

하기 위해 브라질原子力公社 (NUCLEBRAS) 와 서독의 STEAG社 및 INTERATOM社의 合弁會社인 NUCLEI社를 설치하여 현재 1tSWU/年規模의 파일롯트플랜트를 건설중이다. 파일롯트플랜트에 이어 64tSWU/年の 첫번째 實證플랜트와 200tSWU/年の 두번째 實證플랜트의 건설 계획도 있으나 브라질 정부는 파일롯트플랜트의 운전에서 충분한 경험을 쌓은 후인 1988년 중반경에 착수토록 할 전망이다.

(3) 남아프리카

1970년 남아프리카는 새로운 濃縮技術의 開發에 성공했다고 발표하고 실용화를 추진하기 위한 기관으로서 UCOR (Uranium Enrichment Corp.) 를 설립했다. 현재 UCOR는 바린다버에 건설한

파일롯트플랜트를 운전하고 있으며, 이어 300 tSWU/年규모의 工場을 1987년부터 稼動시킬 예정으로 건설중에 있다.

(4) 아르헨티나

현재 리오레그로州에 가스擴散法에 의한 플랜트를 건설중에 있다. 이 플랜트는 아르헨티나 原子力委員會 (CNEA)가 리오네그로州의 共同出資會社인 INVAP社에 의해서 건설되고 있으며, 1984년 11월부터 일부 가동되고 있다. '85년말까지는 500kg/年으로 증설될 예정이다.

(5) 中 共

공식발표는 없으나 1963년경에 200tSWU/年 규모의 가스擴散工場이 건설된 것으로 알려져 있다.

## 火災事故 調査報告 概要

### 대만전력 原子力 第3 發電所

금년 7월7일 오후 5시21분40초 대만남단 「형춘」에 위치한 대만전력 원자력 제3발전소에서 수소폭발과 더불어 화재가 일어났다. 이 사고는 사회에 커다란 놀라움과 불안을 주었으며, 사고 원인에 대해서도 사람마다 알고 싶어하는 수수께끼가 되고 있을 뿐아니라 이 사고원인 규명이 거액의 배상문제를 좌우하며 또 대만전력과 GE의 명예에 관련되어 있다. 그리고 가장 중요한 것은 일반대중들이 원자력발전에 대한 신뢰도에 큰 영향을 주는 것이다.

전국의 과학자들은 불철주야 침식을 전폐하지 않고 연구한 끝에 드디어 그 진상을 밝혀냈다. 즉, 책임은 GE에 있는 것이다. 원전제3발

전소 사고조사 보고서에서 지적한 것을 근거로 사고원인을 말하자면, L. P Turbine Blade의 斷裂이 화재의 주된 원인이라는 것이 확인되었으며, 또한 Blade가 단열된 원인은 바로 Blade Root부분에 있는 Blade Pin Hole에 정밀한 가공이 되어있지 않았다는 것이다.

금속재료를 연구하는 조사요원에 따르면 Blade Root부분 Pin을 꿰는 Blade Pin Hole 표면에 정밀처리가 불량하여 표면에 粗度(Roughness)가 높기 때문에 고속운전때 Blade Root부분에 응력분포가 극히 고르지 못하여 응력집중점이 나타나 Pin Hole에 균열이 발생하기 시작, 斷裂事故가 일어난 것이었다.

Blade Pin Hole의 가공불량 이외에도 다른 한가지의 중요한 발견을 하였다. 즉, 8개의 단열Blade중에 먼저 단열된 Blade는 출구쪽에서 여섯번째 Blade부터였는 바, 이것을 재료연구요원이 자세히 단열면을 조사한끝에 매우 선명한 Beach Mark와 단열면에 피로문을 발견함으로써 Blade의 단열은 기계적인 피로에 의해서 발생한 것이며, 이 피로문은 이미 7월7일 사고당시 이전에 존재하고 있었다는 것을 밝혀냈다. 그러나 전문가들도 역시 말하기를 T/G운전기간에 Turbine의 진동폭이 높아지게 되어도 Turbine의 기계적인 피로가 가속될 수도 있다고 했다.(주:대전원전 5호기는 사고당시 준공되지 14개월임). 이 조사보고서에서 연구된 결과가 전부 GE에게는 매우 불리하게 되었다.

