	Staff
Technical	xx	xx	xx
Community	-	-	xx
Political (change of government)	x	x	x
Financial	xxx	xxx	xxx
Natural Events	x	xxx	x

<Scores>

- xxx Critical potential vulnerability that must be addressed
- xx Moderate potential vulnerability
- x Minor potential vulnerability
- No noticeable vulnerability

25 변화하는 위협

확실한 위협과 불확실한 위협이 정규 분포로 대칭한다는 전제로써, 주로 재정적인 위협의 경우에 현실성이 높은 방법이다. 그러나 이러한 논리를 적용할 경우, 많은 통계적 방법이 사용 가능하게 되는 장점을 갖고 있다. 일반적으로 사업위험은 정규분포의 위협을 갖게 된다.

26 최선의 위험관리 방법

대부분의 위험관리 방법은 위험관리 대상으로부터 위험요소를 찾아내고 이들 문제점에 대한 해결방법을 찾아내는 것이 주를 이루고 있다. 그러나 최선의 위험관리 방법은 모든 분야에서 수행하고 이는 최선의 위험관리방법을 분석하여 도입하는 것이다. 최선의 위험관리방법에서는 사고가 발생할 경우, 사고와 직접적인 연관이 없는 안전 조치를 취하지 않았을 경우라도, 법적인 제재를 받게 된다.

27 시뮬레이션

공정의 모델에서부터 가스 확산 및 화재, 폭발 범위에 이르기까지 실로 다양하게 적용되고 있는 위험관리 방법으로써, 석유화학 공정에서부터 원자력발전소 및 일반 건축구조물에 이르기 까지 다양하게 사용되고 있는 방법이다. 실제로 앞에서 언급한 정량위험성평가 (Quantitative Risk Assessment)의 경우에도 사고의 크기를 예측할 때,

시뮬레이션 기법이 활용되고 있다. 시뮬레이션 기법을 사용할 경우, 다양한 사고의 피해범위를 사전에 예측할 수 있으므로 위험관리 뿐 아니라, 설계에도 적용되고 있다.

2.8 문화적 위험관리

1977년 James Reason은 문화적 위험의 범위를 다음과 같이 정의하였다. 문화적인 위험의 경우, 기술적인 위험관리와 같이 구체적인 사고의 원인과 결과를 찾아내어 대처할 수는 없으나, 집단의 문화적 배경에 따라 상당한 영향력을 행사하게 되므로 간과할 수 없는 요소인 것이다.

Pathological Culture	Bureaucratic Culture	Generative Culture
-Don't want to know -Messengers are 'shot' -Responsibility is shirked -Failure is punished -New ideas actively discouraged	-May not find out -Messengers are listened to if they arrive -Responsibility is compartmentalized -Failures lead to local repairs -New ideas often present new problems	-Actively seek it -Messengers are trained and rewarded -Responsibility is shared -Failures lead to far reaching reforms -New ideas are welcomed

3.0 정량위험성평가를 기초로 한 위험관리

현재 기술의 거의 모든 분야에서는 정량위험성평가를 기초로 한 위험관리가 가장 보편적으로 수행되고 있다. 따라서 본고에서는 정량위험성평가 방법 및 수용 가능한 위험의 범위 및 전체적인 위험관리 방법을 소개하고자 한다.

3.1 정량위험성평가 방법

위험은 사고가 발생할 확률에 사고로 인한 예상 피해를 곱해준 값으로 단위 시간당 예측되는 피해를 표시하게 된다. 사고로 인한 피해는 크게 다음의 범위로 표현될 수 있다.

2003년 한국과학기술학회 후기 심포지엄

- 인명 손실
- 재산 피해
- 영업(기능)의 정지로 인한 피해
- 환경 피해

정량 위험의 표현은 크게 개인 위험과 사회적 위험으로 나눌 수 있다. 다음은 정량 위험성평가를 수행하는 절차이다.

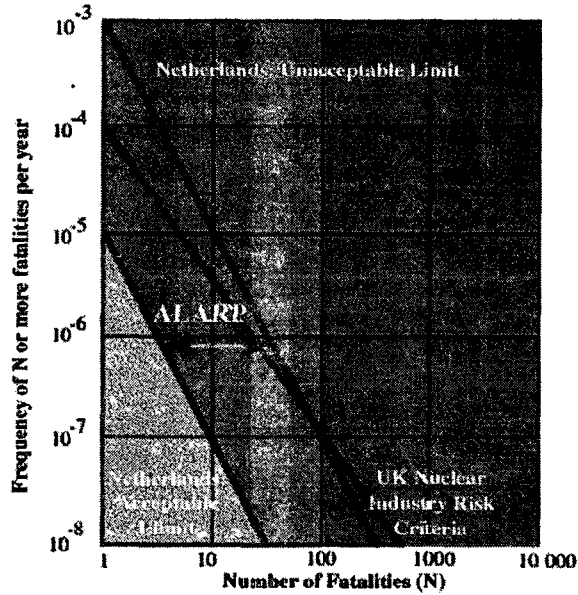
- 1) 위험성평가 목적 확인
- 2) 위험성평가 및 표현 방법 설정
- 3) 사고 시나리오 작성
- 4) 사고 발생 모델링
- 5) 사고 영향 모델링
- 6) 위험의 표현

3.2 허용위험범위

국가별로 허용 위험 범위는 조금씩 다를 수 있으나, 개인 위험의 경우, 다음 표에 의한 위험의 허용이 보편적이다.

