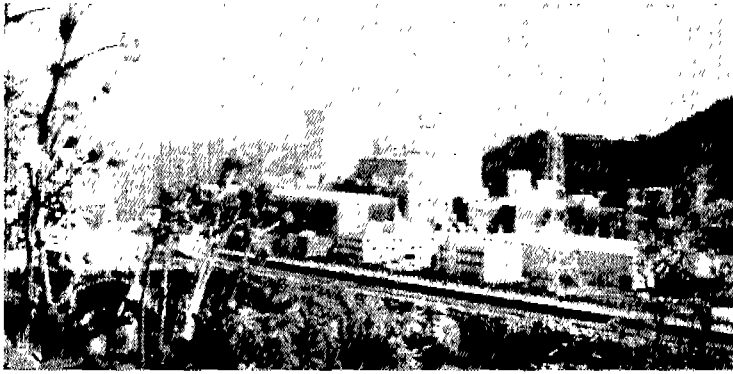


원자력발전 어느정도 안전한가

How Safety is Nuclear Power Generation ?



②

한국전력공사 원자력안전실 제공

II. 원자력발전소의 안전성

1. 안정성의 기본 개요

원자로형에 관계없이 모든 원자로의 건설, 운전 및 보수시에 문제시되는 것은 안전성이며 이것은 원자로의 기수가 늘어나고 출력이 커짐에 따라 그 중요성이 더욱 증대되어 가고 있다. 원자력발전소의 안전성이 다른 산업시설의 그것에 비해 두드러지는 것은 방사성 물질의 유출에 의한 대중과 환경에의 방사선 피폭(Exposure)을 미연에 방지하는 일이 무엇보다 중요하기 때문이다. 일반 공장에서 안전이라고 하면 주로 종업원에 대한 안전만을 고려하는 것이고 환경에 까지 악영향을 미치는 것은 별도로 생각하여 특히 그것을 공해(Pollution)라고 부르게 된다.

원자력발전소 종사자와 일반대중을 방사선 피폭으로부터 보호하려면 우선 방사선 물질의 양과 유출경로를 올바르게 파악해야 한다. 그중에서도 특히 노심 안의 핵연료에서 생성되는 핵분

열생성물과 사용후 핵연료 및 방사성 폐기물에 대하여 방사선피폭 예방측면에서 정확하게 알고 있어야 한다.

가장 큰 골치꺼리는 핵분열생성물의 유출이다. 이것이 새어 나오지 않도록 하기 위해서 핵연료 돌레를 여러겹 감싸는데, 우리는 이것을 핵분열 생성물 다중장벽이라고 부른다. 우선 핵연료를 이루는 핵 연료알맹이는 그 자체로서 그 안에서 생성된 모든 고체 핵분열생성물을 가두어 놓는 기능을 갖는다. 다음으로는 핵연료알맹이를 감싸고 있는 피복관이 핵분열생성물의 유출을 막는다. 만일 기체 핵분열생성물이 피복관을 뚫고 나오면 냉각재 속으로 흘러나오게 되지만 그래도 그것은 압력용기, 냉각재 배관과 가압기 및 증기발생기의 튜브 안에서만 맴돌게 된다. 냉각재가 맴돌고 있는 계통을 원자로 냉각재 계통이라고 한다. 핵분열 생성물이 이 계통 밖으로 나온다고 해도 그것은 외부와 완전히 차단되어 있는 격납용기 안에 갇히게 된다.

소련의 체르노빌발전소 원자로에는 격납용기

가 없고 보통 건물 안에 원자로를 설치하였기 때문에 사고가 일어났을 때 방사성물질이 가두어 들 수 없었다. 격납용기내의 천정에는 살수계통이 있어서 일단 유사시 냉각계통을 빠져 나온 핵분열생성물에 물을 끼얹어 가라앉게 하거나 화합물을 만들고 또 격납용기내의 압력과 온도를 낮추어 준다. 그리고 격납용기내 대기중의 옥소(Iodine)나 옥소화합물은 여과기(Filter)로 제거하여 밖으로 못나가게 한다. 격납용기를 이루는 두꺼운 철판 외곽에는 75cm내지 122cm두께의 철근 콘크리트 구조물이 있다. 이것은 비행기, 폭탄 또는 격납용기 밖의 터빈이나 발전기축이나 회전자(Rotor)가 날아들어 원자로를 파괴하지 못하도록 막아주는 방패 구실을 한다