그러나 GE측과 대만전력은 현시점에서 이 사고에 대해 언급을 피하고 있다. 대만전력이 합구하고 있는 주된 원인은 GE가 현재 5호기 복구공사에 협조하고 있고, 현시점에서 책임문제를 추궁한다는 것은 급박한 복구공사의 진도에 영향을 줄 수 있기 때문이다.

그러나 GE측에서는 대만원자력위원회에서 작성된 조사보고서에 대해 심분 중시를 하고, 이미 GE의 고급대표자를 대만에 급파하고 자기네들 나름대로의 조사결과를 휴대하여 원자력위 보고에 대해 변명을 할 수도 있다. 이 대표자는 기술자가 아니라 고급행정요원이라고 한다. 금년 7월 원자력 5 호기(대전 원자력 제3발전소 1호기) 사고발생후 대만전력과 GE는 각기 사고원인 규명을 위한 조사반을 구성하였다.

이와 별도로 대만전력은 미국 MPR용역회사로 하여금 사고를 객관적으로 조사해달라는 의뢰를 한 바도 있다. 불원 MPR社로 부터 조사보고서가 대만전력에 제출될 것이다. 그러나 가장 주목을 끄는 것은 정부원자력위원회에 의해서 초연적인 입장에서 독립된 조사를 진행하기 위한 조사반의 조사결과다.

이 조사반은 中山科學院, 공업기술연구원, 대만전력, 원자력연구소, 대만대학 전기공학과, 清華大學 원자력공학과 등으로 구성되어 합동으로 여러가지 엄격하고도 精細한 조사를 하기로 되었다. 이 조사에 의한 보고서는 이미 완성되었으나, 해당조사반이 직접 국무총리에 대해 책임을 지는 관계로 보고서도 역시 직접 총리에게 제출되므로 일반에 공개하지 않기로 했다.

지금 현재로서는 화재사고의 피수는 Blade단열이라는 것이 명백히 판명된 것 외에 전체적인 화재발생의 과정도 역시 정밀한 연구로 밝혀진 것으로 알려졌다. 관계기관에 따르면 해 조사 보고서에 의해서 확인된 화재사고는 원전 5호기의 Low Pressure Turbine의 발전기쪽으로 한단 130개의 Rotor Blade중 8개의 Blade가 고속운전중 돌연 Blade Root가 단열 탈락되어 운전중 균형을 잃어 T/G 주 Shaft의 극렬한 진동의 발생과 더불어 단열탈락된 Blade가 他 Blade와 부딪히고 마찰됨으로써 주축의 위치가 움직여 偏心振動이 발생되면서 급격한 감속이 되었다고 한다.

이러한 일련의 동작으로 발전기의 수소 Oil Seal Ring과 발전기쪽에 있는 여자기덮개의 나사탈락으로 고압수소가 다량으로 새어나가 Spark와 조우되어 수소의 폭발과 화재까지 몰고 갔다.

### 原電 5 호 火災事故로 2.5억 \$ 損失

대만전력은 원전제3 발전소에서 발생한 설비 및 부품의 손실은 따지지 않더라도(1977년 당시 발전기와 여자기의 구입비가 미화6,000만불, 현시가격으로 T/G 및 H. I. L Turbine, 여자기 등 가격이 미화2억불) 가장 심각한 손실은 발전정지로 가져온 손실이다. 원전 5호기사고가 일어난후, 大林발전소에 설치된 2대의 유전소 발전기로 대신 지원운전하고 있다. 이 발전기의 발전단가는 매우 높아서 원자력발전 평균 KW-

H단가인 19원(NT \$ 0.95元)에 비해 약 14원이 더 높다.

원전 5호기 全稼動때 950MWe(900MW의 원자력발전기는 매일 2,160만KWH를 생산할 수 있다)의 출력이 생산되므로 적어도 원전 5호기의 하루정지로 대만전력에 끼치는 손실액은 2억 원이며, 송가동용으로 치면 3억이 넘는 것이다. 그러므로 금일까지(7월7일부터) 대만전력은 전력면에서 본 손실은 이미 200억 원이 넘어섰다. 기자재교체비, 복구수리비와 발전단가의 증가 등을 제외하고 발전소건설비, 대부이자 지출도 천문학적 숫자가 될 것이며, 지난 3개월의 이자만도 무려 200억 원은 달할 것이다.

