

原子力發電의 安全性 批判과 實體



申 載 仁

〈韓國電力技術(株) 技術本部長〉

I. 漸增하는 原子力發電 比重과 反核運動

石油波動과 原電

1955년 8월 “원자력의 평화적 이용”이 72개국의 대표들에 의해서 제창된지 18년뒤인 1973년 10월 세계각국은 경악적인 뉴스에 접근하게 됩니다. 그해 10월 6일부터 시작된 중동전쟁이 석유전쟁으로 비화되면서 석유수출국기구(OPEC)의 페르시아만 산유국들이 석유가격을 5달러선에서 12달러선으로 전격 인상하고 생산량마저 감소하게 된 것입니다.

이러한 석유파동으로 전적으로 에너지를 석유로부터 공급받고 있던 서방세계의 산업은 극심한 타격을 받게 되었으며 막대한 경제적 손실과 경제성장의 둔화를 초래하게 됩니다. 이러한 석유파동은 1978년에 또한번 일어남으로써 비로소 세계각국은 대체에너지의 개발과 단일 석유집중의존에서 벗어나 석탄, 가스, 원자력 등에 균형적으로 의존하는 복합에너지정책을 시행하게 됩니다.

원자력에너지를 전력생산에 사용하는 요구는 이러한 두차례의 석유파동을 통해서 그 전성기를 맞습니다. 선진제국들은 다투어 원전을 건설하고 새로운 개념의 원전을 개발하기 위하여 거

대한 돈을 투자하기 시작하였습니다.

美國 TMI原電事故

그러나 제1차 석유파동이 일어난지 5년뒤인 1979년 3월 29일 미국 펜실바니아주 헤리스버그 지역에 있는 중형의 원자력발전소로 부터 심각한 뉴스가 전세계 각 지역으로 타전되기 시작하였습니다.

서경 76.7도 북위 40.1도에 위치하고 있는 전장 3마일의 조그마한 쓰리마일섬은 2개의 발전소를 품고 있으며 섬의 이름을 따서 각각 TMI-1, TMI-2로 명명하고 있었습니다. 이중 TMI-2는 900MWe급 원자력발전소로 1979년 1월 처음으로 상업운전을 시작한 이래 전력회사인 GPU에 값싸고 깨끗한 전력을 공급하고 있었으며, 외관 또한 주로 농경지대인 주변경치와도 썩 잘 어울리는 모양을 하고 있었습니다.

1979년 3월 27일 23시에서 28일 07시까지의 운전근무자들은 전 근무자들로 부터 인계받은 운전일지를 점검하고 별 이상이 없음을 확인하였습니다. 28일 04시 00분 37초 운전원들은 터빈과 원자로가 정지하는 것을 감지하였으며, 1분후에는 증기발생기의 물이 완전히 고갈되었고, 2시간 30분후에는 뜨거운 원자로내부에 냉각수가

부족한 상태가 유발되었음이 판명되었습니다. 07시 24분에 발전소장이 일반비상을 발령하고 비상지휘반을 편성·운영함으로써 그 유명한 TMI원전사고의 서막이 뉴스로 퍼져나가게 된 것입니다.

그후 이 사고는 원자로의 주요부분 40%가 녹은 것으로 판명되었으나 인명피해는 없었으며, 인근주민의 방사선에 대한 노출도 최대 70mrem으로서 자연방사능의 준위인 88mrem보다 낮았고 단지 10~18억달러의 재산손실을 가져오게 되었습니다.

蘇聯 체르노빌原電事故

불행하게도 원전의 획약은 TMI사고로서 종결을 보지 못하고 1986년 4월 26일 01시에 발생한 소련의 체르노빌원전사고로서 결정적인 손실을 입게 됩니다. 발전과 군사용 목적으로 운용되어 오던 체르노빌 4호 원전은 서방세계의 상업원전과 그 개념이 판이하게 달라 발전소의 운전원 부주의로 발생한 사고가 화학폭발과 흑연의 화재로 인하여 더욱 확대되었으며, 소련 특유의 설계로서 사고물질의 외부확산을 막아주는 격납건물이 없는 관계로 인근지역과 국가들까지 사고의 피해를 주게 되었습니다.

그림1은 TMI원전과 체르노빌원전의 격납구조

설을 보여주고 있습니다. 그림에서 검게 나타난 부분이 격납방벽인데 체르노빌의 경우 취약부분이 있음을 알 수가 있습니다.

이 사고로 진화작업중 사망한 1명과 실종인원 1명을 포함하여 31명이 사망하였으며, 중상 203명, 경상237명의 인명피해 그리고 34억달러의 경제적 피해를 입히게 되었습니다.

