



## 그리스 신화의 원자력

송명재

두산중공업(주) 상임고문



서울대 원자핵공학과 졸업  
미국 미시건대 보건물리 박사

한수원(주) 원자력발전기술원장, 방폐  
물본부장, 발전본부장,  
원자력학회, 대한방사선방어학회, 한국  
방사성폐기물학회 부회장 역임

두산중공업(주) 상임고문  
한양대 겸임교수

**월** 드컵이 스페인의 품안에 안기며 한 동안 즐거웠던 나날이 끝나고, 이제는 장마와 무더위에 시달릴 일만 남았다. 매년 이맘 때 쯤이면 하계 전력 수급에 비상이 걸려 긴장을 하게 되는데 금년에는 전력산업 구조 개편, 그리고 아직도 완성을 못한 방폐물 문제나 원전의 해외 수출 같은 굵직굵직한 현안이 더해져 전력계를 더욱 더 뜨겁게 달군다.

무거운 머리를 굴리는 것보다는 시원하게 수박이나 먹으면서 가볍게 이야기할 거리를 찾아보고 싶다.

돈 안들이고 즐거움을 얻을 수 있는 방법 중의 하나가 공상(空想)을 하는 것이다. 부자가 되는 생각이나 대통령이 되어 해보고 싶은 일을 생각해 보는 것, 또는 아름다운 사람과 즐거운 만남을 갖는 것 등 여러 가지를 상상할 수 있다.

이도저도 안되면 남이 해놓은 공상을 즐기는 방법도 있다. 특히 공상 과학 소설은 우리의 상상력을 풍부하게 해주는 효과도 있다. 다른 사람들의 눈에 보이지 않는 투명 인간이 되어 마음대로 돌아다니는 상상을 한다든지 시간 여행을 할 수 있는 타임머신을 타고 미래나 과거를 돌아볼 수 있다는 생각만 해보아도 재미있다. 주식을 하는 사람일 경우 타임머신만 있으면 정말 세상이 모두 내 것일 것이다.

### 1914년에 발표된 '원자폭탄' 신무기

영국의 소설가 허버트 조지 웰즈(Hebert George Wells)는 쥘 베른과 함께 '과학 소설의 아버지'로 불리는 사람이다. 그는 앞서 말한 「투명인간」, 「타임머신」 외에도 스티븐 스펠버그가 영화로 만든 「우주전



Hebert George Wells

1914년에 발표된 조지 웰즈의 소설 「자유로워진 세계」에 따르면 1956년도에 독일과 오스트리아가 전쟁을 일으켜 영국, 프랑스, 미국 등 연합국과 싸우게 된다. 전쟁은 연합군의 승리로 끝나게 된다. 연합군이 개발한 신무기의 위력에 놀라 독일과 오스트리아가 항복했기 때문이다. 이 소설에 등장한 신무기란 바로 '원자폭탄'이었다.

쟁」 등 100여 편의 유명한 SF 소설을 썼다.

그의 작품 중에 1914년 발표된 「자유로워진 세계 (The World Set Free)」라는 책이 있다. 이 책은 제1차 세계대전(1914.7 ~ 1918. 11)의 전운이 감돌던 때에 집필이 되어 발간된 책이다.

조지 웰즈의 소설 「자유로워진 세계」에 따르면 1956년도에 독일과 오스트리아가 전쟁을 일으켜 영국, 프랑스, 미국 등 연합국과 싸우게 된다. 전쟁은 연합군의 승리로 끝나게 된다. 연합군이 개발한 신무기의 위력에 놀라 독일과 오스트리아가 항복했기 때문이다. 이 소설에 등장한 신무기란 바로 '원자폭탄'이었다.

웰즈가 이 작품을 구상한 1913년대에는 러더퍼드에 의해 그려진 원자의 모형이 보어가 수정하여 발표함으로써 원자의 정체가 겨우 알려지기 시작한 때였고 방사능의 실체가 조금씩 밝혀지던 때였다. 이보다 앞서 우라늄은 1789년에 발견되었고 방사선을 방출하는 라듐은 1898년에 발견되었지만 1900년대 초반 해도 핵에너지라는 말도 없었고 우라늄이 핵분열을 하는지는 더욱 더 몰랐으며 연쇄 반응이 무엇인지도 모르던 때였다. 과학자들은 겨우 우라늄이나 라듐이 오랜 기간에 걸쳐 방사선을 방출하면서 에너지를 서서히 내놓고 있음을 알았을 정도이다.

