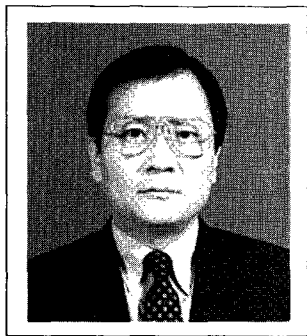


에너지 이용과 안전

— 원전의 안전성 확보 방법론을 중심으로 —

은 영 수

한국원자력안전기술원 정책기획부장



인류의 역사는 에너지 사용과 개발의 역사라고 말할 수 있다.

불의 사용에서부터 식물의 연소열의 이용 및 화석연료인 석탄·석유의 개발을 거쳐 원자력의 이용과 태양에너지의 이용에 이르기까지 인류는 경제성 있는 에너지의 개발·이용을 위해 갖가지 노력을 경주해 온 것이다.

이미 우리들이 잘 알고 있는 것처럼 연료 자체의 연소 및 에너지의 개발에는 인간의 기술이 연관된다.

이러한 과학기술의 사용은 복잡한 기계장치의 사용을 불가피하게 만들

고, 이로 인해 필연적으로 사고의 위험도(Risk)가 증가되게 된다.

이러한 과학기술에 의한 산업시설의 위험도는, 불의 사용에 의한 화재의 위험도로부터 시작하여 증기보일러의 폭발에 의한 위험도, 그리고 원자력사고에 의한 방사선재해 위험도에 이르기까지 인류의 삶을 끊임없이 위협해왔다.

그러나 이러한 위험도들의 다양화 및 그 양적 증대에도 불구하고 인간이 에너지개발 노력을 계속하고 있는 것은, 위험도 및 편익(Risk/Benefit)의 관점에서 볼 때 에너지사용의 편익이 더 크기 때문이다.

그렇기는 하지만 고도의 에너지 소비사회에서 잠재하는 위험도는 우리들로 하여금 이를 가능한 한 더욱 저감시키기 위한 노력을 기울이도록 하고 있다.

에너지의 선택요건

에너지는 인류문명의 발달에 기여

하는 중요요소 및 인류번영과 생존을 위한 필수요소로서, 여러 나라는 '에너지안보'라는 개념으로까지 중요시하고 있다.

가장 기본적으로 인체의 활동이 바로 에너지 소비활동이며, 인간의 일상생활 자체가 에너지를 사용·소비하는 과정인 것이다.

에너지사용에 있어서 부존자원이 부족한 우리나라가 어떠한 에너지를 국가의 주에너지로 삼을 것인가 하는 선택의 문제에 당면하게 되는데, 이에 있어서는 아래와 같은 5가지 인자를 고려할 필요가 있다.

첫째, 에너지안보 측면이다.

70년대의 2차례의 오일쇼크 사태를 통하여 우리가 깨달은 바와 같이, 에너지의 공급이 차단될 경우 국가적인 타격과 혼란이 엄청나다는 점을 고려할 때, 국가경영에 필요한 에너지원의 확보는 국가안보 차원의 문제라고 할 수 있다.

둘째, 경제성 측면이다.

아무리 새로운 에너지원이 개발되

더라도 경제성이 없다면 당장 실용화 되지 못하기 때문에 산업화시 막대한 재원 등이 소요되므로, 정책결정시에 경제성이 중요한 결정인자가 된다고 할 수 있다.

셋째, 기술성 측면이다.

실현가능한 에너지개발은 고도의 이용기술 및 높은 관련 산업수준이 필수적이다.

이와 병행하여 에너지사용에 있어서의 위험도를 저감시키기 위한 안전 기술도 중요한 결정인자이다.

넷째, 국제관계 측면이다.

에너지의 이용은 한 나라에 국한되는 문제는 아니다.

특히 부존자원이 빈약하고 아직은 에너지이용 기술의 자립이 완전히 달성되지 않은 실정에서, 에너지원의 확보 및 이용기술을 확보하기 위해서는 국제정치 및 외교적인 요인도 중요한 결정인자로 고려할 필요가 있다.

다섯째, 사회적 수용성 측면이다.

에너지의 이용은 공해·방사능재해·지구온난화 등을 수반하고 있으며, 국민의 생활수준 향상과 더불어 이와 같은 문제가 없는 양질의 에너지이용에 대한 욕구가 증대하고 있다.

따라서 에너지 이용방식을 결정함에 있어서는, 시대·사회의 대다수가 수용가능한 것이어야 한다는 점 역시 중요한 결정인자로 고려하여야 할 필요가 있다.

에너지이용과 안전성

안전성이란 위험도와 대(對)가 되는 개념이다.

즉 어떤 산업의 안전을 이야기할 때 안전은 그로 인한 인간의 재해의 정도 또는 가능성, 즉 위험도가 적은 상태를 말한다.

무 위험도가 없듯이 절대적 안전이란 없다.

개념적으로 말하면 예컨대 절대적인 원자력안전이란 원자력시설이 존재하지 않을 때 성립한다.

따라서 보통 우리가 안전이라고 말할 때는 상대적 안전이란 것을 인정하고 있는 것이다.

우리가 어떤 시설이 안전하다 또는 안전하지 않다고 논할 때는, 그것의 존재로 인한 위험도의 정도가 우리 사회가 수용가능할 정도인가를 따지는 것이라고 할 수 있다.

