

韓國의 原子力發電

— 그 安全性을 診斷한다 —

다음은 「韓國의 原子力發電— 그 安全性을 診斷한다」라는 主題로 열린 討論會에서 各 分野別로 發表한 所見要旨와 討論內容을 要約한 것이다.

〈討論會 參加者 名單〉

(議長)

金鍾珠 (株)무디코리아 會長

(參加者)

M. Levenson 美國原子力學會 前會長

鄭甫憲 韓電 技術安全支援室長

李昌健 韓國에너지研 原子力研修院長

金世鍾 動資部 原子力發電課長

李相薰 韓國에너지研 原子力安全센터長

全完永 韓電 顧問

姜昌淳 서울大學校 工大敎授

申載仁 韓技(株) 技術本部長

高重明 現代建設(株) 副社長

閔丙墩 韓重(株) 理事

李宗勳 韓電 副社長

朴祥基 韓電 原子力發電處長

劉旭鍾 科技處 安全審査官

文錫亨 韓國에너지研 放射線管理專門委員室長

李光榮 韓國日報 科學部長

李龍水 東亞日報 科學部次長

에너지의 選擇과 原子力

李 昌 健

(韓國에너지研 · 原子力研修院長)

1. 週末의 깊은 밤을 조심하자

대한민국 주식회사의 安全性

버뮤다近海에서 發生한 소련 核잠수함 화재 사고(나중에 침몰)는 10월4일(土) 오전 9 시에 메세지형식으로 미국 대통령에게 통보하였으나, 미국 정보기관은 그 보다 4시간전에 이미 그 事實을 알고 있었다고 하였다. 하여간 그것은

하루전인 金요일 저녁에 생긴 일일지라도 틀림 없이 週末에 일어난 사고였다.

소련의 체르노빌原子力發電所 事故도 週末인 '86年 4月26日 새벽 1시23분에 일어났고 TMI 事故도 주말의 새벽 4시에 發生했다. Idaho州의 美陸軍 研究用原子爐 事故도 주말에 일을 너무 서두르다가 일어났던 것으로 기억된다.

金浦비행장 폭발사고는 日曜日에, 아웅산 폭발 사고는 休日에, 몇차례에 걸친 中共機의 亡命도 모두가 週末이나 休日에, 또 日本의 진주만 기습과 6.25南侵도 주말의 새벽에 敢行되었다.

拜日敎의 어느 宗派에서는 태양이 하늘에 떠 있는 동안에만 사람이 옮겨 決心할 수 있으며, 암흑이 깔린 밤중에는 악마의 유혹에 빠지기 쉬우므로 밤에는 새로이 결심하지도 않고 낮에

결정한 것을 바꾸지도 않는다고 하는데 그것은 一理가 있다고 본다. 人間은 관습상 밤에는 긴장이 풀려 잘못을 저지를 가능성이 많으며, 특히 月給장이는 7일을 週期로 하여 生理的 리듬을 타기 때문에 주말에는 사고가 많고, 특히 주말의 깊은 밤에는 더욱 그렇다. 마치 여자들이 한달에 한번씩 생리현상으로 이상해지는 것과 흡사할 것이다.

Shakespeare작 Julius Caesar에 다음과 같은 대목이 있다.

제1幕 로마의 거리

씨이저 : 저 군중속에서 나를 부르는 자는 누군가? 모든 음악소리보다 더 강한 목소리로 나를 부르는 자의 소리가 들린다.

占장이 : 3월의 15일을 조심하라! (Beware the ides of March!)

제3幕 국회의사당 앞

씨이저 : (占장에게) 3월15일이 왔다(The ides of March are come).

占장이 : 에이, 씨이저. 그러나 아직 지나가지 않았단다(but not gone).

점장이를 soothsayer라고 한다. sooth는 眞實이라는 뜻이다. 그 점장이는 진실을 얘기했고, Caesar는 그날 즉 3월15일에 Brutus의 칼에 찔려 죽었다.

오늘 한국의 nuclear soothsayer는 Beware the midnight of a weekend, 즉 週末의 깊은 밤을 조심하라는 진실을 국민들에게 말하고자 한다.

Julius Caesar는 너무나 오만하여 그야말로 眼不無人格이었다. 그래서 하늘에는 무수한 별들이 빛나고 있으나 제자리를 지키는 별은 오직 北極星밖에 없다. 마찬가지로 世上에는 人物이 허다하나 나만은 아무도 건드릴 수 없는 不動의 偉人이라고 自慢하다가 暗殺당한 것이다.