이 무렵 조지 웰즈는 러더포드나 방사성 붕괴를 규명한 소디(Frederick Soddy) 등과 친분을 가지고 그들의 연구에도 많은 관심을 기울였다. 웰즈는 라듐이 아주 오랜 기간에 걸쳐 방사선과 함께 에너지를

조금씩 서서히 방출한다는 데 깊은 관심을 보였다. 어느 날 웰즈는 조용히 앉아 생각에 잠겼다. 만약에 방사능 붕괴 시간을 단축시킬 수 있다면 오랜 기간에 걸쳐 서서히 조금씩 방출되는 에너지를 짧은 기간 내에 많이 얻을 수 있지 않을까? 이는 오늘날의 원자력 과학자들도 꿈꾸고 있는 망상과도 같은 것이다. 사실 방사능 붕괴 시간을 단축시킬 수 있다면 반감기를 짧게 함으로써 방사성폐기물 문제를 고스란히 해결할 수 있다.

웰즈는 방사능 붕괴 시간을 조절하여 원자 속에 들어 있는 에너지를 몇 달간에 걸쳐 연속적으로 많이 뽑아낼 수 있는 방법을 상상했다. 그는 이런 방법을 이용해서 폭탄을 만들 수 있으리라 생각했고 그러한 폭탄을 원자폭탄이라 불렀다. 원자폭탄에 대한 아이디어를 최초로 생각해낸 것이다. 웰즈가 상상한 원자폭탄은 순식간에 폭발하는 것이 아니라 몇날 며칠에 걸쳐 연속적으로 폭발하는 것이었다. 물론 오늘날 우리가 알고 있는 원자폭탄과는 개념이 완전히 다르다. 하지만 원자핵 속의 에너지를 꺼내 이용한다는 점에서는 원자폭탄이라 할 수 있다.

웰즈의 소설이 발표되고 난 한참 후인 1932년에 영국의 물리학자 채드윅에 의해 중성자라는 조그마한 입자가 발견되었다. 중성자는 전기적으로 중성이기 때문에 원자핵에 침투가 비교적 쉬웠다. 학자들은 중성자로 원자핵을 두드리는 연구를 활발하게 진행시켰고 마침내 중성자로 우라늄 원자핵을 두 동강내는 실험에 성공하였다.

1939년 독일의 오토 한은 그의 제자 슈트라스만과 동료인 마이트너 여사와 함께 이 같은 핵분열 현상을 밝혀내고 핵분열이 일어날 때 아인슈타인의 질량 에너지 등가 공식에 의한 막대한 에너지가 발생된다는 사실을 밝혀냈다.

**레오 질라드, 오토 한, 맨하탄 프로젝트...**

제2차 세계대전의 기운이 감돌던 때 영국에 머물고 있던 독일 물리학자 레오 질라드는 오래전에 읽었던 웰즈의 소설 「자유로워진 세계」가 생각이 났다. 웰즈의 소설에서는 연합군이 원자폭탄을 개발하였지



Leo Szilard



Otto Hahn

만 현실 세계에서 만약 오토 한이 있는 독일이 먼저 원자 폭탄을 만든다면 전 세계는 독일의 통치하에 들어가게 될 것이었다. 생각만 해도 끔찍한 일이었다. 질라드의 마음은 급해졌다.

사실 오토 한이 핵분열 현상을 규명하기 몇 해 전인

1934년에 질라드는 영국 정부에 특허를 출원한 적이 있었다. 그 해 6월 28일과 7월 4일에 영국 정부에 제출한 질라드의 특허 출원서에는 “핵변환을 통한 전력 생산과 다른 목적을 위한 핵에너지의 방출”이라는 표현이 들어 있었다. 질라드는 이미 중성자에 의한 연쇄 반응을 주장하였고 임계 질량의 개념을 도입하였다. 질라드의 특허는 사실상 원자력발전소에 대한 특허나 다름없었고 또한 원자폭탄에 대한 특허였던 셈이다.