1. 기술위험의 특성

에너지를 사용한다고 할 때 그것은 우리의 주위환경과 인간에게 위험을 유발한다.

에너지사용에 따른 위험은 기술위험이라고 할 수 있다.

이 기술위험은 여러가지 특성을 갖고 있다.

인간의 기술발달은 기술발전 이전보다 인간사회의 전반적인 안전성을 향상시켰지만, 경제적 여유를 증대시켜서 안전에 대한 욕구 또한 증대시

켰다.

기술사회는 속성상 능률성을 안전성보다 더 선호한다.

기술위험은 인간이 통제가능하다는 인식이 지배적이다.

기술위험은 다양한 기술이 복합적으로 결합하여 광범한 위험으로 나타나는데, 오존층의 파괴나 지구온난화 등이 그 예이다.

국제하천의 오염, 지하수의 오염, 해양오염, 산성비 등도 그 범주에 속한다.

이러한 기술위험은 피해를 회복하기 어려운 비가역적 특성을 보인다.

또한 이 기술위험은 기술발전의 속도가 새로운 기술의 위험성을 이해하기도 전에 다시 새로운 기술이 개발되며, 전체적 복잡성을 파악하기 어려운 것이 속성이다.

2. 위험도개념의 확장

안전이란 중요한 사회적 자산이며 공공재화(Public Goods)이다.

이러한 안전을 논의할 때 중요한 것은 즉각적인 위험도 외에도 최근에는 지발적이고 잠재적인, 그리고 범세계적인 영향과 피해까지를 고려에 넣어야 한다는 것이다.

즉 생태계의 파괴나 범지구적인 산림의 파괴 및 지구온난화에 의한 기상이변, 사막화, 그리고 남극지역 빙산의 해빙으로 인한 해수면의 상승 등의 재해까지 고려해야 한다는 사실이다.

안전의 개념이 종래 개인이나 어떤

〈표 1〉 한국인의 위험인지 순위

순 위	위험종류
1	식수오염
2	탄광작업
3	방사능유출
4	오존층파괴
5	도시가스사용
6	방사성폐기물매립
7	일반폐기물매립
8	농약사용
9	절단기작업
10	산성비
11	LPG 사용
12	저하철공사장
13	벤젠취급
14	석면취급
15	원자력발전
16	여객선·지동차여행
17	승강기탑승
18	비행기여행
19	기차여행

주 : 김영평 교수, 고려대학교 행정학과, 「원자력안전」 창간호, 1994

소규모 집단의 피해, 즉 화상·질병 및 이로 인한 사망 등으로부터 지구 전반, 장기적인 관점의 재해로까지 확장하게 된 것이다.

3. 위험도 수용의 사회성

안전성이란 절대안전을 지향하여야 하긴 하지만, 그 시대·사회 대중들이 수용가능하고 실제 달성가능한 수준으로 유지되어야 한다.

그러나 어떤 사회의 수용가능한 위험도의 수준은 쉽게 계산되지 않으며, 그것에 대한 합의도 쉽게 얻어지는 것도 아니다.

과학기술자들이 어떤 에너지원의 사용에 의한 위험도를 숫자로 계산하여 소위 실제적 위험도를 제시하더라도, 사회의 대중이 인식하는 체감위험도 지수가 그것보다 훨씬 높으면 문제가 발생한다.

사회의 의사결정은 체감위험도수에 의해 결정된다.

최근의 조사결과에 의하면 방사성 폐기물관리시설에 의한 위험도를 우리 국민은 원자력발전소보다 훨씬 더 심각하게 인지하고 있다(표 1).

사회가 발전하고 생활여유가 많아 질수록 사람들의 안전에 대한 요구는 더 높아지고 있다.

위험을 객관적으로 평가할 수 있다고 하여 주관적 위험을 무시해서는 안 된다.

객관적 위험이 하나의 물리적 사실이라면 주관적 위험도 하나의 사회적 사실인 것이며, 사회적 사실을 무시한 정책결정은 성공하기 어려운 것이다.

그것은 우리가 이미 굴업도 문제에서 되풀이하여 얻은 교훈이기도 한 것이다.

원자력분야의 안전성 확보 방법론

1. 원자력발전소의 안전목표

현재 미국을 비롯한 서방의 여러나라에서는 대중의 보건과 환경의 보호를 위해 원자력발전소 위험도의 척도가 되는 안전목표(Safety Goals)가 수립되어 그 이행이 추진되고 있다.

안전목표는 70년대 원자력안전성 연구결과 확립된 확률론적안전성평가 방법(Probabilistic Safety Assessment : PSA)을 통해 원전 중대사고에 대한 이해가 증진되었고, 이를 사용하여 위험도 감소방안의 도출과 적용을 적절하고 합리적으로 할 수 있게 되었다.

가. 원전의 안전목표

원전의 안전목표는 중대사고를 예방하기 위해 노심손상빈도 목표를 설정하고, 중대사고가 발생하였을 경우 인근주민을 방사선영향으로부터 보호하기 위해 방사능 대량방출빈도 목표를 설정하고 있다.

노심손상빈도 목표는 비슷한 수준의 설계기술로 건설된 원전들의 수명기간중 노심손상사고가 발생치 않음을 합리적으로 보증할 수 있는 설계목표치이다.