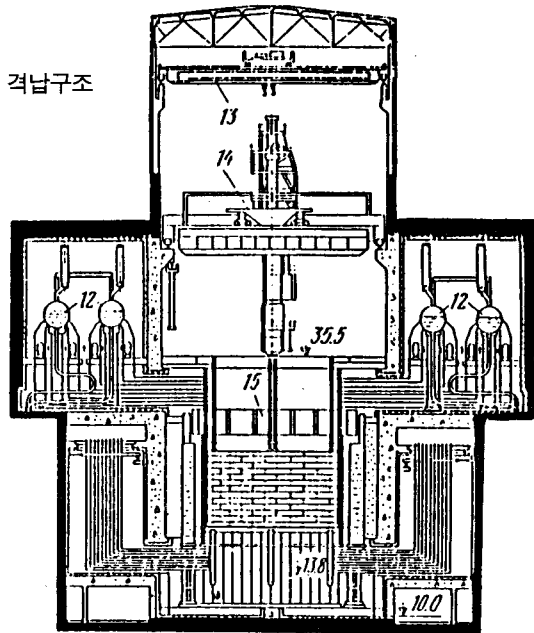
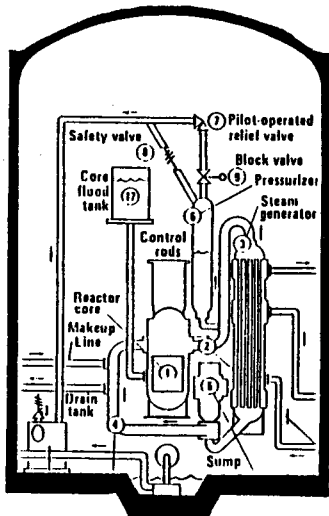
이 사고이후 현재 같은 지역에 있는 체르노빌 1;2,3호기는 가동중에 있으며, 이 사고로 인해서 인근주민의 암발생 사망률은 0.014%(향후 70년간 최고 320명 암환자 발생 추정) 증가할 것으로 미국환경보호청(EPA)은 예측하고 있습니다.

兩大 原電事故와 그 影響

이러한 양대 원전사고는 원전건설을 반대해온 사람들에게 유리한 근거를 제공함으로써 스웨덴, 이탈리아 등 유럽 원전국가들에게서 원전 건설의 명분을 빼앗았으며 소련의 원전 건설계획도 많이 축소되게 하였습니다.

그러나 세계각국은 양대 사고의 원인을 면밀히 분석하여 완벽한 원전의 안전성을 확보하기 위하여 그동안 보완조치를 강구하였으며, 이러한 사고에도 불구하고 미래의 인류 주종에너지

〈그림1〉 TMI 원전과 체르노빌 원전의 격납구조



〈표1〉TMI와 체르노빌사고

항 목	체르노빌	TMI
원자로형	비등 경수형	가압 경수형
연 료	저농축 우라늄(2%)	저농축 우라늄(3%)
감속 주재료	흑 연	경수(물)
격납용기	없 음	있 음
용 도	전력생산 및 군사용	전력생산
사고내용	원자로 용융 대화재 발생 수소폭발 대기방출	원자로 일부 용융
피해내용	사망 31명 중상 203명 50 rem (10km)피폭 34억불 재산손실	사망없음 최대 70 mrem 피폭 10~18억불 재산손실
* 인도 보팔 사고 의 피해	사망 2,800명, 추후 사망예상자 10만명, 중환자 5만명	

로서 원자력을 사용하기 위하여 계속 개발하고 있습니다.

미국은 1986년 3월 NEPP-V 에너지정책에 의거 석탄, 에너지절약, 원자력이용을 중점으로 삼고 있으며, 카나다는 CANDU-3의 신형원전 개발과 이용, 프랑스는 대형 원전(N4)의 건설, 영국은 Sizewell B의 표준원전 건설, 일본은 2030년까지 원전의 시설용량 점유율을 48%까지 끌어올릴 계획이며, 중국은 2000년까지 10기, 대만은 7기의 원전을 건설하거나 발주할 예정으로 되어있습니다. 소련은 핀란드 국경부근에 6기의 원전을 건설, 핀란드와 스웨덴에 전력을 공급할 계획을 세우고 있으며, 이 이외에도 이탈리아, 서독 등도 프랑스와 합작하여 신형안전로의 개발과 건설을 통한 국내 원자력발전사업을 부흥시키기 위해서 정책을 세우고 있습니다.

현재 우리나라도 9기의 원전이 운영되고 있으며, 2기가 설계제작중에 있고, 앞으로도 지속적으로 원전을 건설하여 에너지자립률을 높이기 위하여 노력하고 있습니다.

II. 原電 安全性 批判과 實體

그러면 이렇게 계속해서 건설되는 원전은 과연 안전할 것인가?

이미 건설되어 운전중에 있는 원전 또한 확실한 안전성이 보장될 수 있을 것인가?

과연 핵폭탄과 같은 엄청난 재앙을 동반하는 원전사고는 없을 것인가? 하는 의문이 매우 자연스럽게 부각될 것입니다.

원전의 건설을 반대하는 논리는 항상 원전과 군사무기, 불안전성(위험), 원자력에너지 통제 기술의 미숙, 폐기물에서 비롯된 공해문제 등이 주종을 이루고 있습니다.

原子力發電과 原子爆彈 : 야누스의 두얼굴

원자력발전은 원자폭탄의 원리를 이용하지만 근본적인 구조상에 있어서는 원자폭탄과는 상이하게 구성되어 있습니다. 원자력발전소는 동작 원리에 있어서는 석유나 석탄발전소와 동일하나 석유나 석탄을 이용하여 수증기를 얻는 보일러 대신에 원자료를 사용하고 있을 뿐입니다.