이 때 질라드는 가벼운 원소인 베릴륨이 핵분열을 하여 연쇄 반응을 일으킬 수 있는 것으로 생각했다. 그러다가 이듬해인 1935년 4월 9일에 제출한 특허 출원 보완 서류에서, 질라드는 핵분열 물질이 베릴륨이 아니라 우라늄과 브롬이라고 정정하였다. 하지만 불행히도 질라드는 자신의 주장을 뒷받침할만한 실험을 하지 못했다.

중성자가 발견되고 나서부터 이태리 출신의 엔리코 페르미를 비롯한 많은 학자들이 핵반응에 관한 연



Albert Einstein과 J. R. Oppenheimer

구를 활발하게 추진하였다. 처음에는 중성자를 원자 핵에 주입시키면 더 큰 원자가 생성되는 것으로 알고 실험을 하였으나 실험 결과는 기대치와 많이 달랐다. 많은 시행착오를 겪은 후에 마침내 독일의 오토 한이 우라늄의 핵분열을 밝혀내는 데 성공하여 핵에너지 개발의 서막을 열었던 것이다.

질라드는 핵에너지에 대한 특허를 영국 해군성에 양도하고 1938년 1월 2일 미국에 도착했다. 질라드가 미국에 도착한 이듬해에 제2차 세계대전이 일어났고 질라드는 계속 독일이 먼저 원자폭탄을 개발할까 봐 걱정을 많이 했다. 전쟁 발발 직전에 질라드는 이러한 걱정을 먼저 미국에 와 있던 아인슈타인에게 털어놓았고 아인슈타인으로 하여금 당시 미국 대통령인 루즈벨트에게 원자폭탄 개발을 추진하라는 편지를 쓰라고 요청하였다.

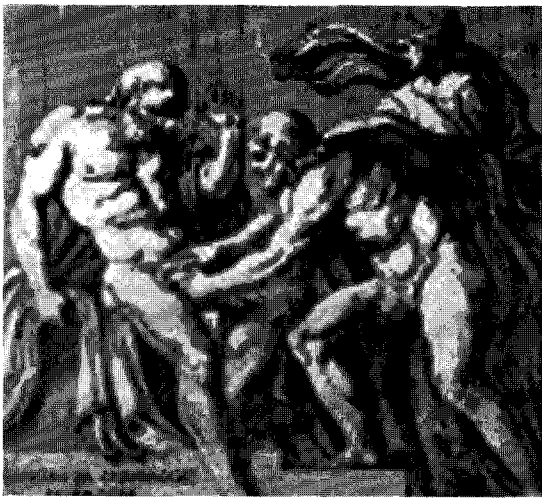
우여곡절 끝에 아인슈타인의 서명이 있는 편지가 대통령에게 전달되고 미국은 ‘맨하탄 프로젝트’를 시작하였다. 그 결과 원자력은 핵무기라는 형태로 지구상에 등장하게 되었다. 원자력의 비극적인 출현이 여기에 있다. 핵무기의 가공할 위력에 인류는 불안과 공포감을 느끼게 된 것이다. 후에 질라드는 핵무기의 무차별적인 파괴력에 회의를 느끼고 물리학계를 떠나 생물학을 공부하여 생물학 교수가 된다.

### 우라늄의 어원인 Uranus 신과 우라늄의 일생

아마도 원자폭탄의 원료가 된 우라늄은 태생적으로 기구한 운명을 가지고 있었나 보다. 1789년에 처음 발견된 우라늄은 당시의 관습에 따라 행성의 이름을 가지게 되었고 그런 연유로 해서 천왕성(Uranus)의 이름을 따 우라늄이라는 이름을 얻었던 것이다.

천왕성은 그리스 신화의 우라누스에서 이름을 따왔다. 우라누스는 대지의 여신 가이아의 아들로 하늘을 관장하고 있었다. 우라누스는 자기의 어머니인 가이아를 아내로 취해서 많은 자식들을 생산하였다. 티탄 12남매, 외눈박이 거인 퀴클롭스 3형제, 손이 100개 달린 거인 3형제 등이다.