원자로를 안전한 상태로 유지하기 위해서는 사고발생과 더불어 원자로 가동을 정지시키는 것이 최우선 과제이다. 그러나 고출력으로 원자로를 장시간 운전하였을 경우는 원자로가 정지한 후에도 핵분열생성물의 붕괴열이 상당한 수준이고 또 그것이 다음 핵분열생성물 장벽을 파괴하고도 남음이 있기 때문에 노심내의 붕괴열을 제거해야 하고 동시에 그것을 지체없이 안전하게 밖으로 분산시켜야 한다. 연구용 원자로에서는 붕괴열량이 그리 많지 않으므로 원자로를 정지시키는 것만으로 냉각재로서 붕괴열 제거가 해결된다.

원자로 사고중 가장 심각한 것이 경수로의 냉

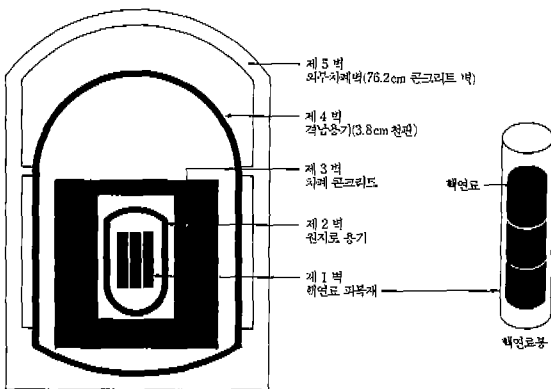
각재상실사고(LOCA, Loss-of-Coolant Accident)이다. 이것은 냉각재 계통이 파손됨에 따라 원자로냉각수중의 방사성물질이 새어 나오고 또한 노심부에 물이 안들어가 붕괴열을 식히지 못하게 되어 노심이 녹아내리는 극단적인 경우를 말한다. 그런 극단적인 상황에 봉착하더라도 방사성물질이 결단코 새어 나가지 못하도록 만전을 기하는 것이 안전계통이 담당하는 기능이다. 원자력발전소가 그렇게 비싼 것은 이 안전계통의 설치비가 원자력발전소 전체의 3분의 1 이상을 차지하고 있기 때문이다.

2. 단계별 안전성 목표

원자로시설 뿐만 아니라 대형시설은 그것이 계획되고 설계 및 건설되어 사용한 후 마지막으로 폐지, 해체될 때까지는 몇가지 단계를 거쳐서 안전성을 생각하여야 한다. 우선 설비의 목적을 이룩하기 위하여 어디에 어떠한 시설을 만드느냐를 결정하여야 하는데 이것이 바로 부지선정과 설계이며 그 다음으로 설계에 따라서 시설이 건설되고, 건설이 완료된 후 목적인 용도에 따라 사용한다. 마지막으로 시설의 수명이 다해질 때 시설을 폐지하는 단계가 있다. 원자력발전소의 경우에는 마지막단계는 안전상의 견지에서 방사성폐기물의 처분에 관한 사항으로 별도로 분류한다. 따라서 원자력발전소의 단계별 안전성은 부지선정, 설계, 건설, 운전의 4가지 단계로 구분하여 그 목표를 설정하여 추진하고 있다.

가. 부지선정의 안전성 목표

원자로를 설치해서 운전하는 계획의 첫걸음은 이 원자로부지를 결정하는 일이다. 발전용경수로인 경우에는 전력의 대소비지 및 대소비지와 발전소를 연결하는 송전계통의 구성, 발전소용지나 냉각수의 확보 등의 견지에서 부지지점이 어느정도 한정된다. 또 안전상의 견지에서 부지지점이 몇가지 조건을 만족시킬 것이 요구된다.



(그림 4) 원자력 발전소의 다중보호

안전상의 견지에서서의 요구조건은 크게 나누어 두가지가 있다. 그 하나는 원자로의 이상을 유발하는 것과 같은 환경조건, 즉 외부요인이 가능한 한 적은 지점을 선택한다는 점이다. 외부요인으로서는 예컨대 지진이나 해일(진파) 등의 자연현상과 비행기추락 등의 인위적사태가 있다. 이와 같은 외부사태가 전연 없는 지점이란 있을 수 없는 것이므로 우선 가능성이 낮은 지점을 선택하고 설계 이후의 단계에서 그 지점 특유의 외부사태를 충분히 고려해서 대책을 세우게 되는 것이다. 단 그러한 대책이 기술적으로 확립되어 있어야 한다. 만일 대책이 확립되지 못하면 이 지점은 부적당하다고 판단되게 된다.