원자력에너지는 우라늄 235라는 핵분열물질을 이용하여 하나의 원자가 두개로 분열하면서 방출하는 질량결손에너지를 말합니다. 반면에 원자폭탄은 짧은 시간내 급격한 에너지의 폭발을 필요로 하기 때문에 우라늄 235가 100% 가깝게 농축되어 있어야 하지만, 원자력발전은 장기간 에너지를 소량 발생시켜야 하므로 우라늄 235의 성분비를 핵연료중의 2~4% 정도만 사용하여 원폭과 같은 폭발이 절대적으로 일어날 수 없도록 하고 있습니다.

원자력발전소에서 사용하고 나온 핵연료에 포함된 플루토늄 239가 원자폭탄 제조물질로 사용될 수 있으나 원폭 1개 제조에 필요한 약 11kg의 플루토늄을 얻기 위해서는 3.7m 길이의 핵연료 680kg을 약 100톤가량의 용기에 집어넣고 특수 공장으로 운반하여 핵연료로 부터 플루토늄을 분리하여야 하는 특수제조과정을 거쳐야 하기 때문에 핵연료 도난에 의한 원폭제조는 불가능

합니다.

기술적으로 원폭은 원자력발전소가 없이 제조 가능하며, 따라서 원자력발전소에서 원폭제조를 쉽게 할 수 있도록 도움을 주는 정도는 매우 미약한 편입니다. 따라서 원자력발전과 원자폭탄은 성만 같고 전혀 다른 사람인 것과 같습니다.

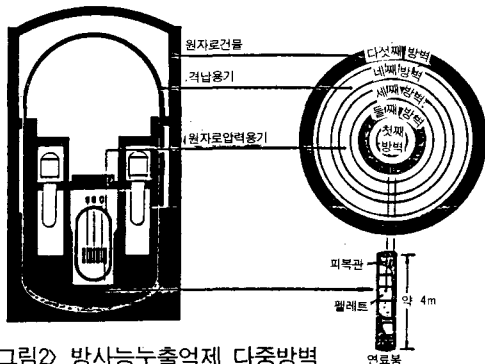
原電의 安全性은 어떻게 確保되는가? : 深層防禦概念

원전의 건설은 전력생산에 앞서서 안전성 확보를 우선으로 하고 있습니다. 따라서 부지의 선택, 설계, 제작, 건설, 운전, 보수 및 규제의 전 과정을 통해서 엄격한 안전기준과 품질보증을 통해서 확인하고 감독함으로써 원전의 안전성을 공인하도록 되어 있습니다.

부지의 선택은 지진이나 해일과 같은 사고요인 뿐만 아니라 환경보전, 교통, 인구, 토지이용 등 제반여건과 지역발전까지 고려하여 결정합니다.

원전의 안전성 확보를 위해서 설계단계에서는 무척 세심한 주의를 합니다. 기술적인 용어로 심층방어개념을 적용하는데 이는 다중방호장치와 다단계 안전보호조치를 의미합니다.

다중방호개념은 방사성물질을 다중의 차폐벽으로 둘러싸서 최악의 사고가 발생하여 핵연료가 용융된다 하더라도 외부환경으로 누출되기까지는 핵연료자체, 핵연료 피복재, 원자로 냉각계통, 강철 격납용기, 콘크리트 격납구조물 등 5개의 방벽을 거치도록 하여 방사능 누출을 억제시키는 방법입니다(그림2 참조).



〈그림2〉 방사능누출억제 다중방벽

다단계 안전보호조치는 작동원리가 틀린 동일기능의 기계장치를 설치하는 다양성 개념, 예비기계장치를 2중~4중으로 설치하는 다중성 개념, 한 기계장치가 사고를 당하더라도 동일기능의 다른 기계장치는 격리시켜서 사고의 여파가 미치지 않도록 하는 독립성 개념을 적용하고 이들에 대한 철저한 시험과 검사를 통해 이상상태 발생을 사전에 방지함으로써 취해집니다.

쉽게 예를 들어서 아침에 일찍 일어나기 위해 자명종 시계를 사용할 경우를 예로 들겠습니다. 머리맡에 태엽식 시계를 놓고 발치에 전기식 시계를 놓고 잠을 잤을 때 이것을 다중성이라고 하겠습니다. 아침 정해진 시각에 머리맡의 시계에 자명종이 울려서 깬다가 비몽사몽간에 자명종을 죽이더라도 발치의 시계가 내는 소리에 일어나게 됩니다. 이것은 독립성입니다. 또 밤새 정전이 되어서 발치의 전기식 시계가 틀리게 되어도 머리맡의 기계식 시계는 정상적으로 동작을 할 수 있습니다. 이것이 다양성입니다.

원전은 이와 같이 안전설계를 위해서 모든 조치를 취하고 있습니다. 그러나 설계만으로는 안전성이 확보될 수는 없습니다. 설계의 현실화, 즉 기자재의 제작, 시공, 건설, 운전에서 있어서도 안전성이 동일하게 확보되어야 합니다. 따라서 품질보증을 설계에서 운전에서 이르는 원전사업 전단계에 걸쳐 엄격히 수행하고 있습니다.