자기만 똑똑하고 자기가 제일 많이 안다고

너무 자만하는 날에는 반드시 事故가 찾아든다는 事實을 銘心하자.

만일 앞으로 어느 나라에서 공장이나 위험시설이나 발전소에 큰 사고가 일어나게 된다면 그것은 틀림없이 남들이 즐기고, 놀고, 쉬고, 재미보는 週末의 깊은 밤에 생길 가능성이 짙으므로 그런 사고가 우리나라에서만은 發生하지 않도록 우리 모두 최선을 다하자는 부탁을 드리려 한다.

原子力發電所의 安全設備는 多重深層防禦概念下에 설계되며 또 그것이 거의 완벽에 가까울만큼 잘 되어 있으므로 일단 안심할 수는 있으나, 그래도 人的要素는 不確實性을 내포하고 있기 때문에 보다 철저한 정신자세의 확립이 필요하다. 위험발생가능성은 본질적으로 어느 때이건 사라지지 않는다(but not gone)는 속성을 지니고 있는 까닭이다.

우리나라에서도 체르노빌사고이후 原子爐運轉要員에 대한 훈련과 재훈련은 더욱 강화되었고, 이들에게의 免許試驗은 전 보다 훨씬 까다로워졌으며 또 5組의 교대근무를 6組로 늘려 재훈련에 더 많은 시간을 投入하도록 권고하였다.

따라서 현대판 점장이는 이 기회에 원자력시설 운영요원이건, 산업시설 조작자이건, 일선장병이건, 자동차 운전기사이건 모두가 週末의 깊은 밤에 특별히 조심하자는 부탁을 진실한 말로서 Shakespeare의 입을 빌어 또 한번 강조하는 바이다.

Beware the midnight of a weekend !

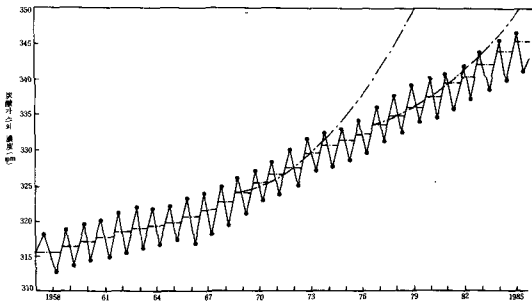
2. 에너지의 選擇과 原子力

인류를 파멸시키는 主犯이 될 것이라고 이야기되던 원자력은 오히려 인간을 파멸의 위기에서 구해내는 主役을 담당하게 될 것이다.

그 이유는 :

제2의 노아(Noah)의 대홍수를 막을 원자력 화석연료를 때면 탄산가스(CO₂)가 나오고 이

(그림) 하와이의 Mauna Loa에서 測定한 大氣中の CO₂ 濃度



것이 대기중에 쌓이게 되면 대기온도가 올라간다.

왜냐 하면 탄산가스는 열용량(heat capacity)이 클뿐만 아니라 특히 적외선을 많이 흡수하여 지구표면의 이불구실을 하기 때문이며 환경학자들은 이런 현상을 온실효과(greenhouse effect)라고 한다.

30년전 대기중의 CO₂농도는 310ppm(parts per million, 100만분의 310)이었고, 20년전에는 320, 10년전에는 330이었는데, 1985년도엔 350ppm으로 올라갔다. 그래서 지난 20년간 兩極地方의 얼음과 눈이 전보다 많이 녹아 해면이 15cm나 올라갔다.

인류는 연간 5억t의 탄소를 태우고 있는데, 이대로 가면 2035년도에는 CO₂농도가 600ppm이 되어 1.5—4.5℃의 대기온도 상승효과를 초래하여 해면이 70cm 상승할 것이고, 앞으로 300—400년안에 5~6m 높아질 것이다. 남극대륙에 쌓여있는 2,300m 두께의 얼음이 다 녹으면 해면이 70m 상승할 것이라고 한다.

그러나 이 모두는 온도상승에 의한 물팽창을 고려치 않은 것이다.

금년도에 발표된 환경관계 논문에 의하면 물팽창까지 고려하면 해면 상승속도는 더 빠르고 또 수위는 더 높아질 것이라고 한다.