다른 하나는 원자로에 발생할런지도 모를 사고로 인해서 사회가 받을 피해를 경감하기 위하여 원자로를 사회에서 어느 정도 떨어져 있게 하여야 한다.

원자로의 사고시에도 방사선에 의한 주변환경의 위험을 감소시키면 되는 것이므로 방사성물질이 환경에 나가지 않도록 하는 것이 무엇보다도 가장 중요하다. 따라서 원자로내에 있는 방사성물질의 양은 같아도 원자로의 형식 구조 안전장치 등이 다르면 방사성물질이 밖으로 나가는 가능성도 다르고 최소한 필요한 격리거리도 달라진다. 또한 원자로주변의 지형, 기상, 인구 밀도와 분포등도 격리거리 산정에 영향을 준다.

이들의 인자를 종합하여 볼 때 원자로와 주변 환경과의 상관관계를 판단하는 방법의 하나는 원자로의 형식 등의 특징을 고려해서 어떤 사고를 상정하고 그때 방출될 것이라고 예상되는 방사성물질이 환경중에 확산될 경우의 일반대중의 피폭선량을 계산해 보는 일이다. 1962년에 제정된 미국의 부지선정기준(10CFR 100)이나 우리나라의 원자력법규도 같은 규제기준을 채용하고 있다. 이것이 부지선정단계에서 달성해야 할 기준중 가장 중요한 것이 되고 있다.

이 지침에서는 원자로와 환경과의 사이에 3 종류의 거리를 확보하는 것을 요구하고 있다. 곧 비거주구역의 경계, 저인구지대경계 및 인구

밀집지까지의 거리이다. 이들 거리가 충분한가 아닌가를 판단하기 위하여 중대사고와 가상사고라는 두가지 사고를 상정하여 그때의 피폭 선량 계산치를 산출하며 기준선량치(규제기준치)와 비교한다.

기준치를 가정한다는 것이 그렇게 간단한 것은 아니다. 가정한 내용이 적당한가 아닌가가 종종 논쟁의 원인이 되고 있다. 경수로의 경우라면 다년간의 연구에 의해서 특히 TMI 원전사고 이후 사고에 대한 이해와 안전대책이 크게 향상되어 계산된 소요의 격리거리는 점점 작아지고 있다.

확실히 원자로의 안전성이 향상되면 작은 격리거리로도 충분할 수 있다. 그러면 격리개념 그 자체를 사실상 포기해도 좋은가라는 의문이 생길 것이다. 안전성이 향상되고 있는 것은 인정한다지만 그래도 어떤 최저한의 격리는 필요하다는 의견도 있다. 그러나 아직까지 격리거리에 대한 안전개념은 가장 보수적으로 취급되고 유지되고 있다.

나. 설계의 안전성 목표

부지선정에 이은 다음 단계인 설계단계에 대해서는 제 3장에서 상세하게 설명하기 때문에 여기서는 간단히 개요만 적기로 한다. 원자력발전소를 건설하며 운영하는 목적은 전력을 경제적으로, 또한 신뢰성 높게 공급한다는 것이다. 따라서 설계의 기본목표 또한 발전소의 경제성과 신뢰성이다. 그러나 이것은 안전성을 확보하는 것과 기본적으로는 모순되는 것은 아니다. 신뢰성 또는 발전을 경제적으로 계속할 수 있는 상태는 대부분의 경우 매우 안전한 상태라고 생각할 수 있기 때문이다.

설계의 안전성확보는 심층방호 개념에 의하여 가장 명쾌하고 철저히 실현될 수 있다. 원자로에 대한 규제중에서도 설계가 특히 중요시되고 있다. 오히려 이 점에 대해서 너무 지나치게 의식되었기 때문에 규제의 중점이 설계에 편중하는 우려마저 자아냈다. TMI사고를 계기로 하

면 건설이나 운전도 중시해야 한다는 의견이 강조되고 있다. 그렇다고 해서 설계의 중요성이 줄어들었다고 말하는 것은 아니다. 설계의 심층방호 개념은 후에 상세히 설명하겠다.