Risk Categories	Levels of Risk Acceptability	Typical Quantification Values
I Intolerable; risk cannot be justified except in extraordinary circumstances		10^{-4} per year Limit for Royal Soc. U.K.* Car Accident Deaths
II Undesirable; tolerable only if reduction is impractical or if cost is grossly disproportionate to the improvement		10^{-5} per year Limit for W.A. E.P.A.*
III Tolerable if the cost of reduction would exceed the improvement gained		10^{-6} per year Objective for N.S.W DoP, H.S.E U.K., Royal Soc. U.K.*
IV Broadly Acceptable	Negligible risk	10^{-7} per year
V Acceptable	Trivial risk	Lightning Strike Deaths

사회적 위험에 대한 허용범위는 다음과 같다.



질병, 사고 및 자연재해에 대한 위험을 개인위험으로 표시하면 다음과 같다.

사망 원인		위험도
질병	심장병	$8.3 \times 10^{-3}/\text{yr}$
	암	$3.2 \times 10^{-3}/\text{yr}$
	뇌출혈	$1.9 \times 10^{-3}/\text{yr}$
	폐렴	$6.4 \times 10^{-4}/\text{yr}$
	당뇨병	$2.8 \times 10^{-4}/\text{yr}$
사고사	자동차 사고	$1.9 \times 10^{-4}/\text{yr}$
	추락사고	$5.0 \times 10^{-5}/\text{yr}$
	익사 사고	$2.2 \times 10^{-5}/\text{yr}$
	화재 사고	$2.1 \times 10^{-5}/\text{yr}$
자연재해	지진, 홍수, 태풍	$9.0 \times 10^{-7}/\text{yr}$
	폭염	$9.0 \times 10^{-7}/\text{yr}$
	동사	$4.0 \times 10^{-6}/\text{yr}$
	낙뢰 사고	$4.0 \times 10^{-7}/\text{yr}$

3.3 위험관리 방법

관리 대상의 위험이 예측되면, 설정된 허용위험과 비교하여 위험을 수용할 것인지 아니면 위험을 경감시킬 것인지를 결정한 후, 수용이 안 되는 위험의 경우 위험경감대책을 마련하여 위험을 경감 하여야 한다. 다음은 일반적인 위험관리 절차다.

- 1) 위험관리 목표 설정
- 2) 위험성평가
- 3) 허용위험범위의 설정
- 4) 위험의 비교: 허용위험 vs 평가된 위험
- 5) 위험경감대책 수립
- 6) 비용편익분석
- 7) 위험경감대책의 적용
- 8) 위험의 감시

4.0 결론

여러 분야의 위험 중에서도 안전, 환경 및 보건에 관련된 분야는 합리적이고도 지속적인 정책의 수립 및 일관적인 적용이 필요하다. 이들 분야는 또한 기술이 뒷받침되고 있는 분야이므로 기술의 정량적인 위험성평가가 가능하다. 선진국에서는 이미 이들 기술 분야에 대한 정확한 위험성평가를 위한 연구소를 다수 설립하고 운영 중이며, 이들 분야의 위험관리를 위한 정책을 수립하여 왔다. 국민의 정서를 무시할 수 없으며, 소속 집단의 의견을 존중하여야 하지만, 위험의 실체를 정확하게 파악한 후, 정책을 수립한다면, 오늘날 우리가 겪고 있는 혼돈을 상당부분 피해 갈 수 있으리라 본다.

□ 참고문헌

AICHE, "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis", 2nd Edition, 2000.

Kuhn T S (1970). The Structure of Scientific Revolutions, 2nd Edition, enlarged, sixth impression. University of Chicago Press.

Reason J (1997). Managing the Risks of Organizational Accidents. Ashgate Publishing Limited.

Standards Australia/Standards New Zealand (1999). Risk Management. Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4360:1999.

Standards Australia (1999). Functional Safety of electrical / electronic / programmable electronic safety related systems. Par 6.5: Examples of methods for the determination of safety integrity levels AS 61508.5 - 1999 / IEC 61508.5 - 1998.

Assessment and Management of Risk from Technology

Abstract:

In the most field of today's technology we can recognize that they are being developed faster than any other era. The common phenomena of the current technology are; large in scale, complicate in process, exposed to large number of people. Although it certainly has contributed to the welfare of humankind, we could realize that the technology has adverse effect to us. Actually we had to experienced numbers of disastrous accidents from many fields modern technologies are being adopted. Hundreds of people, sometimes thousands of people had to die without being noticed why and when. It is clear that we have to manage the risk existing in modern technology. In this paper I wanted to direct the way to adjust the public policy concerning to the public safety by introducing the method of risk assessment, acceptable risk criteria, and risk management model.