원전 5호기의 메이커로 부터의 보증기간은 일년밖에 되지 않는다. 비록 사고발생시점에서는 이미 보증기간에서 2개월이 지났지만, 오늘날의 사건진상으로는 GE가 주된 책임을 져야한다고 밝혀지고 있다. 이것이 도의적인 입장에서나 또는 상업상 명예에 대한 입장으로 보나 GE는 배상문제의 책임을 벗어나지 못할 것이다. 그러나 대만전력의 한 관계자의 말에 따르면, 상업명예를 지키기 위해서 GE는 복구공사의 모든 자재 및 공사비를 부담할 것이고 그리고 현재도 GE측은 진행중인 각종 기자재의 교체와 정비수리작업에도 매우 적극적으로 협조하고 있다고 한다.

그러나 발전원가상승으로 인한 손실 또는 건설비의 이자부담 등은 변상치 않을 것 같다. 하지만 계산에 의하면 원전 5호기의 복구가 내년 3월 또는 5월에 가서야 끝날 예정이어서, 그때까지 대만전력이 받을 손실은 자그만치 1,000억 원내지 2,000억 원 정도가 될 것인바, 이렇게 큰 손해액을 어떠한 방법으로 GE로 하여금 일부를 부담시키느냐하는 것은 대만전력의 협상 기교에 달려있다. 대만전력로서는 지금은 고지를 점령하고 있으나, GE는 결코 호락호락하게 넘어갈만큼 쉬운 상대는 아니다.

더구나 근일 고위인사가 급파되어 온다고 했는데, 그 사람이 갖고오는 가방속에 무엇이 들어있는지 알 수 없는 것이다. 현재로서는 오직 문제가 될만한 것은 Blade에 주는 피로작용을 가속화했을 수 있다고 생각되는 원전 5호기의 진동폭이 너무 컸다는데 있으며, 아울러 그 문제에 대해 앞으로 爭議로 삼을만한 쪼가 한두 가지 있을 것이다.

그 첫째는 원전 5호기 T/G 진동 경보신호 작동점 설정치를 5/1000inch로 하게 되어있다. 이는 T/G의 진동폭이 5/1000inch를 초과하면 경보신호가 발생하여 진동폭이 커지는 원인을 조사하고 위험을 막으라는 경보신호다. 그러나 실질적으로 대만전력의 원전 5호기는 진동폭 경보신호 발생점을 7/1000inch에 설정하였다. 알려진 바에 따르면 경보신호 발생점 설정치를 7/1000inch로 상향조정 한 자는 바로 GE社였다. 이것이 사실이라면 대만전력은 당연히 GE로 하여금 이에 대한 해명을 하도록 해야 할 것이며 또한 2/1000inch의 진동폭을 상향조정해도 좋다는 허가를 득한후에 이에 대한 위험예방조치를 취했는지를 추적하여야 할 것이다. 만일 그 허가를 대만전력이나 발전소에서 했다면 그 또한 무슨 이유로 허가를 했는지, 누구의 명령인지를 조사해야 한다. 그러나 전문가들의 말에 의하면 원자력발전소의 T/G가 견딜 수 있는 진동폭은 12/1000inch로 되어 있으므로 5/1000inch에서부터 2/1000inch를 상향조정 한 것이 원전 5호기의 사고를 발생케 한 주된 원인이 될 수가 없다고 한다.

둘째는 원전 5호기 진동폭 경보발생기에 0.5초의 지연발생 전자회로를 삽입하였다는 것이다. 다시 말하자면 진동폭이 7/1000inch를 초과하였을 때 경보가 발생 할 것이나, 초과된 시간이 0.5초내 단 한번만이라면 경보가 발생하는 범위가 아니다. 원전 3발전소에 따르면 7/1000inch는 매우 작은 진동폭이므로 수많은 자연현

상이 그 진동폭을 초과시킬 수 있다. 그러므로 0.5초내에 단지 한번만 진동폭이 초과 되었다면 그것은 결코 기계적인 문제로 된 것이 아니고 0.5초내에 2회이상 7/1000inch진동폭을 초과하여야 경보가 발생되고 이 경우 기계점검을 반드시 시행하게 되어있다.