다. 건설단계의 안전성 목표

건설단계는 설계단계에서 의도한 안전을 위한 여러가지 대책을 구체적으로 원자력발전소에 실현하는 단계이다. 따라서 이 단계는 설계의 의도를 완전히 실행하는 것과 그것들을 확인하는 것, 즉 고도의 품질관리와 품질보증물 가장 중요한 도구로 하여 안전성을 확보하고 있다.

라. 운전단계의 안전성 목표

부지선정에서 건설까지의 과정에서 여러가지 안전대책은 결국은 운전시의 안전성을 확실하게 하기 위한 것이다.

TMI사고 이전까지만 하여도 사람들의 관심은 자칫 설계만을 탓하는 경향이 있었다. 그러나 TMI사고가 남긴 최대교훈의 하나는 운전단계에서의 안전성확보, 즉 안전운전이 매우 중요하다는 것이다.

여기서 말하는 「운전단계」란 단순히 스위치나 버튼을 조작해서 원자로를 가동시킨다는 것만이 아니다. 원자로건설이 완료되고 운전을 개시한 다음 수명기간이 끝나서 원자로의 폐지조치가 취해질 때까지의 일체의 활동을 가리키고 있다. 이 단계에서의 안전성확보에 특히 필요불가결한 요소는 발전소 운영 관리자의 높은 의식과 자발적인 노력이다. 물론 다른 단계에 있어서도 안전성확보에 대한 일차적 책임은 전력회사에 있는 것이지만 운전단계에 있어서 더욱 전력회사의 책임이 크다는 것이다.

운전단계 이전의 안전성 확보는 시설이 어떻게 되어 있는가에 관한 것이다. 이와는 달리 운전의 안전성은 시설을 어떻게 움직여 가야 하나 하는 「사람」의 연속적이고 일상적인 노력의 집적이며 몇개의 숫자 등으로 간단히 표현한다는 것은 어렵다. 그만큼 안전운전 목표는 다른 단

계의 목표와 비교해 볼 때 더 명료한 형태로 표현하기 어려운 점이 있다. 따라서 안전운전은 규제상의 요구나 규제를 형식적으로 만족하는 것만으로는 달성할 수가 없다. 따라서 원자력발전소의 최종의 안전성확보를 위하여 엄격한 절차차서에 따른 운영과 안전성에 대한 확고한 의지와 정신적 자각을 통한 노력을 경주하고 있다.

3. 심층방호, 안전성 확보

「심층방호(深層防護)」라는 말은 원래 영어로 「Defense in Depth」이며, 원래는 군사용어로 방어태세가 최전선에서 후방에까지 미치고 있다는 뜻이다.

이 말이 원자력안전이라는 분야에서 사용하게 된 것은 아마 1970년대 초기의 일이다. 그 의미하는 바는 안전대책을 몇단계씩 마련한다는 것으로, 말하자면 심층구조를 요구하는 것이다.

안전성의 심층방호 개념은 앞에서 설명한 모든 안전성의 단계에서 적용되고 있지만, 설계단계에서 가장 명확하게 구분하여 적용되고 있다. 설계단계에서는 3단계의 안전성 심층방호 구조를 갖고 있다. 이것을 「안전성의 3가지 레벨」이라 말한다. 제 1의 레벨은 우선 이상 사태의 발생을 방지하고 제 2의 레벨은 가령 이상이 생겼을 때에는 그의 과급확대를 억제하고, 제 3의 레벨은 이상이 확대되어 큰 사고로 되었을 때에 그 영향을 완화하고 주변공중을 적절하게 보호하는 것이다. 각 레벨의 자세한 내용은 지금부터 차례로 설명하기로 한다. 생각해 보전대 심층방호적인 개념은 원자력안전만에 국한하지 않고 우리들의 주변에도 존재한다.