예를 들어 원전에 설치되는 기기중 안전성 확보에 중요한 기기들은 제3자에 의해 엄격한 품질검사를 거치고 이를 인증받으며, 제작에 종사하는 기업체나 종업원은 세계적으로 공인을 받아야 하거나 되어 있습니다. 또한 사고시와 같은 고압, 고온, 고방사능 또는 지진상태를 인위적으로 조성하여 기기의 성능을 확인하기도 합니다. 같은 성능의 기기라 하더라도 원전에 납품되는 기기의 가격이 일반기기 보다 3~4배가 되는 것은 이러한 이유에서입니다.

원전사업에 참여하는 전력회사, 기기공급회사, 설계회사, 시공회사들은 이렇게 안전성 확보를 위해 부단한 노력을 경주하고 있습니다.

〈표2〉 원전의 안전성 확보

단 계	주요 안전성확보 고려사항
부지 선정	○ 지진 ○ 해일 ○ 환경보전 ○ 교통 ○ 인구 ○ 토지이용 ○ 지역발전
설 계	○ 안전확보목표 설정(안전규격 및 기준) ○ 다중의 방호장치(5개의 사고억제방벽) ○ 다단계의 안전보호조치 - 다양성 개념(상이한 작동원리) - 다중성 개념(2-4중 보호) - 독립성 개념(사고전파의 차단)
제작 및 건설	○ 입증된 기술의 증명 ○ 강화된 품질보증 ○ 제3기관의 검증 및 검사
운전 및 보수	○ 엄격한 시운전절차를 통한 안전성 확인 ○ 운전원의 자격요건과 훈련 ○ 방사선 관리(최소가능치) ○ 예방정비 ○ 사고관리 및 비상대응조치
규제 및 감독	○ 안전요건의 설정 및 집행 ○ 독립적인 확인(건설허가 및 운전허가) ○ 검사와 검증

뿐만 아니라 원전 규제당국은 전력사업 측면이 아닌 국민의 건강과 재산을 보호하고 환경을 보호하기 위해 원전의 안전성 확보 여부를 기술적으로 검토·확인한후 건설, 운영허가를 발급하며, 운전중에도 검사 또는 새로운 규제요건의 적용의무화를 통해 원전의 안전성 확보에 만전을 기하고 있습니다.

원전운영으로 인한 종사자와 주민의 방사선 노출 및 방사성물질의 환경으로의 방출은 법정 규제치 이하로(이 규제치는 국제원자력기구 권고치임) 물론이고 비용이 허락하는 한 최소한으로 낮춘다는 전제하에 방사선방어설계를 하며 또한 운전보수절차에서도 이를 엄격히 관리하고 있습니다. 실제로 소외로 방출되는 방사성물질의 양은 법정규제치의 1/10을 넘지 않는 것이 전세계적인 원전운전 관례입니다. 이렇게 해서 원

전의 안전성 확보는 원전운영으로 인해 발생하는 방사성물질로 인한 장해로부터 종사자와 일반국민의 건강을 지키고 환경을 보호하며 동시에 재산의 손실을 막게 되는 것입니다.

그러나 이 세상에는 절대적으로 안전한 장치는 있을 수는 없습니다. 그리고 안전하다는 개념은 사람의 인식에 따라 매우 큰 차이를 보여주게 됩니다. 따라서 과학자들은 안전하다는 개념을 숫자로 개관적으로 표현하고자 하고 주로 확률론적인 방법을 여기에 사용하고 있습니다.

이러한 방법을 사용해서 계산된 영광 1·2호기 원전의 중대사고확률은 표3에서 보는 바와 같이 원전 1기, 1년 운전당 2만분의 1로서 미국의 유사 원전에 비해 우수하거나 대등합니다.

〈표3〉 원전 중대사고확률 및 주요 원인별 기여도

원전 주요사고 원인	영광 1/2 호기	미국 Indian- Point 3호기	미국 Millstone 3호기
냉각수 상실	30%	93%	25%
급수계통 상실	1%	3%	24%
소외 정전	48%	3%	15%
기타 원인	21%	1%	36%
중대사고확률	5.3×10^{-5}	1.2×10^{-4}	4.5×10^{-5}

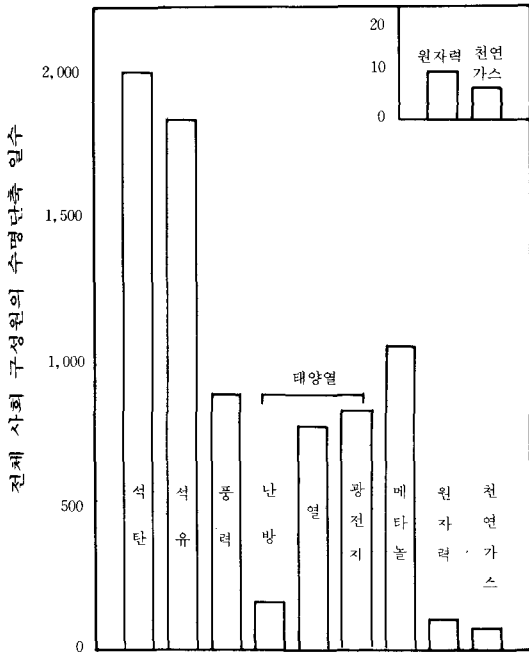
표3에서 보는 바와 같이 우리나라의 원전은 안전성 관점에서 전체적으로는 선진국 보다 안전한 것으로 분석되었으나 소외 정전에 다소 취약한 면이 있음이 도출되었으므로 이에 대한 보완을 기존 원전 및 영광 3·4호기에서 강구하고 있습니다.