거인 자식들은 틈만 나면 서로 싸우고 형과 누나들을 못살게 굴었다. 화가 난 우라누스는 못된 거인들



우라누스의 남근을 자르고 있는 가이아의 아들 크로노스, 그리스 신화에서 가이아는 우라누스의 난폭함을 그를 거세함으로써 제압했다. 과학자들은 우라늄의 폭발적인 힘을 중성자의 숫자를 조절함으로써 평화스러운 원자로로 변신시켰다. / 카라바조(Caravaggio) 작품

을 가이아의 태속에 집어넣어 버렸다. 가이아의 배속에서도 이들의 싸움질은 계속되었고 그 때마다 가이아는 복통으로 고생하게 되었다.

가이아는 우라누스에게 화가 치밀었다. 게다가 우라누스가 여기저기 횡포를 부리고 다니자 가이아는 복수를 결심한다. 가이아는 막내아들 크로노스를 시켜 우라누스의 남근을 잘라버렸다. 이때 흘러나온 피가 여기저기 튀었고 일부는 바다로 흘러가 거품이 되어 떠돌아 다녔다. 후에 이 거품에서 미의 여신 아프로디테가 탄생했다고 한다.

아버지를 무력하게 만든 시간의 신인 크로노스 역시 자신의 아들인 제우스에 의해서 쫓겨났다. 제우스는 아버지와 삼촌들인 티탄들을 몰아내고 결국 신들의 왕이 된다. 우라누스의 손자인 제우스가 신들의 세계를 정복함으로써 올림포스의 질서가 확립된다. 우라누스는 막대한 힘과 능력을 가졌음에도 불구하고 자기 어머니인 대지의 여신 가이아를 아내로 취하는 패륜을 저지르면서부터 내리막길을 걷게 된다.

우라늄의 어원을 제공한 우라누스 신과 우리들의 일생이 비슷한 처지에 놓여 있는 것 같다. 방사성 동위원소인 우라늄은 원자로에서 중성자를 받으면 베타선을 내면서 넵투늄으로 변환된다. 이 넵투늄은 또 다시 베타선을 내면서 플루토늄으로 변환된다. 즉 우라늄의 아들은 넵투늄이고, 플루토늄은 우라늄의 손자가 되는 셈이다. 그리스 신화에서 우라늄의 아들은 크로노스이고, 그의 손자는 제우스이다.

우라늄은 막대한 에너지를 가지고 있으나 지구상

의 인류에게 원자폭탄의 형태로 알려지기 시작하면서 환영받기보다는 파괴의 상징으로 인식되기 시작했던 것이다. 그리스 신화에서 가이아는 우라누스의 난폭함을 그를 거세함으로써 제압했다. 과학자들은 우라늄의 폭발적인 힘을 중성자의 숫자를 조절함으로써 평화스러운 원자로로 변신시켰다.

신화에서는 우라누스의 손자인 제우스가 올림포스 신전을 평정하고 통치하였다. 과학자들은 우라늄의 손자뻘인 플루토늄을 이용해 에너지 세계를 평정하려고 하고 있다. 고속로를 개발하고 핵주기를 완성시키면 우리의 에너지 문제는 거의 해결된다.

### 세계 최고의 원전 설계, 건설, 운영 능력의 한국

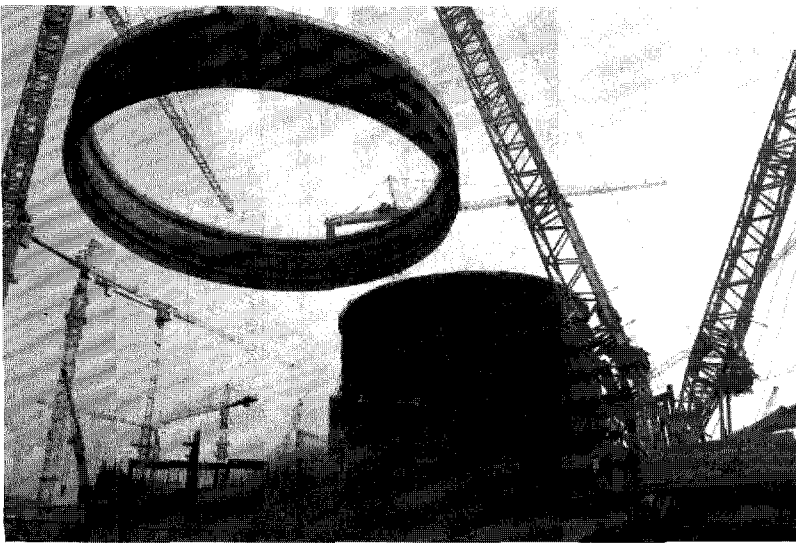
바야흐로 전 세계가 원자력 르네상스기에 접어들었다. 원자력 에너지에 대한 재평가가 이루어지고 원자력의 확대 방안이 추진되고 있다. 전 세계의 많은 나라들이 새로이 원자력을 도입하려 하고 있고, 이미 원자력을 가진 나라들도 원자력을 더욱 더 확대하려 하고 있다.