예컨대 우리들의 건강관리의 원칙이 그것이다. 우리들의 건강을 지키는데 있어 첫째로 필요한 것은 병에 걸리지 아니하도록 주의하는 것이 당연한 일이지만, 그러려면 규칙적이고 정연한 생활을 하며 폭음, 포식을 하지 않고 담배도 피우지 않으며 적당한 운동을 하는 등이 중요하다. 이것이 제 1레벨이다. 제 2레벨에서는 병에 걸

려도 이것을 조기에 발견하고 조기에 치료하는 것이며 예컨대 집단검진이 큰 효과를 올리고 있는 것은 잘 알려져 있다. 제 3레벨은 큰 병에 걸려도 충분한 치료를 할 수 있도록 병원의 의료시설을 충실하게 하여 둔다는 것이다. 건강관리만이 아니고 예컨대 화재방호대책 등도 그렇다. 이 외에도 유사한 예는 우리 일상생활에서 많이 볼 수 있다. 이들 예에서는 자연발생적으로 심층방호적인 대책이 생겨난 것이라 하여도 좋을 것이다. 시각을 바꾸어서 보면 심층방호라는 것은 비단 원자력의 세계에서만 만들어낸 진기한 아이디어가 아니며 오히려 안전을 확보하는데 매우 자연적인 발상이라 하여도 좋은 것이다.

가. 안전성의 3 가지 레벨

어떤 사고라도 어떤 이유도 없이 어느날 홀연히 발생하는 것은 아니고, 그 원인을 더듬어 보면 매우 작고 또한 그다지 드물지도 않은 원인에 귀착된다는 것이다. 심층방호의 개념은 어떤 의미에서는 가급적 사고의 원인을 거슬러 올라가서 대책을 강구코자 하는 것이라 말하여도 좋다. 안전성의 3 가지 레벨은 어느 것이나 없어서는 안되는 것이지만 순위를 붙이자면 가장 중요한 것은 제 1레벨이고 다음이 제 2레벨이고 그 다음이 제 3레벨이다. 이 점은 대개 누구나 동의할 것으로 생각하지만 안전대책이라 하면 자칫 제 3레벨에 관심이 집중되기 쉽다. 건강관리의 예에서도 큰 병원을 각처에 설치하는 것도 중요하지만 무엇보다 각자의 절제가 중요하다는 것과 비슷하다.

그러나 제 1레벨을 확보하는 것은 더 말할 것 없이 상당히 어려운 일이다. 이 레벨에서의 구체적인 대책은 하나 하나가 매우 중요하며, 극히 평범하고 당연한 것 뿐이지만 이것을 일상 활동에서 확실하게 실현시키려면, 매우 강한 의지를 필요로 한다. 그 까닭은 제 1레벨의 대책은 사고의 방지라는 의미에서는 눈에 보이는 효과가 즉시 나타나지 않고 장기간에 걸쳐 축적되

어 그 효과가 나타나는 것이지만 그럼에도 불구하고 사고나 이상이 방지될 수 있었다 하더라도 그것이 당연한 일로 받아 들여지는 것이 보통이다. 우리들의 건강관리에 있어서도 날마다 절제가 중요하다는 것은 납득하여도 이것을 충실하게 지키는 일이 얼마나 어려운가를 생각하면 잘 알 수 있다.

그런데 원자로의 심층방호와 우리들의 건강관리가 매우 비슷하지만 하나부터 열까지 같다는 것은 아니다. 가장 다른 것은 원자로는 기계에 지나지 않는데에 비하여 우리들은 생물이라는 것이다. 우리들이 생물인 이상 어느 정도 건강에 주의하여도 어떤 시기에 이르면 병에도 걸리고 드디어 죽는다.

우리들의 수명이 길다고 하는 것은 아니지만 예정된 수명이라는 것은 있을 수 없다. 이에 비하여 원자로는 충분하게 주의만 하면 참으로 전전한 상태로 예정된 수명을 다 할 수가 있을 것이다. 이 점이 원자로의 안전을 지키기 위한 노력은 우리들이 건강하여 오래 살려고 하는 노력보다는 훨씬 효과가 뚜렷이 나타나는 것이어서 보람있는 일이라 하겠다.

나. 안전성의 제 1 레벨

안전성의 제 1 레벨은 앞에서 설명한 바와 같이 이상사태의 발생을 방지하는 것이다.

설계의 전지에서는 원자로의 여러가지 운전조건에 맞춰서 전수명기간에 걸쳐서 모든 기기나 계통이 그 기능을 다할 수 있도록 하는 것이 목표이다. 앞에서 설명한 바 있는 지진 등 예상되는 자연현상에 대하여 구조적 고장을 방지하는 것도 제 1레벨이 중요한 부분이다.

설계는 우선 원자로시설이 전체로서 밸런스가 잘 잡히고 기능과 임무가 적절하도록 시스템 설계부터 시작하고 이어 각구조물 계통 각각의 임무를 그 중요도에 부응하는 높은 신뢰도를 다할 수 있도록 그 구조 및 성능을 결정하고 재료를 선택한다.