방사능 대량방출빈도 목표는 노심손상사고 발생후 사고가 악화, 격납건물로부터 방사능이 대량방출되어 즉각적인 주민보호조치가 필요한 사고가 발생할 확률을, 중대사고 관리 및 완화방안 등을 통해 노심손상빈도 목표의 약 1/10로 감소시키기 위한 설계목표치이다.

나. 대중보건단계의 안전목표

대중보건단계에서의 안전목표는, 방사선으로부터 대중을 보호하기 위해 부지의 선정·설계·건설 및 운전 관련된 요건을 명시하고, 위험도의 추가감소 달성시 많은 비용이 들지 않

도록 하며, 원전의 안전성에 대한 대중의 이해도를 높이기 위하여 설정하고 있다.

개인의 위험도 제한차원에서의 안전목표는, 원전의 안전성과 연관시킬 경우 바로 노심손상빈도에 대한 안전목표로 연결된다.

즉 노심손상빈도 기준치는 하부단계의 목표이지만, 상부단계의 목표인 대중보건과 개인의 위험도에 대한 안전목표와 함께 사용된다.

PSA 결과 1,000 내지 10,000 원자로 가동연수당 1회($1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4 / \text{Rx-yr}$)보다 큰 노심손상빈도가 얻어지면 즉각적인 보완조치를 권고하고 있다.

또한 미국의 경우는 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^6 / \text{Rx-yr}$ 의 범위에 대한 노심손상빈도에 대해 비용-편익분석을 수행하고, 보완조치가 타당한지를 검토·결정하는 과정이 고려되고 있다.

이런 측면에서 가동되는 원전기수가 증가할수록 노심손상의 전체적인 위험도는 높아지게 되므로, 가동중 또는 신규원전의 안전성을 점진적으로 향상시켜야 할 필요성이 생기게 된다.

2. 원자력안전의 합리적 최소성취

대중보건과 개인의 위험도에 대하여 국제방사선방호위원회 ICRP(International Commission on Radiological Protection)에서는 방사선방어 목표 및 방사선방어 원칙을 제정·권고하고 있다.

이는 사회·경제적 요인을 고려하여 개인피폭선량과 위험의 정성적 한도를 비용-편익분석(Cost-Benefit Analysis)방법으로 최적화함으로써 설정한 합리적 최소성취(As Low As Reasonably Achievable : ALARA)라는 원칙을 말하며, 그 권고내용은 다음과 같다.

가. ALARA-1965 권고

65년 국제방사선방호위원회(ICRP)가 발간한 「ICRP Publication 9」에서 “방사선피폭선량은 경제적 및 사회적 인자를 고려하여 당장 쉽게 달성가능한 한 낮게(As Low As Readily Achievable, economic and social considerations being taken into account)”라는 개념을 제시·권고하였다.

그러나 ICRP는 이 권고개념을 원자력산업계가 실제적으로 반영하는데 있어 이런 정성적 표현 때문에 여러가지 어려움을 겪게 된다는 것을 인식하였다.

나. ALARA-1977 권고

77년 「ICRP Publication 26」에서 ① 방호의 최적화 ② 행위의 정당화 ③ 개인피폭선량을 제한하는 방사선방호 체제를 권고하면서, 방호의 최적화 수단으로, “모든 방사선피폭은 합리적으로 달성가능한 한 낮게(As Low As Reasonably Achievable : ALARA) 유지되어야 한다”고 ALARA 개념을 개정·권고하였다.

이 「ICRP Publication 26」에서 권

고된 ALARA가 근거하고 있는 기본 성격은, 방사선피폭을 저감시킴으로써 얻어지는 보건적·사회적 효과 등에서의 편익과, 피폭을 저감시키는 데 드는 비용 사이의 균형을 이루는 데 있는 것이었다.

또한 이 권고에서 개인의 피폭선량을 제한하는 계산에서 위해(Risk)라는 개념을 사용하였다.

다. ALARA-1990 권고

90년 「ICRP Publication 60」에서는, 최적화 과정에서 경제적·사회적 판단에 의해서 일어날 수 있는 불공정을 인식·주목함에 따라, 이런 불공정성을 제한하기 위해서 추가로 피폭원 관점에서 개인에 대한 피폭선량을 제한하거나 또는 위해도를 제한하는 제안내용의 권고를 하기에 이르렀다.

이 「ICRP Publication 60」의 권고는 77년 「ICRP Publication 26」 이후의 간행물 등에서 나타난 ICRP의 방사선방호에 대한 개념을 포괄적으로 정리한 것이었다.

또한 일본의 히로시마·나가사키 원폭피해자의 암발병률에 관한 연구를 바탕으로 해서 90년 ICRP 권고에서는, 이전의 「ICRP Publication 26」의 확률론적 영향의 위해도 계수에 대해서도 약 3배나 높게 평가할 수 있다.

라. 국내의 ALARA 현황

현재 국내 원자력법은 「ICRP Publication 26」 권고를 근거로 선량한도 준수에 초점을 둔 ALARA 원칙을

도입하여, 원전 등 대형시설에 우회적으로 적용(안전성분석보고서·운영기술지침서 규정적용)하고자 하는 입장에 있으며, ALARA 개념의 정립 및 정신을 강조하고 있다.

ALARA를 적용하기 위해서는 우선적으로 피폭 저감화를 위한 유도기능이 선결요건이다.