원자력의 가치가 제대로 인정되고 새로운 원자력 붐이 조성되고 있는 가운데 우리나라가 원자력 르네상스의 선두 주자로 치고 나왔다. 요르단에 연구용 원자로를 수출하는가 하더니 곧 바로 UAE에 대형 원자로를 4기나 수출하는 쾌거를 이루었다.

연이어 여러 나라 대표들이 우리나라를 방문하여 원자력산업 실태를 둘러보고 우리나라 원전의 도입 가능성을 타진하여 왔다. 우리나라 원자력계는 갑자기 호떡집에 불이 난 것처럼 온통 야단법석이다. 원자력 수출 체계를 갖추고 인력을 확충하느라 분주한 것이다. 우리나라의 원자력계가 이처럼 호황을 맞이한 적이 없었다.

원자력 호황기를 잘 이용하려면 우리는 좀 더 침착해야 한다. 현상을 좀 더 면밀히 분석해보고 우리의 장단점을 확실히 파악해야 한다. 원자력 르네상스에 결국은 좋은 제품을 싸게 만들어 많이 파는 쪽이 더 많은 혜택을 보게 된다. 우리의 제품이 좋고 싸다는 것을 알리는 상술도 중요하다.

우리의 원자력 제품이 좋고 싸다는 것은 우리 모두



신고리 3, 4호기 건설 현장. 우리나라에는 세계 최고 수준의 원자력발전소 설비를 만들 수 있는 공장과 인력이 있고 복잡한 기계 설치 능력도 뛰어나다. 우리나라에서 만든 원자로나 증기발생기 등 원자력발전소의 핵심 부품들이 이미 중국이나 미국 등 해외에 널리 공급되어 있어 그 우수성을 세계가 인정하고 있다. 우리나라에서 만든 원전의 핵심 설비들은 그 품질이 우수하고 성능이 뛰어나다. 우리나라에서 제작된 원전의 핵심 설비들이 원자력발전소의 우수한 운전 성능을 보장하고 있다. 우리나라 제품의 우수성을 해외에 더욱 더 알려야 한다.

잘 알고 있다. 우리는 우선 지난 20여 년 동안 남들이 안할 때 꾸준히 원자력발전소를 설계하고 개량하여 안전성을 향상시켜온 실적이 있다. 세계 최고의 원자력발전소 설계 기술과 인력을 보유하고 있는 것이다.

우리는 또한 지난 20여년 동안 대규모 원자력발전소를 가장 많이 건설한 경험이 있다. 우리나라의 대형 플랜트 건설 능력은 세계가 인정하고 있다. 빠른 시일 내에 완벽한 플랜트 건설 능력 덕택으로 원자력발전소의 건설 공기도 대폭 단축시켰다. 원자력발전소의 건설 공기는 건설비와 직결된다. 다시 말해서 우리는 원자력발전소를 싸게 건설할 수 있는 능력을 가진 것이다. 우리에게는 이러한 건설 능력 보유 회사가 여러 군데 있다. 원자력 해외 진출에 있어서 큰 장점의 하나라 할 수 있다.

우리나라에는 세계 최고 수준의 원자력발전소 설비를 만들 수 있는 공장과 인력이 있고 복잡한 기계 설치 능력도 뛰어나다. 우리나라에서 만든 원자로나 증기발생기 등 원자력발전소의 핵심 부품들이 이미 중국이나 미국 등 해외에 널리 공급되어 있어 그 우수성을 세계가 인정하고 있다. 우리나라에서 만든 원전의 핵심 설비들은 그 품질이 우수하고 성능이 뛰어나다. 우리나라에서 제작된 원전의 핵심 설비들이 원자력발전소의 우수한 운전 성능을 보장하고 있다. 우리나라 제품의 우수성을 해외에 더욱 더 알려야 한다.