다른 에너지源과 비교한 原電의 安全性

원전이 안전하다고 설명을 드리고 있지만 안전성이란 항상 다른 대안과 비교가 필요합니다. 안전성의 비교, 즉 위험도의 정량화는 어려운 작업이기는 하지만 여러가지 연구결과가 원전이 안전성 면에서 우위임을 보여주고 있습니다.

그림3은 캐나다의 원자력규제위원회(AECB)의 발표결과로서 각 에너지원별 단위에너지당 사회구성원의 수명단축일수의 총계를 나타낸 것

〈그림3〉 다른 에너지원과 비교한 원전의 안전성



입니다. 석탄이나 석유가 2,000일이고, 태양에너지가 약 900일 정도임에 반해 원자력은 불과 10일입니다.

TMI事故와 체르노빌事故가 주는 또하나의 敎訓

TMI원전사고와 체르노빌원전의 사고는 완벽한 원전 안전장치에 의존해 왔던 원자력계에 심각한 경종을 주었으며, 그 이후 많은 설비의 보완이 이루어졌습니다. 특히, 사고의 원인이 인간적인 실수에 의한 것이었으므로 인해서 원전의 설계, 운영에 인간공학적인 고려가 많이 추가되었습니다.

특히, TMI사고는 우리에게 두가지 측면에서의 원전 안전성에 대해서 긍정적인 확신을 주었습니다. TMI사고는 노심의 용융이 발생된 사고이었음에도 불구하고 계산된 바와 같이 안전장치들이 대량의 방사성물질이 외부로 확산되지 않고 격납건물안에 머물도록 하여 공중의 위험이 전혀 없었습니다. 특기할만한 다른 사실은 사고후에 노출된 독성의 방사성물질이 물과 수

증기에 흡착되어서 무시할 정도로 훨씬 작게 방출되었다는 사실입니다. 이것은 자연적인 현상이 원전사고 후에 자동적으로 방사능의 독성을 제거해 준다는, 즉 원전의 안전성은 더욱 높다는 사실을 실험적으로 설명해 주게 된 것입니다.

TMI 사고는 재산상의 피해와 국민의 우려를 초래했지만 반면에 원전의 안전성은 매우 높다는 사실을 우리에게 역설적으로 설명해 주게 된 사고이기도 합니다.

Ⅲ. 原子力發電과 環境保全

環境汚染과 温室效果

산업혁명 이후 급속한 문명의 발달은 상대적으로 환경공해의 커다란 속제를 안겨주었습니다. 산업개발에 따른 자연의 훼손, 공기의 오염, 공업용 폐수에 의한 하천의 오염 등이 그것입니다. 우리나라는 특히 가정용 연탄사용으로 인한 인명피해와 환경오염이 자동차의 배기가스에 의한 공기오염 못지 않게 중요한 것이었습니다. 최근에 이르러서는 프레온가스로 인해 성층권의 오존층이 파괴되어 태양으로 부터 오는 자외선의 양이 많아져서 인류건강을 위협하기 시작했고, 석유나 기름 등의 화석연료를 태우고 난 뒤에 방출되는 황산화물과 질산화물이 산성비를 내리게 하여 삼림의 황폐, 토양 황폐화를 가속시키고 있습니다.

1988년 6월 캐나다 토론토에서 열렸던 국제환경회의, 그리고 금년 3월 11일 네덜란드 헤이그에서 있었던 세계환경회의에서는 기존의 공해보다도 화석연료인 석탄과 석유의 사용으로 발생하는 이산화탄소에 의해서 대기층이 두터워져서 태양열의 재복사율이 지구에 되돌아 감으로써 발생하는 지구온도의 상승, 즉 온실효과를 매우 크게 경고하기 시작하고 있습니다. 우리가 피부적으로도 근년에 들어와서 느끼고 있는 매우 무더운 여름과 따뜻한 겨울이 이 온실효과에 기인한다고 말하고 있습니다.

MIT의 연구보고서에 의하면 지구생성 이래 축적된 이산화탄소의 양은 산업혁명 이후 지금까지 200년동안에 두배로 증가했으며, 그 증가 추세는 매우 심각할 것으로, 즉 현재의 상태로는 화석연료의 전면 사용중단을 하더라도 지구 온도 상승을 완전히 억제하지 못하며, 따라서 지구적 차원의 기상이변이 기대된다고 하고 있습니다.

또한 국제응용체계분석연구소는 해수면 상승으로 인해 앞으로 30~40년 후면 해안가의 도시들은 모두 수중도시가 될 것이며, 향후 30년간 지구상에서 매일 50여종의 동·식물이 멸종될 것으로 예언했습니다. 미국국립과학아카데미, 미국전력연구소, 세계에너지협의회 등 세계 권위 있는 기관들 역시 온실효과의 심각성을 경고하고 있습니다.

原子力發電이 温室效果를 억제시킬 수 있는가?

온실효과에 의한 피해를 경감시키는 방안으로서 원자력의 이용은 다시금 국제적으로 관심을 일으키고 있으며, 1988년 7월 25일자 뉴스위크는 미국 상원에서 행한 6인 과학자의 증언을 게재했습니다. 이들은 온실효과의 억제를 위해 세계적으로 화석연료의 사용이 제한되어야 하고 원자력에 대해 다시 관심을 지녀야 한다고 경고했습니다.