현행 원자력법의 체계를 볼 때, ALARA를 수용하여 구체적으로 제도화하는 데에는 방법론상의 어려움이 있으므로, ALARA를 도입하되 상당한 기간을 통한 준비·교육 및 체제구축과 더불어 탄력적 운용이 요구된다.

마. 미국의 ALARA 현황

미국 원자력규제위원회(US Nuclear Regulatory Commission : US NRC)에서는, 원자력발전소에서 직업상 방사선피폭을 ALARA로 유지하여야 한다는 요건을 충족시키기 위해 요구하는 원자력발전소 계획·설계·건설·운전 및 해체단계에서의 목표를 달성하는 데 필요한 지침을 제시하고 있다.

ALARA 유지에 관한 US NRC의 입장은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 직업상 방사선피폭을 ALARA로 유지하는 데 효과적인 설계설비 특성의 정립
- ② 직업상 방사선피폭을 ALARA로 유지하기 위한 계획의 수립
- ③ 직업상 방사선피폭을 ALARA로 유지함에 있어서 관련 발전소 운

영상의 고려사항을 적절하게 포함하는 방사선방호계획의 수립

- ④ 방사선방호요원이 직업상 방사선피폭을 ALARA로 유지하기 위한 활동을 수행하는 데 있어 그 기능을 효과적으로 발휘하게 할 수 있는 방사선방호 계기·장비 및 시설의 확보

이런 지침을 제시하고자 미국 원자력규제위원회가 정량적인 방사선방어 목표달성을 위해 사용한 수치들은 다음과 같다.

- 즉발치사 목표치=원전 1마일내에 사는 사람들은 연간 0.5×10^6 확률로 사망한다.
- 만성치사 목표치=원전 10마일내에 사는 사람들은 연간 2.0×10^6 확률로 사망한다.
- 방사선대량방출시 지침=방사선대량방출 빈도≤원자로당 연간 10^6

미국 원자력규제위원회가 이런 정량적 방사선방어 목표를 계산해 내는데 사용한 근거로서는, 미국내에서 압으로 10,000명중 대략 평균 19명이 사망하는(연간 1인당 2×10^{-3} 으로 사사오입하여 계산) 확률과 교통사고를 포함한 모든 사고로 인하여 평균 10,000명중 5명이 사망한다는 확률통계에 근거하고 있다.

또한 이들은 비용-편익분석에 의한 결과로, 방사선작업 종사자 전신 피폭을 1rem 줄이는 데 1,000달러의 비용이 든다면 반드시 이를 시행하여

야 한다고 규정하고 있다.

그러나 실제 적용면에서는 현재까지 축적된 기술의 실효성, 경제적 측면의 효과 및 영향, 사회적 여건 등으로 인해 많은 문제점이 제기되고 있는 실정이다.

3. 고유안전성과 공학적 안전성

고유안전성은 원자력이 원래부터 가지고 있는 선천적인(Inherent) 안전성을 말한다.

사고가 나서 냉각수 온도가 올라가면 자동적으로 원자로 안에서 핵분열이 정지되는 특성 등이 대표적인 예이며, 이를 부반응도 효과(Negative Reactivity Feedback)라고 한다.

이에 반해서 공학적인 안전성이란 엔지니어링을 통해서 확보되는 안전성을 말하며, 비상노심냉각계통 등이 그 대표적인 예이다(표 2).

원자력의 안전성은 이 고유안전성과 공학적 안전성을 적절히 조합하여 안전확보개념이 이루어지는데, 이것은 다중방호개념과 다중성으로 구분된다.

다중방호개념은 하나의 안전장치가 못쓰게 되더라도 그 다음의 여러 겹의 안전장치가 계속하여 작동되도록 하는 개념이다.

가압경수로의 경우, 핵연료펠릿·핵연료피복관·1차냉각수경계·격납건물 등의 여러 겹의 방사능유출 차단장치가 있다.