원자력발전소의 운영 능력 또한 뛰어나다. 우리나라의 원자력발전소에서는 큰 사고가 한 번도 없었으면서도 발전소의 운전 실적이 세계 최고를 자랑하고 있다. 우리나라 원자력발전소의 안전성은 IAEA에서 실제로 전문가들을 우리의 원전에 직접 파견하여 안전 점검을 시행해보고 칭찬할 정도로 확고하다.

원자력발전소의 이용률은 세계 평균치보다 10 퍼센트 포인트 이상 높은 세계 최상의 수준이다. 발전소의 이용

률이 10여 퍼센트 포인트 높으면, 예를 들어 발전소 8기 가지고도 발전소 9기 가진 것과 같은 전력을 생산한다는 말이 되는 것이다. 이용률만으로도 발전소 1기를 절감할 수 있는 것이다. 이웃하고 있는 우리의 경쟁 상대인 일본이나 프랑스에 비해 우리가 가진 우수한 강점이 여기에 있다. 원전의 이용률은 우리가 제대로 포장해서 원전의 해외 수출시에 사용해야 할 강력한 무기인 것이다.

### 원전의 해외 수출을 위해 해결해야 할 숙제

원자력발전소의 해외 수출을 위해 해결해야 할 숙제도 많다. 물건을 팔려면 그 물건의 특성이나 장점을 잘 설명하는 자료를 만들어 소비자들에게 믿음을 주는 설득을 하여야 한다. 또 물건을 파는 사람들의 자질이나 품성도 주요한 역할을 한다. 특히 원자력발전소의 수출을 위해서는 국제적인 언어 능력이나 특정 국가의 관습 등 세심한 주의가 배려된다.

원전의 해외 수출은 그 기본 경제 단위가 매우 크다. 따라서 물건을 사는 측에서도 여러 가지를 상세하게 검토한다. 물건을 파는 사람들의 해박한 지식이 요구된다. 게다가 물건을 사고자 하는 사람들의 예산이 충분치 못할 경우가 많다. 이 경우 재정적인 지원책도 마련해야 한다. 이러한 요구 사항들은 한 번에 처리해주어

야 효율적이다. 이 모든 일을 맡아서 한 번에 신속하게 처리할 수 있는 전담 조직이 필요하다.

원전의 르네상스를 주창하면서도 한편으로 쉬쉬하고 있는 분야도 있다. 바로 방사성폐기물 문제이다. 방사성폐기물은 전 세계의 원자력계에서 아직 속 시원한 해결책을 내놓지 못하고 있는 분야이다.

원자력계 인사들이 원전의 우수성을 자랑스레 이야기하다가도 폐기물 문제만 나오면 긴장하게 된다. 고준위 방사성폐기물에 대해서는 아직 명확한 진로를 결정짓지 못하고 있다. 일부에서는 고준위 방사성폐기물을 소멸 처리를 통해 몽땅 없애버리자는 연구를 진행하고 있다. 그렇게만 된다면 한결 간편해진다.