이것은 先史시대에 일어났던 노아의 홍수보다 더 무서운 물의 범람을 예고하는 것이다. 노

아시대에는 비가 그친 다음엔 물이 빠져 나갔으므로 方舟(ark)에 피난했던 가족과 동물들은 살아남을 수 있었으나, 온실효과로 말미암은 홍수에서는 물이 빠져나가야 할 바다에 물이 다 차있으니 비가 그치지도 않겠지만 그친다 해도 수위는 내려가지 않을 것이기 때문이다.

탄산가스 농도는 제1차 유류파동이 있었던 1973년도까지 지수함수적으로 늘어나다가 갑자기 줄어들었는데, 만일 유류파동만 없었다라면 그림중 1973년과 1979년도에 연결된 상양선처럼 위로 올라가 대기중의 탄산가스농도는 지금보다 훨씬 많아졌을 것이다. 그런 의미에서 인류는 산유국들이 작당해서 일으킨 유류파동을 지구문명의 차원에서 감사해야 할 것이다.

현재 지구표면의 2/3는 바다인데 만일 해면수위가 상승하면 低지대와 사막은 모두 물속에 잠기게 되어 수분증발이 많아져 남아있는 고산지대에도 매일 비가 억수같이 쏟아질 것이므로 꽃도, 花粉도, 나비도, 벌도, 없을 것이고 열매나 과일도 맺지 못하는 불모지가 되고 말 것이다.

구약성서에 의하면 노아의 홍수후 앞으로 다시는 생물들을 물로 멸하지 않으시겠다는 言約으로 구름속의 무지개를 증거로 삼았다.

지금 곰곰히 생각해 보면 성서에서 말하는 구름은 電子雲(electron cloud)이고, 아름다운 색깔의 무지개는 해분열때 나오는 여러가지의 에너지 스펙트럼(energy spectrum)이 아닐까 한다. 공해물질을 가장 적게 방출하고 경제적이고 기술집약적인 원자력발전을 최대한도로 이용함으로써 제2의 대홍수를 예방하도록 啓示하시는 것이 전자운 속에 나타나는 해분열에너지스펙트럼일 것이라 믿는다.

이처럼 현대판 方舟는 원자력발전소라는 것이 분명해진 이상 우리도 노아처럼 못 비난을 무릅쓰고 지구촌의 앞날을 위해 될수록 많은 방주를 건조해야 한다.

선사시대였는데도 노아선생은 의심할바 없는 造船技師(naval architect)였다. 이처럼 하나님께서는 못 생명을 구원하시기 위하여 자연과학전공의 인물을 택하였으므로 우리 원자력기사들(nuclear architects)도 이 중차대한 시대적 召命을 자각하여 노아가사와 같이 장기적이고 거시적인 vision을 가지고 값싸고 안전하고 탄산가스와 기타 유해기체를 전혀 배출치 않은 원자력방주를 최대한 건조함으로써 우리자신과 가족과 후손과 생물까지도 구하기 위해 열과 성을 다하자.

1. 經濟 性

石炭火力發電單價가 原子力에 비해 10-80% 비싸다 함은 세계적으로 公認되고 있는 사실이며, 특히 資源貧國일수록 그 差가 현저하다.

대체로 石炭火力이 30-50% 비싸다고 보면 된다.

2. 外貨流出抑制

100만 KW급 발전소에서 핵연료를 사용하면 석탄을 사다 때때보다 연간 552억원(6200만\$)의 외화유출을 억제하게 된다. 단, 석탄값은 \$45/t, 핵연료비는 폐기물처리비까지 포함시켜 7.09mills/kWh이고 핵연료의 成型加工은 국

〈表1〉 國別 電源別 發電單價

(단위 : mills/kWh, 84년도 값)

나 라	原子力	有煙炭火力	炭/核 비 교
미국(東部)	43.6	47.0	1.08
일 본	31.6	43.2	1.37
독 일	27.1	38.3	1.41
이탈리아	24.3	34.2	1.41
벨기에	22.3	36.1	1.62
영국	30.4	51.7	1.70
프랑스	20.8	37.4	1.80
대만	24.2	44.6	1.84
			(85年 實績值)

자료 : OECD-NEA, 1986년

산화하므로 핵연료비의 15%는 국산공급하는 것으로 가정하였다.

따라서 100만 KW급 원전 10기를 가동하면 해마다 6억2천만\$의 외화유출을 억제케 된다.