이러한 안전설비들의 신뢰도를 높

〈표 2〉 고유안전성과 공학적 안전성

구분	종 류	내 용
고유 안전성	도플러 효과	원자로의 열출력이 증가하면 핵연료 온도가 증가하게 되고 공명흡수 단면적의 폭이 넓어지는 도플러 현상이 일어나, 중성자 증배율이 감소되면서 다시 자동적으로 열출력이 떨어진다.
	감속재 부반응도 효과	원자로의 열출력이 증가하면 감속재 온도가 증가하게 된다. 감속재 온도가 증가하면 감속재 밀도가 줄어들게 되며, 이에 따라 감속재 원자핵수가 감소하여 감속효과가 줄어든다. 따라서 열중성자 수의 감소로 다시 스스로 열출력이 떨어진다.
	격납건물 자동냉각 효과	신형로에서 중력이나 자연순환의 효과를 이용하여, 격납용기와 격납건물 사이 공간에서 공기의 자연순환을 통하여 계속적으로 격납건물을 냉각시킨다. 또한 격납용기 위에 위치한 물탱크로부터 중력에 의하여 주입되는 물이 격납용기를 식히는 기능이 있다. 이러한 기능에 의하여 사고시 궁극적으로 노심에서 생성되는 잔열을 제거시킬 수 있다.
공학적 안전성	원자로 보호계통	만일 원자로가 운전제한치를 초과하는 사고가 일어나면, 제어봉이 중력에 의하여 삽입되어 원자로 기능을 정지시킨다. 보호계통의 신뢰도를 높이기 위하여 다중감지기, 실패시의 안전장치 및 독립적인 연결 등을 갖추도록 설계되어 있다.
	안전주입계통	냉각재상실사고, 주증기관 파열, 또는 압력방출밸브의 오조작 등으로 인하여 원자로 냉각재계통이 감압되고 노심냉각의 대안이 없을 경우에 비상노심냉각 수단을 제공하는 설비이다. 이 계통은 신속한 비상노심냉각 뿐만 아니라 사고중 장기간 노심을 냉각할 수 있도록 설계되어 있다.
	비상급수계통	주요기능은 주급수계통이 운전불가능한 경우에 증기발생기에 급수를 공급하는 장치이다. 비상급수는 증기발생기에서 증기로 변형되어 복수기 또는 대기로 방출됨으로써 노심붕괴열을 제거하게 된다.
	격납용기계통	사고가 발생하면 격납용기를 통한 방사능의 유출을 막기 위해 외부와의 격리밸브가 자동적으로 닫히게 설계되어 있으며, 설계기 준사고에서의 온도 및 압력을 충분히 견딜 수 있게 설계되어 있다. 격납용기의 열제거 기능은 격납용기 살수계통과 격납용기 팬 냉각기계통에 의하여 조절된다. <ul style="list-style-type: none"> • 살수계통 : 격납용기 고압력 신호를 받아 자동적으로 기동하여 냉각재상실사고 또는 증기관 파열사고시 격납용기압력을 조절하며, 핵연료 피복관 파손으로 인해 격납용기 대기를 오염시키는 핵분열 생성물(옥소)을 제거하는 데도 사용된다. • 팬냉각기계통 : 격납용기 대기온도 및 상대습도를 정상운전 설계제한치 내로 유지시키는 계통으로서, 설계기준사고시 열을 제거하는 다른 하나의 수단이며 격납용기 내부압력도 감소시킨다.
	다중성전원공급계통	소외전원이 상실되었을 때 인접한 소내 원전에서부터 전원을 공급받을 수가 있으며, 자체적으로 비상디젤발전기를 돌려서 필요한 전기를 공급받을 수 있도록 설계되어 있다.

이기 위하여 도입한 개념이 다중성인데, 다중성 확보를 위해서는 다양성(Diversity)과 중복성(Redundancy)을 가진 장비를 설치한다.

즉 같은 기능을 담당하는 장치를 여러 개(2~4개) 설치하고(중복성), 서로 다른 작동원리(다양성)의 작동장치를 마련하도록 되어 있다.

4. 품질보증

품질보증(Quality Assurance)은

원전의 안전성과 신뢰성을 보증하기 위해 부지선정단계에서부터 설계·제작·건설·시운전·운전 및 보수·해체 등 전단계에 걸쳐 구조물·계통·기기 등이 제기능을 수행할 수 있도록 계획을 세우고 정하여진 절차에 따라 업무를 수행하며, 또한 이들 업무가 적합하게 수행되는지를 확인·평가하고 시정·조치하는 일련의 체계적인 활동을 말한다.

일반산업에서 적용하고 있는 품질

관리(QC)는 최종제품에 대한 고객만족을 목표로 하고 있는 반면, 원자력 품질보증(QA)은 초기과정부터 최종 과정에 이르는 각 과정마다 일정 수준 이상의 품질을 유지할 수 있도록 계획하여 시행·확인하는 제로디펙트 개념의 합리적인 제도이다.

원자력산업에 적용하고 있는 품질보증 기준은 18개로서 조직, 품질보증계획, 설계관리, 구매서류 관리, 지시서·절차서 및 도면·서류관리, 구

입자재·기기 및 용역의 관리·자재·부품 및 기기의 식별과 관리, 특수작업의 관리·검사·시험관리·측정 및 시험장비의 관리, 취급, 저장 및 운송, 검사·시험 및 운전상태, 부적격 자재·부품 및 기기, 시정조치, 품질보증기록, 감사 등으로 구성되어 있다.

우리나라는 72년 고리 1호기의 건설부터 품질보증제도를 도입하여 운영해 오고 있다.

발전사업자는 물론 하청업자(Sub-contractor, Vendor)에 이르기까지 품질보증요건에 따라 품질보증계획서를 수립하고 이를 시행해 오고 있으며, 규제기관도 품질보증검사를 통하여 사업자 등이 수립한 품질보증계획서에 따라 적합하게 품질보증활동을 하는지를 확인하고 있다.

우리나라의 원자력발전에 대한 경험은 고리 2호기의 건설 이후 20년 이상에 이른다.

그간 원전시설에서는 방사능오염과 같은 사소한 문제가 일어나기는 하였지만, 일반산업분야에서 발생한 것과 같은 대형사고는 발생하지 않았다.

이것은 원자력산업의 품질보증제도 도입의 결과라고 할 수 있다.

5. 원자력안전규제

안전성 확보를 위해서는 사업자들의 자발적인 노력만으로는 부족하며 필연적으로 정부에 의한 규제가 필요하다.

즉 원자력의 안전성 감시 등의 규제 기능에 의해 달성되는 원자력안전성 확보라는 공공재는 국민 모두가 수혜자가 되지만, 국민 개개인들은 이의 확보를 위해 자발적으로는 노력하지 않으려 한다.

누군가 나서서 이를 확보해 주면 그 혜택을 누리려고 하는 '무임승차자'의 성향을 갖게 되는데, 국민들이 이렇게 스스로 공동이익을 확보할 수 없을 때 정부가 규제의 형태로 개입하여 원자력안전성을 확보하고 있다.