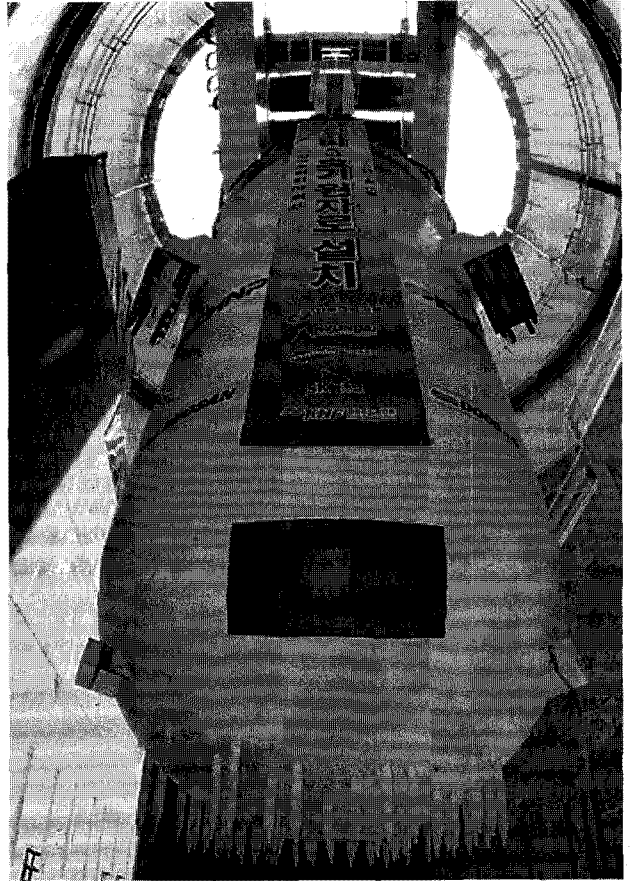
중·저준위 방사성폐기물 처분도 그 주민 수용성이 갈수록 복잡해지고 있다. 특히 원전을 새로이 시작하려는 국가에서는 이 점을 심각하게 고려해야 한다. 원전을 새로이 시작하려는 나라들은 대부분 소규모 전력망을 가지고 있는 나라들이다. 따라서 이들 국가에서 원전을 도입한다 하더라도 한 나라에 원전 4~8기 이상은 설치하기 힘들다.

어떤 나라에서 원전을 4기만 운영한다 하더라도 방사성폐기물 처분장은 필요하다. 처분장 확보시 필요한 막대한 사회적 비용은 원자력 발전 규모에 상관없다. 어느 나라이든 원전 도입 초기에 방사성폐기물 문제를 함께 고려해야 된다.

원전의 수출시에 이 문제를 솔직하게 터놓고 이야기해야 한다. 우리나라는 이런 면에서 상당히 유리한 고지에 있다. 중·저준위 방사성폐기물의 유리화 기술을 보유한 세계 유일의 국가이기 때문이다. 유리화 기술은 기존의 폐기물 처리 기술보다 안전성을 열 배 이상 높이고 또 폐기물의 양을 혁신적으로 줄여 폐기물 문제를 잠재울 수 있다.

### 도박을 하지 말고 확률 게임을 하라

이야기를 좀 돌려서, 나는 한동안 포커 게임을 즐긴 적이 있다. 나와 함께 포커를 해본 사람들 사이에서 나는 포커의 명수로 통했다. 그도 그럴 것이 나는 게임을 열 번 하면 그 중 여덟 번 내지는 아홉 번을 땀다. 내가 잃는 것을 본 사람은 거의 없다.



신고리 3호기 원자로 설치. 우리는 이제 원자력의 해외 수출 프로그가 되어야 한다. 지금 세계의 원자력 시장은 우리에게 매우 유리한 형상으로 전개되고 있다. 기회는 두 번 다시 오지 않는다. 우리에게 다가온 기회는 절대 놓쳐서는 안된다.

그들은 나에게 포커를 잘 하는 비결을 끊임없이 물어왔다. 나는 그저 웃을 뿐 거의 대답을 안했다. 이제는 포커를 하지 않기 때문에 그 비결을 말하고자 한다. 도박을 하지 말고 확률 게임을 하라.

프로 도박사는 절대로 룰렛이나 주사위 던지기 같은 게임은 하지 않는다고 한다. 동전 던지기 게임에는 전략이 없고 이길 확률 계산이 안 되기 때문이라고 한다. 진정한 도박사는 확률을 아는 전문가로서 절대로 도박을 하지 않는다고 하는 역설이 있다. 단지 그는 확률 게임을 할 뿐... 이런 게임에도 결정적인 기회가 있다고 한다. 이길 확률이 가장 높아질 때, 이를 잘 포착하는 것이 프로의 능력이다.

우리는 이제 원자력의 해외 수출 프로그가 되어야 한다. 지금 세계의 원자력 시장은 우리에게 매우 유리한 형상으로 전개되고 있다. 기회는 두 번 다시 오지 않는다. 우리에게 다가온 기회는 절대 놓쳐서는 안된다. ☸