타임지는 통상 신년호에 게재하던 특집기사인 “작년의 인물”을 “작년의 지구”로 바꾸어 가면서 33인의 저명과학자, 정치가, 행정가들을 초청, 3일간의 토론회를 거친후 온실효과를 억제하기 위해서는 대체에너지 개발 및 보다 안전하고 경제적인 원자로 개발을 위한 자금지원을 늘려야 한다고 보도했습니다.

원전을 반대하는 사람들은 원전의 이용을 늘린다고 해서 환경영향 변화 억제에 도움을 주지 않는다고 주장하고 있으나 실제로는 그렇지 않습니다. 전세계 430기의 원전을 가동정지시키면 대체발전으로 인해 년 16억톤의 이산화탄소가

추가 발생하는 반면 (8%증가), 원전이 최대로 이용될 경우 2005년에는 매년 40억톤 내지 50억톤의 탄산가스 발생을 줄일 수가 있습니다.

原子力發電이 황산화물과 질산화물의 영향을 억제시킬 수 있는가?

화석연료는 이미 설명한 바와 같이 온실효과의 주범일 뿐만 아니라 황산화물, 질산화물, 분진발생으로 인해 산성비와 이에 따른 삼림황폐, 토양황폐, 대기오염, 스모그현상을 일으킵니다. 현재 우리나라의 배출규제치가 선진국에 비해 높은데 향후 규제가 강화될 경우 탈황설비의 추가로 인한 석탄화력발전소의 건설비의 증가는 20~30%에 이를 것으로 추측됩니다. 이 경우 대기오염은 줄일 수 있으나 반대로 다량의 폐수를 발생시키는 모순도 지니게 됩니다

프랑스의 경우 지난 1980년과 1986년 사이에 이황산가스를 56%, 질산화물을 9% 절감시켰습니다. 이는 프랑스의 원전비중이 동기간에 24%에서 70%로 늘었음에 기인합니다. 벨기에의 경우도 아황산가스를 66% 감소시킬 수가 있었습니다.

代替에너지 채택으로 環境保存이 가능할 것인가?

현재 주로 사용되고 있는 에너지원은 화석연료 및 우라늄연료입니다. 이들이 지니고 있는 자원의 유한성, 환경보호 측면에서 거론되고 있는 것이 대체에너지인 태양에너지, 바이오매스, 지열, 풍력, 수력, 조력, 파력 등입니다.

이들은 신재생에너지라고도 불리웁니다. 즉, 거의 무한한 에너지자원이라는 뜻입니다. 이들은 아직은 실용단계에 있지는 않지만 성공적으로 활용될 가능성은 있습니다. 문제는 이들이 가까운 장래에 얼마나 에너지수요를 충족시킬 수 있느냐에 있습니다.

국제응용체계연구소의 연구결과에 의하면 2030년경에는 신재생에너지들이 차지하는 비율이 약 10% 정도이고, 이들은 기저부하를 담당

하는 에너지들과 같이 사용되거나 또는 고립지역에서 사용될때 의미가 있고, 이들의 활용을 대폭적으로 증가시킬 경우에는 심각한 생태변화가 예측됩니다. 즉, 당분간은 신재생에너지의 급격한 이용확대는 불가능하며 기존의 에너지원에 의존해야 한다는 결론입니다.

따라서 원자력의 이용은 환경보전과 공해문제의 해결을 위해서는 현재의 기술로 선택할 수 있는 최적대안중의 하나인 것입니다.

VI. 放射性廢棄物의 處理處分

放射線과 우리의 生活

방사선은 태초에 만물이 창조되었을때부터 존재되어 왔으며 우리의 주변에 늘 함께 있었습니다. 이러한 자연방사선은 산이나 들이나 집이나 심지어 우리가 항상 보는 TV나 야광시계에서까지 나오고 있습니다.

일반인이 이러한 자연방사능에 의해서 연간 피폭되는 선량은 100mrem에 해당하며 담배를 흡연시 폐에서 받는 방사선량 또한 8,000mrem 정도가 됩니다. 이에 반해서 원전지역 주민이 원전 때문에 받는 양은 일반주민 법정허용선량인

〈표4〉 생활중의 방사선 피폭선량(개인당)

피폭원인	피폭량(mrem/년)
TV	1.0
공항 X-ray 감시장치	0.22
담 배	8000(폐)
건 물	7
치과 X-ray	9/회
위투시검사	1500/회
자연방사능	100
원전지역주민	1.0
일반인의 법적허용선량	500
방사선작업종사자 허용선량	5000
원전종사자 실편균 피폭선량 (한진)	310

자료 : 미국방사선방어협회 보고서, No 56(1977)
방사선피폭선량평가전문가그룹 보고서(1979)
미국원자력위원회 보고서, 각종 공산품의 방사능(1978)

500mrem에 훨씬 미달하는 1.0mrem 이하이며, 원전종사자의 평균선량은 약 310mrem 정도이어서 종사자 법정허용선량인 5,000mrem에 훨씬 미달함은 물론이고 일반주민 법정허용선량에도 미달하고 있습니다.

原電의 廢棄物은 産業쓰레기인가?