원자력분야에서는 이러한 규제기능의 엄정한 수행을 위해 독립된 규제기관이 규제를 하고 있으며, 인허가시의 안전심사·검사 등을 통하여 안전성을 확인하고, IAEA 등과의 국제적인 협력을 통하여 안전규제경험을 교환할 뿐만 아니라, 원전현장에 규제요원이 상주하여 안전규제활동을 수행하고 있다.

6. 안전문화

TMI 사고나 체르노빌사고에서 보듯이 지금까지 발생하였던 원자력분야의 대형사고는 인적요인(Human Factor)에 의한 것이며, 따라서 이러한 인적실수(Human Error)를 줄이기 위한 구체적인 방법, 즉 Man-Machine Interface를 고려한 주 제어실 및 주요계통 부품설계의 개선과 함께, 원자력시설 운영에 있어서 안전성을 최우선으로 하는 것이 관행으로 정착되는 안전문화에 대한 강조가 최근

의 추세인 것이다.

안전문화란 이러한 안전성을 확보하기 위한 인간의 마음자세·의식 등이 관련된 어떤 총체적인 분위기·풍토라고 할 수 있다.

이 '안전문화'란 말은 86년의 체르노빌원자력발전소 사고 이후 IAEA의 국제원자력안전자문단(International Nuclear Safety Advisory Group : INSAG)이 발간한 「체르노빌 사고후 검토회의 결과보고서(IAEA Safety Series No. No. 75-INSAG-1)」에서 최초로 도입·사용되었으며, 88년 IAEA Safety Series 75-INSAG-3로 발간된 「원자력발전소기본안전원칙」에서 그 의미가 확정되었다.

그 이후 원자력분야에서 안전문화란 말이 자주 쓰여오면서 안전문화의 평가방법에 대한 해설과 지침의 결여로 자주 혼돈이 초래되자, 91년 IAEA는 Safety Series No. No. 75-INSAG-4로서 「안전문화」라는 책자를 발간하였다.

이 「안전문화」책자는 원자력활동에 종사하는 개인과 조직에 연관되는 안전문화를 다루면서 안전문화의 개념을 확실하게 정립하고, 정부기관과 산업계 및 관련 지원기관들에게 활용되도록 만들어졌으며, 부록으로서 안전문화를 평가해 볼 수 있는 지표(Indicator)를 수록하고 있다.

이후 92년에 IAEA는 안전문화평가지침을 확립하고, 안전문화평가팀(ASCOT : Assessment of Safety

Culture in Organization Team)을 구성하여, IAEA 회원국들이 초청할 시 INSAG-4의 원리에 근거하여 안전문화의 효율성을 평가하고, 안전문화를 효과적으로 구축하기 위한 경험과 좋은 관행을 공유하고 제안하는 서비스를 제공하기 시작하였다.

그러면 여기서 INSAG-4의 「안전문화」에서 정의되고 있는 안전문화에 대해 중요한 것을 요약하여 보기로 한다.

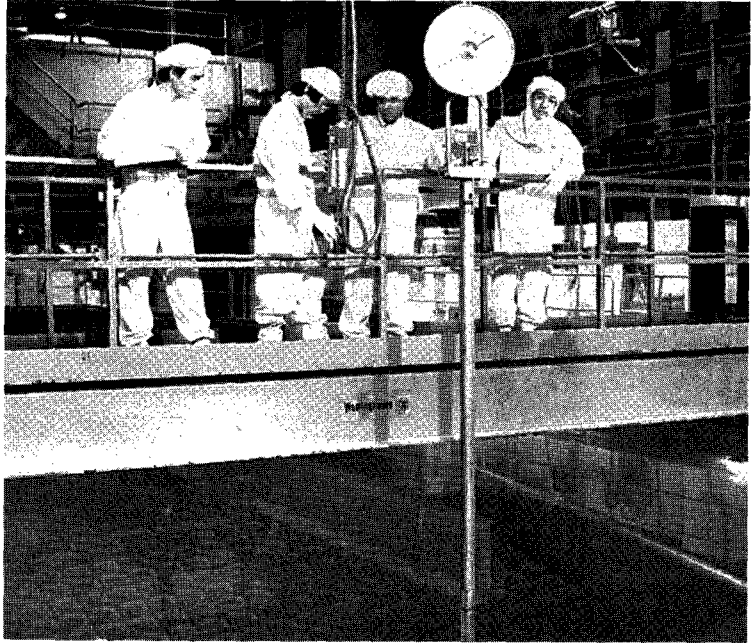
가. 안전문화의 정의

안전문화란 '산업체에 있어서 안전 문제가 무엇보다 최우선의 관심사임을 스스로 다짐하는 조직과 개인의 자세와 품성이 결합된 것'이라고 정의할 수 있다.

이러한 안전문화의 보편적인 특성으로는, △ 안전성이 중요하다는 개별적인 인식 △ 직원에 대한 훈련이나 교육 및 자기학습을 통해 얻어지는 지식과 능력 △ 상위 관리층에 의한 안전성 최우선 의식의 솔선수범 △ 각 개인들이 안전이라는 공동목표를 수용하는 마음의 자세 △ 지도력을 통한 동기부여와 상벌체제의 설정 및 개인의 자발적인 태도 △ 의문을 제기하는 개인의 자세에 대한 대응태세를 갖춘 감독기능 △ 공식적인 업무분장과 임무의 명시 △ 각 개인의 업무이해를 통한 책임의식 등이 있다.