이 경우에는 충분하게 확립된 규격, 기준 등

을 적용하고 또 원자로에 특유한 고도의 안전성을 확보하기 위하여 보통의 산업시설에서는 볼 수 없는 여러가지의 요구조건을 만족시키도록 한다. 이에 덧붙여 완성된 발전소의 특성이 안전성 확보에 적합하고 운전과 보수하기 쉬워야 한다. 그리고 또 단순한 고장이나 잘못된 조작이 곧바로 중대한 이상상태로 연결되는 일이 없도록 Fail Safe한 설계(고장시 모든 계통이 안전성이 확보되는 방향으로 진행되게 하는 설계 개념)가 되도록 하며 또한 연동장치를 설치하는 등의 고려를 한다.

원자력발전소 「안전설계지침」은 모두가 제 1레벨에 관한 것은 아니지만 위에서 설명한 원칙적인 요구를 열거하고 있다. 예컨대 따라야 할 규격기준이나 고려하여야 할 자연현상, 화재방지, 신뢰성을 유지하기 위한 다중화 요구 등이 표시되어 있다.

제 1레벨의 목표, 곧 이상발생의 방지는 설계만으로서서는 달성할 수는 없다. 건설중의 품질보증활동, 운전상태에 들어가서의 꼼꼼한 보수, 정확신중한 운전조작 등이 극히 필요하다. 이것과 관련하여 예컨대 운전원이 잘못된 조작을 방지하기 위하여 제어실의 설계 등이 중요하다. 제 1

레벨을 달성하기 위하여서는 건설 및 운전단계에서의 안전성확보를 위한 관리체계가 가장 중요하다. TMI사고후 미국원자력발전협회(INPO, Institute of Nuclear Power Operation)가 조직되어 운전관리의 향상을 목표로 하여 여러가지 활동을 강화하고 있다. 우리 한국도 이 협회에 회원국으로 참여하고 있다.

안전성확보를 위한 대책은 원자력발전의 경제성을 저해한다는 의견도 있으나, 제 1레벨의 안전성을 달성하는 것은 경제성 요구와 일치한다. 원자력발전 비용의 중요한 부분은 설비비이므로 발전소의 수명기간에 걸쳐서 이상의 발생을 방지할 수 있고 또 문제점이 없는 안정된 운전을 유지할 수 있다는 것은 결국은 발전원가를 낮게 하는 결정적 방법이 되기 때문이다.

다. 안전성의 제 2 레벨

위와 같이 제 1 레벨의 대책에 만전을 기하였다 하여도 다수의 계통 기기에 수명기간중 정말로 고장이나 파손 등의 이상이 생기지 않는다는 보증을 할 수 없다. 그러나 어떠한 이상상태라도 이것을 조기에 발견하여 이것을 수리 보수하거나 또는 이상상태의 파급확대를 미연에 방지할 수 있다면 주변의 공중에 피해를 주게되는 대 사고는 미연에 방지할 수 있을 것이다. 이것이 제 2레벨의 임무이며 책임이다. 따라서 제 2레벨에서는 이상이 발생하였을 경우에 가능한 한 조기에 이것들을 발견하는 것이 제일 중요한 일이다. 다음에 발견한 이상에 대하여 빨리 대책을 강구하여 이상의 파급 확대를 방지하여야 한다.

우선 운전중에 생기는 여러가지 이상을 조기에 검출하기 위하여 엄중한 발전소 감시계통을 설치하고 만약 이상이 검출되면 곧바로 경보를 울리는 등으로 하여 운전원의 주의를 환기하도록 설계한다.

단 이 경보는 재고의 여지가 있는데 보통의 원자력발전소의 중앙제어실에는 줄잡아 700~1000종류, 때로는 그 이상의 경보들이 있으며 가

自動車 에너지節約

走行時 연료의 손실은?

<참조>: 100ℓ 를 소비하는 경우

① 공기저항손실

④ 굴림저항손실

② 기계마찰손실

⑤ 냉각손실과 배기손실

③ 제동손실

장 단순한 경우의 원자로 긴급정지시에도 30종류이상의 경보들이 극히 짧은 시간내에 발생한다. 이렇게 하여서는 오히려 운전원이 상황을 파악하는데 곤란하게 되므로 곤란에는 전자계산기를 이용하여 발전소의 이상상태진단이나 경보 분석을 하여 운전원의 판단을 도울 수 있도록한 설계를 채용하고 있다.