모든 산업체에서는 마지막 과정으로 항상 폐기물을 배출하게 됩니다. 그리고 이러한 폐기물은 적절한 과정을 거쳐 처리되게 합니다. 폐기물은 기체, 액체, 고체의 상태로 방출되기 마련입니다. 기체나 액체상태의 폐기물은 우리가 가능한 공해를 줄이기 위한 적절한 처리과정을 거치는데 상당한 비용을 소비하게 되며, 어떤 폐기물은 처리가 불가능하므로 '온실효과' 등 대기오염의 주범이 되기도 합니다. 고체폐기물은 폐기물중에서 우리가 가장 처리처분하기 쉽습니다. 즉, 고체폐기물은 적절한 과정을 거쳐서 환경공해를 최소화시키며 처리될 수 있습니다.

1백만kW용량의 석탄화력발전소가 단하루동안에 쏘는 폐기물은 기체상태인 이산화탄소가 2만3천톤, 아황산가스가 315톤, 분진이 6톤 그리고 석탄재가 3천톤이 됩니다. 반면에 원전에서 나오는 방사성폐기물은 거의 대부분 고체폐기물상태로 방출되며, 표5에 나타난 것처럼 석탄화력발전소와 물량면에서 비교될 수가 없으며, 중·저준위 폐기물의 양은 기술개선 상황으로 보아 현재의 40% 정도로 까지 낮출 수 있을 것으로 전망됩니다.

〈표5〉 원자력발전소의 1일 폐기물 발생량

폐기물 종류		석탄화력(1,000MW)	원자력(1,000 MW)
기체	이산화탄소	23,000톤	—
	아황산가스	315톤	—
	분진	6톤	—
고체	석탄재	3,000톤	—
	저준위	—	3.3톤
	중준위	—	0.1톤
체	고준위	—	0.05톤

放射性廢棄物로는 어떤 것이 있을까?

방사성폐기물은 통상 저준위, 중준위, 고준위로 구분합니다.

저준위 폐기물은 원전, 연구소, 병원, 산업체 등 방사성물질을 사용하는 어디서든지 나오는 것입니다. 수건, 장갑, 덧신, 까운, 실험기구, 걸레, 필터, 바닥깔개, 기타 방사성물질과 접촉했다고 생각되는 것은 모두 저준위 폐기물로서 방사성폐기물의 대부분을 차지합니다. 이들은 용도와 사용 정도에 따라 방사능 준위가 상이하기는 하지만 계측기로 검사해 보면 일상생활 주변의 자연방사능 정도입니다. 어떤 경우는 우라늄원광 보다도 더 적은 방사능을 띠고 있습니다.

중준위 폐기물은 주로 원자력발전소의 방사성물질제거장치, 즉 필터, 이온교환수지와 노후부품 등입니다. 이 종류의 폐기물에 포함되어 있는 방사능은 비록 방사능 강도가 그다지 우려할 정도는 아니지만, 즉 천연우라늄광석 정도의 방사능 강도를 지니지만 저준위 폐기물과는 구분하여 특별관리를 합니다.

고준위 폐기물은 핵분열 현상의 결과로 생성된 방사성물질들을 의미합니다. 원전에서 타고 남은 핵연료는 고준위 폐기물을 함유하고 있으므로 사용후핵연료다발들을 고준위 폐기물로 분류는 하고 있지만, 엄밀히 말하면 핵연료다발을 해체하여 자원 회수를 위한 재처리를 한후에 남는 것이 고준위 폐기물입니다.

原電內에서 放射性廢棄物은 어떻게 管理되는가?

원전내에는 방사능을 함유한 기체와 액체가 순환되고 있습니다. 기체는 여과장치를 통해서 걸러내며, 액체의 경우는 여과장치를 통해 걸러낸후 증발시켜서 방사능을 함유한 물질만 고체상태로 분리시킵니다. 즉, 사용된 여과장치와 증발후 남은 물질이 관리의 대상입니다. 원전 폐기물은 고체폐기물 뿐이라는 이유가 여기에 있는 것입니다.

중준위 폐기물은 부식방지처리가 된 드럼통내에서 시멘트와 섞어 움직이지 못하게 한후 일정기간동안 원전내의 별도구역에 저장하여 방사능 준위를 떨어뜨린후 소외로 방출합니다. 여기에 부가하여 방사능 준위가 아주 낮은 저준위 폐기물도 중준위 폐기물과 마찬가지로 처리합니다. 즉, 저준위 폐기물은 필요 이상으로 엄격히 관리되고 있는 것입니다. 원전에서 중·저준위 폐기물이 1기당 1년에 2,500드럼이 발생하는 것은 저준위 폐기물도 같이 처리하기 때문이며, 실제 중준위 폐기물량은 이중 약 3% 정도입니다

고준위 폐기물로 분류하고 있는 사용후핵연료다발은 다소의 열을 방출하므로 원전내에서 수년간 수중저장하여 냉각시키고 방사능 준위를 떨어뜨린후 처분을 위해 소외로 방출하게 됩니다.

放射性廢棄物은 어떻게 處分하는지?

방사성폐기물의 처분이란 폐기물을 일반대중으로부터 격리시키는 것입니다. 중·저준위 폐기물은 영구격리시키며, 고준위 폐기물중 사용후핵연료는 재처리를 위하여 임시저장 또는 영구격리시키며, 핵연료 재처리 폐기물은 영구격리시킵니다.