나. 안전문화의 요소

안전문화는 두가지의 요소로 구성되는데 첫째는, 조직내의 필요한 관리



안전문화란 안전문제가 최우선의 관심사임을 다짐하는 조직과 개인의 자세와 품성이 결합된 것이다.

구조와 위계상의 책임이며 들쭉는, 관리구조에 대응되며 이로부터 이득을 얻는 모든 직급의 직원들이 갖는 태도이다.

일반적으로 개인의 행동방식은 상위층에서 설정하는 요건이나 정책에 의해 조정되는데, 정부는 개인·일반 대중 및 환경보호의 책임을 완수하기 위해 잠재적 위험이 있는 산업설비 및 행위에 대해 안전성을 규제하며 이를 위해 법령과 자문기구와 규제기관을 설립한다.

이들 기관은 직무수행을 위한 충분한 직원과 예산, 부당한 간섭없이 직무를 수행하는 권한을 부여받으며, 산업체 내에서도 역시 상위층의 정책은

근무환경을 창조하고 개인의 활동을 조정한다.

산업 관련기관은 안전정책에 대한 기초를 천명하여 직원들에게 안전성에 대한 지침으로 제공하며, 조직의 목표를 널리 알리고 안전성에 대한 관리진의 공약을 천명한다.

이 안전정책성명은 모든 산업활동에 있어서 안전성이 최우선순위를 명백히 하며, 필요할 경우 산업생산에 대한 요구나 생산계획도 무시하도록 규정하고 있다.

규제기관 역시 정책성명을 통해 산업체의 안전성과 개인 및 대중을 보호하고 환경을 보전하기 위해 법률을 엄격히 적용할 것을 공약한다.

이러한 안전정책의 이행을 위해서는 안전문제에 있어서 책임소재의 명확성이 요구된다.

산업체의 안전성에 대한 일차적이고 공식적인 책임은 그 조직의 운영조직에 있다고 보는 것이 일반적이다.

안전성 확보와 안전문화를 유지하기 위해서는 적절한 인적·물적자원이 공급되어야 하며, 관련조직은 정기적으로 산업안전에 기여하는 실무조직 전반에 대해 검토를 수행해야 한다.

그것은 일상관리체통의 외부에 있는 유능한 사람이나 기관으로 하여금 참신한 의견을 제시토록 하며 안전성을 위한 새로운 시도를 가능하게 한다.

일반적으로 개인의 태도는 근무환경에 크게 좌우되는데, 효과적인 안전문화는 안전성을 증진하는 자세의 환경과 풍토 속에서 찾을 수 있다.

이것을 기관의 안전정책과 기관의 목적에 부합되도록 조성하는 것은 관리자의 책임이라고 할 수 있다.

관리자의 권한체계가 명확하게 설정될 때 개인의 책임수행이 용이해진다.

권한은 애매하지 않게 정의되고 문서화되어야 하며 안전성 관련업무가 엄정하게 수행되고 있음을 보증하여야 한다.

또한 직원이 각자 맡은 바 임무에 충분한 능력을 갖고 있음을 보증해야 한다.

그리고 교육을 통해서 직원을 기술상의 숙련이나 준수해야 할 세부절차에 보다 친숙해지도록 가르치며, 안전

문제에 임하는 직원의 훌륭한 태도에 대해서 격려하고 칭찬하며 실질적인 포상을 제공해야 한다.

상벌체계가 안전성에 손상을 입힌다면 높은 수준의 생산성을 기대할 수 없으므로, 인센티브는 생산성 뿐만 아니라 안전성에도 바탕을 두어야 한다.

실수가 발생할 때에는 이를 처벌해야 할 사건이라기보다는 그로 인해 교훈과 이익을 얻을 수 있는 경험의 원천으로 간주하는 분위기가 필요하다.

또한 안전성관리체제는 훈련계획·직원임명절차·업무수행·문서통제·품질보증체계 등에 대한 정기적인 검사에 의해 자체적으로 검토되며, 직원이 계속적으로 자기업무를 수행하는데 있어 고도의 능력을 발휘할 수 있도록 동기를 부여하여야 한다.

또한 ALARA 측면에서 볼 때도 아무리 기술·경제·사회성을 고려하고 기술개발 및 연구, 현장운영에 적용 또는 활용한다 하더라도, 원자력안전문화의 계몽·홍보 및 교육이 뒷받침되어 원자력산업계는 물론 사회대중으로 파급이 확산되지 않는 한 모든 노력이 결실을 맺지 못하는 것을 우리는 경험을 통해 배워 오고 있다.

맺음말

인간은 쾌락을 추구하고 에너지 등의 소비생활을 통하여 효용(Utility)을 극대화하는 경제행위를 영위한다.

이러한 성향을 인간이 갖고 있는 한

에너지사용량은 늘어날 수 밖에 없고 이로 인한 위험도 역시 증가할 수 밖에 없는 것이다.

물론 환경파괴 등의 문제 때문에 일부 환경론자들을 중심으로 이러한 확대위주의 경제성장모델을 재고하여야 한다는 주장이 제기되고는 있으나, 개인의 이기주의적 성향, 국가이기주의 등으로 인류가 경제성장을 합의에 의해 자발적으로 중지하기는 어려울 것으로 보인다.