보통 때는 대기상태로 있는 기기 등을 운전중에도 수시로 점검, 시험을 한다. 운전중에는 검사가 곤란한 것, 예컨대 배관이나 압력용기에 생기는 미소한 균열 등은 원자로의 정지시에 검사를 한다. 원자로시설은 1년에 한번씩 약 70일간에 걸쳐 정기검사를 의무화하고 있어 각 계통의 기기를 철저히 검사하고 있다.

이상 상태의 종류에 따라 단계별로 안전조치내용이 다르지만 원자로의 안전상 가장 기본적인 파라미터 예컨대 원자로의 출력 및 압력 등이 정상적인 상태에서 어느 정도 이상 벗어난 경우에는 원자로를 즉각 정지하고 필요한 안전 조치를 하고 있다.

이러한 기능을 하는 것을 「안전보호계통」이라고 한다. 기능의 중단이 허용되지 않는 계통은 반드시 예비계통을 설치하여 대기시켜 놓아야 하며 한편으로는 이상이 생겼을 경우에는 곧바로 교체하여 계통의 기능이 계속될 수 있도록 하고 있다.

이와 같이 위급을 요하는 조치는 운전원의 부담이 과대하지 않도록 자동화하는 것이 원칙이다. 예컨대 중대한 이상이 검출되면 10분내에 필요한 조치를 운전원의 개입없이 자동적으로 하도록 설계하는 것으로 되어 있다.

이것은 설계를 그와 같이 자동화한다는 것이며 10분간은 운전원은 아무 것도 하지 않는다는 의미는 아니다.

라. 안전성의 제 3 레벨

일반산업에서도 안전한 운전과 설비의 보존이라는 측면에서 안전성 제 1, 2의 레벨을 채택하고 있으나, 일반산업에서는 가상적인 대사고

를 가정하여 그에 대한 대책을 갖고 있는 설비는 드물다. 이 점이 공중의 보호라는 견지에서서의 안전대책을 가장 중점으로 하는 원자력 시설과 일반 산업시설이 다른 점이다.

큰 사고가 발생하였을 경우에 공중을 방사선 피폭으로부터 보호하기 위하여서 확실하게 할 일은 최소한 다음 3가지가 있다. 곧 첫째로 원자로를 확실하게 정지할 것, 둘째로 노심을 충분히 냉각시킬 것, 셋째로 방사성물질이 환경중에 방출하지 못하도록 밀폐시킨다는 것이다.

이 3가지가 원래 원자로시설이 가지고 있는 고유의 성질과 사고중에 반드시 나타나는 자연현상만으로서 달성될 수 있다면 제 3레벨의 대책은 사실상 불필요하게 된다.

현재의 경수로에서는 고유의 특성과 자연현상에 의하여서만은 불충분하다. 그래서 어떠한 인공적 방법에 의하여 위의 3항목을 달성하게끔 되어 있다. 이와 같은 인공적 대책으로서 특별히 설치한 것을 「공학적 안전설비」라고 한다. 즉, 공학적 안전설비는 위에서 언급한 원자로를 정확하게 정지하고 노심을 충분히 냉각시킬 수 있으며, 방사성물질이 환경중에 누출될 수 없도록 그 성능이 어떠한 사고시에도 확보될 수 있도록 설계되어 있다.

4. 원자로의 안전규제

원자로를 운영하는 데는 안전성확보가 최우선적인 주요과제이지만 이에 대한 1차적인 책임은 전적으로 원자로의 설치자와 운전자에게 있다. 그러나 안전성 확보가 지니는 중요도에 비추어 원자로의 건설과 운영 보수 및 폐로에 이르기까지 모든 과정과 절차는 정부의 엄격한 규제를 받도록 되어 있다. 어느 단계에서 어느 기관이 안전규제에 어떻게 관여하는가는 각 나라마다 다르지만 우리나라의 경우 원자로 자체의 안전규제책임은 과학기술처가 지고 있어서 원자로의 설치와 운영허가 발급도 과학기술처의 소관으로 되어 있다. 이러한 중요한 책임을 부여

받은 과학기술처는 기술평가, 정기검사, 기술 기준제정, 안전심사 등 기술적으로 전문성을 요구하는 사항에 대하여는 한국에너지연구소 부설 원자력안전센터에 위임하고 있다. 그러나 정부 입장에서 고시, 기술기준 공포, 기타의 제반 허가사항은 모두 과학기술처장관 명의로 발급된다.