중·저준위 폐기물은 폐기물드럼을 비교적 얇게 땅속에 묻거나 또는 동굴속에 처분후 동굴을 밀봉시킵니다.

고준위 폐기물은 시멘트 대신 유리를 사용하여 고화시킨후 아주 견고한 스텐인레스용기에 담아 최소한 지하 300m 이하에 건설된 콘크리트 구조물내에 처분합니다.

사용후핵연료의 재처리를 전제로 할 경우에는 이들을 엄중한 보안설비와 안전설비가 갖추어진 중간저장소에 저장을 합니다.

地下에 處分할 경우 環境影響은?

흙이나 바위속에는 방사성물질이 미량 함유되어 있습니다. 중·저준위 폐기물을 지하에 처분할 경우에는 흙이나 바위에 포함되어 있는 방사

능량의 2만분의 1 정도가 추가됩니다. 즉, 처분 시점에서 방사성폐기물처분으로 인한 방사능 피폭이 2만분의 1이 증가하는데, 이 피폭량은 자연법칙에 의해 기하급수적으로 감소하므로 환경 영향은 무시할 수가 있습니다.

고준위 폐기물은 지하 300m 이하에 처분하는데 지하 300m 지점의 방사능 피폭량이 1/20이 증가합니다. 지하 300m에서의 피폭량이 이 정도이므로 지표에서의 방사능 영향은 정말 안심할 수 있을 정도입니다.

V. 原子力發電의 未來와 國民의 理解

새로운 安全概念의 原電建設 : 절대 안전에 의 도전

원전이 다른 산업에 비해 상대적으로 안전한 것은 사실입니다. 그러나 안전성은 더욱 추구되어야 한다는 것이 원자력계의 입장입니다. 현재 연구가 진행중이거나 실증로 건설준비단계에 있는 신형 원전들은 인간실수의 개재를 허용하고 있지 않습니다. 즉, 중대사고로 몰아갈 수 있는 상태가 발생하더라도 원자로가 지닌 고유의 안전성으로 인해 운전원의 개입이 없이도, 운전원의 실수가 있더라도 원전을 안전하게 유지할 수 있는 설계개념을 채택하고 있습니다.

다시 말해서 TMI나 체르노빌사고와 같은 인간실수로 인한 사고를 포함한 어떤 종류의 사고도 방지할 수가 있는 것입니다. 이러한 원전은 1995년 이후에는 실제 건설이 가능할 것으로 예측되고 있습니다.

원자력산업계는 원전의 절대 안전성에 도전하고 있습니다. 현재의 상황에 안주하지 않고 끊임없는 기술 향상과 관리운영체제의 혁신으로 원전이 가장 안전한 공장이며 방사성폐기물이 가장 완벽히 관리되는 폐기물임을 입증할 것입니다. 이제까지 발생되어 왔던 크고 작은 사고를 무시하는 것이 절대 아닙니다. 우리는 이러한 경험들이 신기술의 초창기에 발생하기 마련

인 일종의 고난기라고 보고 있으며 이를 극복할 것입니다.

核融合發電 : 궁극적인 주종에너지

핵융합로는 핵분열에너지의 차기 대체에너지 원으로 주목을 받고 있습니다. 중수소의 가용량이 충분하고 환경보호면에도 유리하기 때문입니다. 즉, 기술의 개발이 완료되고 실용화가 이어지면 인류의 궁극적인 주에너지원이 될 것으로 판단됩니다.

고온 핵융합의 상업화는 현재의 기술개발 추이로는 향후 50년 이상이 소요될 것으로 관측되고 있습니다. 현재 뉴스의 초점이 되고 있는 상온 핵융합의 실용화가 가능하다면 이는 인류역사의 신기원이 되리라고 봅니다.

에너지節約과 原子力發電의 未來

에너지를 이용하여 문명을 이룩하는 것은 인간이 지닌 능력중 중요한 한 요소입니다. 인구 증가에도 불구하고 높은 생활수준을 유지하고 지속적인 생활수준을 향상시키며 현대문명을 향유하기 위한 인간의 능력은 에너지의 가용성과 실제활용에 의해 크게 좌우됩니다.

에너지는 건전한 경제구조를 유지하고 경제발전의 추진력이 됩니다. 혹자는 에너지의 이용이 원칙적으로 바람직하지 아니하며 심지어 비도덕적이라는 믿음을 우리에게 심어주려고 시도하고 있지만 이러한 에너지절약의 효과는 제한적이며 에너지문제를 근본적으로 해결할 수 없다는 사실을 우리는 선진제국에서 보았습니다. 즉, 대부분의 선진국들이 에너지절약 등을 통해 전반적으로 에너지의 사용량을 감소시켰음에도 불구하고 꾸준한 경제성장이 가능했던 것은 전력이용 비중을 증가시켰기 때문입니다.

총에너지의 사용량과 전력의 사용량을 동시에 감소시키며 경제활동과 경제성장을 유지한다는 것은 의심스럽습니다. 원자력발전은 이러한 의미에서 인류가 궁극적으로 사용해야 할 주종의 에너지로서 취급되어져야 할 것입니다.