대만전력의 전문가와 淸華大學의 교수들은 전세계의 많은 원자력발전소가 대부분 그러하다고 지적했다. 지연전자회로를 사용하지 않으면 수시로 원자력발전기를 정지시켜야 하기 때문에 성가시고 못견디는 한편 안전한 원자력 발전이 될 수 없다. 단지 확실히 안전상의 요구에 응하기 위하여서 신호지연회로를 없애는 것이 적합하다는 것 뿐이다. 전문가들은 또한 앞서 말한 두가지의 사건들이 원전 5호기의 사고원인이 될 수 없다고 하며, 그러나 GE가 만일 궁색한 나머지 그 두가지를 들고나올 수도 있다고 전망하고 있다.

금번 원전 5호기 사고중 GE로서 대만전력을 잡을 수 있는 무기는 대만전력의 약점이다. 이것은 바로 대만전력은 Blade의 재료가 무엇인지를 모르는 것이었다. 갖고 있는 모든 수첩과 자료를 뒤져보아도 찾아볼 수가 없었고, 대만전력의 전문가들도 밝혀내지를 못하고 있었다. GE는 또한 이것은 상업비밀에 속하는 것이어서 발설을 하지 않는다. 그러나 GE는 대만의 재료과학능력이 어디까지 와 있나를 까맣게 모르고 있었다.

금번 기계재료면을 연구하는 중임은 공업기술연구원 재료연구소에서 책임을 맡았다. 이 연구소는 「쥬쥬창, 흥쥬롱」 2명의 전문가를 현지에서 파견하여 검사를 하는 한편 Blade를 연구소에 가져와 이 방면의 모든 전문가들을 동원하여 會診을 하였다. 재료연구는 단시일내 우선 첫번째 문제를 극복하였다. Blade의 재료는 Stainless Steel 403인 것을 발견하고 일반에서 추측한 초합금이 아닌 것을 알아냈다.

재료연구소 「린취이」소장은 “이 재료는 규격에 맞고, 성분은 Stainless Steel 403의 개량합금”인 것이라 했다.

공업연구소에서는 Blade의 金相조직관찰, 단열면의 금상분석, 화학분석, 기계성질시험 등 4종의 연구방법을 통해서 연구한 결과, Blade의 재료가 降壓강도나 인장력강도 또는 신장율과 耐衝力 등을 시험한 결과 전부 GE사에서 제출한 규격에 맞고 문제가 없었다.

그러나 문제가 되는 것은 결코 연구소 전문가들의 法眼을 빠져나가지는 못하였다. 즉, Blade Root부분에 있는 Pin Hole이 정밀치리가 되지 않았다는 것이 발견되었다. Hole표면 Roughness가 높으면 응력집중점이 생기게 되는 것이며, 이에 따라 Blade의 斷裂을 초래하는 주원인이 된 것이다. 그리고 Blade 횡단면에 나타난 紋路는 기계적인 피로에 의해서였다

이외에도 사람들을 더욱 놀라게 한 것은 재료전문가들이 기타 단열되지 않은 Blade에 대해서 비파괴검사시험을 한 결과 130개의 Blade 중 단열된 8개의 Blade를 제외하고도 10개 이상의 Blade Root부분 Pin Hole에 균열의 금이 존재하고 있을 뿐아니라 별도로 다른 쪽의 최후 130층의 130개 Blade중에서도 역시 균열된 흠이 있는 몇개의 Blade가 발견되었다는 것이다. 만일 이러한 균열된 Blade가 동시에 단락되었다라면, 얼마나 엄청난 결과가 초래되었을지 추측도 못할 것이다. (Blade는 총14층으로서 좌우 각 7층 맨바깥쪽 Blade가 제일 크고 제일 길다).

이상과 같은 완전한 조사는 연구는 대만전력으로 말하자면 인위적인 착오가 없고 유지보수면이나 또는 조작상의 불량도 없으니 이것이야말로 가장 안심되는 것이다. 또한 이 조사가 일반사회에 절대적으로 방사성물질이 새어나가지 않았다는 것이 강조가 되어서 일반대중들도 안심하였을 것이다.