원자로 운전원과 운전감독자에 대한 훈련은 한국전력공사가 담당하고 있으나 이들에 대한 면허시험은 한국에너지연구소에 위탁되어 있다. 물론 이때에도 운전면허증발급은 과학기술처 장관의 명의로 된다. TMI와 체르노빌 사고 원인이 전적으로 원자로운전자의 판단착오와 오동작에 기인하였음이 판명되었으므로 운전요원에 대한 훈련과 재훈련 및 이들의 능력향상을 위한 제반조치, 그 중에서도 특히 인간-기계 상호관계(Man-machine Interface)에 대한 올바른 상황판단과 훈련강화는 대부분의 나라에서 최우선 과제로 삼고 있다.

우리나라는 미국과 프랑스 및 캐나다에서 원자로를 도입하였고 아직은 외국에서처럼 완전한 규제기준을 마련하지 못하고 있기 때문에 원자로 공급국의 기술기준과 표준규격을 준용하고 있는 형편이다. 그리고 규제의 법체제는 미국 방법과 일본식을 혼용하고 있는 중이다. 예를 들면 부지허가, 건설허가, 운영허가 등은 거의 다 미국식을 따르고 있고, 설계 및 공사방법인 가 절차는 일본식을 본받았다.

원자로의 부지허가, 건설허가와 운영허가 같은 중요한 사항은 여러 단계의 검토를 거친 후 최종적으로 원자력위원회의 승인을 받도록 되어 있다. 얼마전 개정된 원자력법에 의거하여 원자력위원회의 위원장은 종전의 과학기술처장관으로부터 부총리로 격상되었고 위원은 관련부서의 장관과 원자로를 운영하는 한국전력공사의 사장으로 보하고 있다. 원자로의 건설허가신청서에는 예비안전성분석보고서(PSAR: Preliminary Safety Analysis Report)를 첨부해야 하고, 운영허가신청서에는 최종안전성분석보고서(FS

AR: Final Safety Analysis Report)를 첨부해야 한다. 안전성분석보고서는 모든 설계개념과 지침, 각 계통에 대한 상세설명, 안전대책, 기술지침서(Technical Specifications) 등을 망라한 약 7,000여 페이지에 달하는 방대한 서류이다. 과학기술처는 한국전력공사로부터 이것을 제출받은 후 곧 원자력안전심의위원회에 회부하여 해당분야의 전문가들도 하여금 면밀히 심사토록 위촉하며, 1년 이상의 심사기간중 심의회의 전문가와 원자로설계회사간에 여러차례에 걸친 질문과 회답이 오가게 함으로써 애매한 사항들을 바로잡고 잘못된 것이나 부족한 것은 보완토록 한다. 원자력안전심의위원회 위원들은 원자력안전센터 직원들의 협조를 얻어 심사업무를 담당한다.

원자로의 정식운전이 시작되기 전 과학기술처와 원자력안전센터의 합동검사반은 건설과 기기설치공사가 완벽하게 되어 있는가, 운전하는데 지장이 없겠는가를 검사하게 되는데, 우리는 이것을 사용전검사(PSI: Pre-Service Inspection)라고 한다. 그리고 약 1년 동안의 운전 후 핵연료의 교체장전을 위해 약 두달 가량 운전을 정지하고 있는 동안 각종 안전기기의 안전성 점검을 받게 된다. 뿐만 아니라 운전중 이상 사고가 발생하였을 경우는 이것을 지체없이 과학기술처에 보고하도록 규정되어 있다. 이러한 행정적 절차를 원활히 수행하기 위해 과학기술처와 원자력안전센터에서는 각 발전소에 주재원을 파견하여 상주시키고 있다. 원자로의 안전성확보는 기본적으로 원자로운전담당자인 한국전력공사의 소관사항이지만 그 일을 다중 확인하기 위해 관계당국이 이처럼 깊이 관여하고 있는 것이다. 원자로 운전의 안전성을 강화하기 위하여 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency)에서는 각국의 원자로 운영상태를 수시로 검사하고 있는데 우리나라에도 국제원자력기구 전문가들이 방문하여 여러가지 유익한 조언을 하고 있다.

(다음 호에 계속)