그렇다면 결국 인류의 에너지사용은 증가되고 이로 인한 위험도도 증가될 수 밖에 없는데 이 즉각적·지발적인 위험도를 어떻게 통제할 것인가하는 것이 우리의 당면과제인 것이다.

지금까지 원자력분야의 안전성, 안전목표, 안전성확보 방법론, 실제 합리적으로 달성가능한 수준의 안전성 확보를 위한 ALARA 개념 및 원자력 안전문화에 대해 살펴보았는데, 일반 에너지분야에서 안전성의 문제해결을 위해서는 다음 것들이 필요하다고 생각된다.

1. 안전성에 대한 인식의 전환

안전성을 높이는 것은 사회경제학적으로 비용의 증가를 의미하는데, 비용의 증가는 곧 그 에너지원의 경제성 저하를 유발하며 그것은 다른 에너지원에 대해 비교경제우위를 떨어뜨리는 것이다.

이것이 지금까지 안전성에 대한 전통적인 인식의 패러다임이다.

그러므로 안전성을 강조하도록 정부와 국민이 강요하더라도 사업자들은 이에 대해 주저하는데, 이것은 경제성과 생산성이 떨어지면 현직간부들이 문책당하기 때문이다.

이러한 의식구조하에서는 안전성은 실효성 없는 비용의 증가로만 인식된다.

따라서 안전문제의 해결을 위해서는 경영자 및 관리자들이 이러한 인식의 패러다임을 전환하여야 한다.

안전성에의 투자는 단기적으로는 비용의 증가이지만 그로 인해 장기적으로는 분명 대형사고의 확률이 줄어들므로 큰 경제적 손실이 예방되는 것이다.

따라서 안전성이 곧 경제성이라는 인식의 전환이 있어야 한다.

우리의 시야를 단기적·미시적 경제성 추구에서부터 장기적·거시적 경제성 추구로 바꿔야 하며, 그렇게 할 때 안전성에 대한 투자비용은 곧 경제성으로 바뀌는 것이다.

2. 안전문화의 확립

안전기술 개발은 물론 품질보증체계의 도입, 독립적인 안전규제체제의 확립과 함께 안전문화라는 것에 관심이 주어져야 한다.

안전문화개념과 방법론은 이미 원자력분야에서 약 10년에 걸쳐 개념이 정립되고 개발되어 오고 있다.

원자력분야에서는 일반 에너지산업 분야로 이 안전문화 확립의 방법론을

전수할 태세가 되어 있다.

이 안전문화는 에너지산업이 진흥·발전하는데 있어 무형의 Infrastructure라는 인식을 가져야 한다.

이 안전문화를 우리 사회의 특성에 맞는 것으로 적용·진화시켜 나갈 때 안전성의 문제는 해결점을 찾을 것이다.

3. 사회 수용성 고려

안전문제는 위험도에 대한 인식의 문제일 뿐만 아니라 그것에 대한 사회 수용성의 문제임을 인식하여야 한다.

과학기술자는 대중들이 과학기술의 실제위험도에 대해 무지하다고 무시하거나 비난을 할 것이 아니라, 과학기술 및 이로 인한 위험도에 대한 대중인식과 수용성의 문제가 복잡하고 어려운 것이라는 인식위에 이를 개선하기 위한 노력을 경주하여야 한다.

비전문가들인 국민들이 전문분야의 과학기술을 전부 이해해주기를 기대할 수는 없다.

과학기술자들이 그들을 이해하여야 하며, 국민들을 무지하다든지 교육시켜야 할 대상으로 인식해서는 안된다.

그들은 자기 분야에서는 전문가며 그들 중에는 우리보다 똑똑한 사람이 많은 것이다.

따라서 과학기술자들이 대중의 기술위험에 대한 인식의 특성에 대해 알려고 하는 태도를 가져야 하며, 대중수용성을 개선하기 위해 노력을 경주해 나가야 하는 것이다.

안전성의 정도는 사회의 수용성의 정도를 고려하여 합리적으로 달성가능한 수준을 결정하는 것이 중요하다.

4. 지구적 차원의 위험도 인식

지구적인 차원에서 위험도를 인식하여야 한다.

이미 연약한 지구는 국경을 초월하는 범지구적 재해의 위험에 노출되고 있고, 이에 대한 우려는 계속 증가하고 있다.

우리가 에너지를 이용한다고 할 때는 그 분야만의 지역적·국지적인 위험도를 고려해서는 안되며, 그것이 지구적으로 어떤 피해를 줄 것인가를 고려해야 한다.

따라서 앞으로는 어떤 에너지원의 경제성을 논의할 때는 지구적인 차원에서 비용-편익을 논의하여, 수용가능한 합리적 수준의 안전성을 확보하여야 하는 것이다.

지구화의 시대에 우리는 전 에너지분야의 안전성 확보노력이, 이 지구적인 위험으로부터 우리를 보호할 것이라는 인식하에 안전성을 최우선으로 하는 것이 관행이 되는 Global Safety Culture를 정착시키는 데 큰 역할을 한다는 마음가짐을 가져야 할 것이다.

안전이란 바로 나 자신과 나의 가족, 그리고 인류를 지키는 소중한 공공재이며 우리에게는 이것을 지속적으로 체고시켜 나가야 할 책임과 의무가 있는 것이다. ☹