3. 取扱物量

석탄화력 발전시설 용량이 1,000만KW이면 연간 2,500만t의 석탄을 구매, 수송, 저장해야 하고 또 600만 t 이상의 재를 처분해야 한다. 그러나 원자력의 경우는 이의 50,000분의 1의 物量만 취급하게 되니 물건을 비행기로 운반하게 되고 긴급사태에 대비해 미리 사다가 저장해 두는데도 안성마춤이다. 특히, 核燃料의 경우는 발전비의 극 一部分만을 차지하고 또 값이 化石燃料에 비해 몇분의 1밖에 안되므로 미리 사온다 해도 그리 큰 부담이 되지 않는 것이다.

지금 우리는 輕薄短小의 물량을 취급하는 尖端技術社會를 指向하고 있지 않은가? 그런면에서 原子力은 시대조류에 맞고 또 편리한 에너지源이다. 獨立國家 구실을 하려면 에너지源을 6개월이상 自給할 수 있어야 한다는데 그런면에서 原子力發電은 燃料공급 自立度를 높여 주는 것이다.

또 석탄발전소는 公害로 인한 環境破壞問題 때문에 敷地를 구하기 힘들다.

4. 技術依存型 에너지源으로서의 原子力

化石燃料은 땅속에서 캐낸 것을 그냥 사와야 하므로 國際市場價格推移에 민감하다. 供給者가 내라는 값을 몽땅 지급해야 하는 것이다. 그러

〈表2〉 韓國의 燃料別 發電單價 實績值

(단위 : 원/kWh)

연 도	原子力	有煙炭火力	炭/核 비 교
82	9.37		
83	16.00	19.93	1.25
84	17.63	23.20	1.32
85	18.16	24.77	1.36

자료 : 한국전력공사 經營統計, 1986

나 核燃料을 원자로에 裝填하려면 처리와 加工을 많이 해야 하므로 原價構成面에서 原料보다는 附加價値가 차지하는 몫이 훨씬 크기 때문에 기술의 기여도가 至大하다. 기술만 지니고 있으면 核燃料을 準國産化할 수 있는 것이다. 이처럼 原子力은 未來指向의이고 技術集約의 에너지이다.

化石燃料은 땅에서 캐내지만 核燃料은 머리속에서 캐내고 개발하는 기술의존형 에너지源이라 할 수 있을 것이다. 또 우리의 노력여하에 따라 國産化率을 점차 높일 수 있다.

安全性 一般分野 : 소스.텀

李 相 薰

〈韓國에너지研·原子力安全센터長〉

1. 諸 言

우리나라는 賦存에너지資源이 극히 빈약하고 石油은 全量을 輸入에 依存하고 있다. 이에 따라 代替에너지로서 原子力을 적극 추진하여 原子力發電이 總發電施設容量中에서 차지하는 比率을 1985年의 17.7%에서 1991년까지는 54%로 대폭 증가시킬 계획이다.

原子力發電은 본래 그 特性이 在來式 發電과는 달리 初期의 投資는 높다 할지라도 發電單價가 낮아 原子力先進國에서는 물론 우리나라에서도 産業經濟發展에 따른 電力需要의 增加를 充足시키는 에너지源으로 脚光을 받고 있다.

그러나 原子力發電事業은 이러한 經濟的 利點이 있는 반면 한편으로 安全性은 반드시 確保해야 한다는 것이 前提되어야 한다.

原子力發電所의 安全性은 放射性物質의 放出에 의한 放射性 災害를 가져올 可能性이 있는

事故를 어떻게 防止하느냐와 事故의 擴大를 어떻게 抑制하느냐에 달려있다. 原子力發電所 事故發生時에는 發電中斷에 의한 經濟的 損失뿐만 아니라 事故收拾에 상당한 經費가 소요되며, 放射能漏出에 의한 광범위한 環境汚染 및 隣近住民의 放射線被曝으로 인한 保健에의 影響 등이 우려되기 때문에 原子力發電所는 設計, 製作, 建設段階에서 부터 運轉, 解體에 이르기까지 國家的인 次元에서 安全規制가 강구되어야 한다.

2. 소스.텀(Source Term)

Source Term의 定義는 核分裂로 말미암아 爐內에 生成된 核分裂物質이 原子爐格納容器 또는 附屬建物을 通하여 生態系로 漏出되는 量, 核種의 種類, 化學組成 및 이들의 舉動을 總稱하는 것이며, 原子力發電에 수반되는 危險度는 最終的으로 발전소의 인근 住民에 被曝 또는 吸收되는 放射線量에 의해 측정된다.

이들의 評價를 위해서는 主要 事故經緯가 導出되어야 하고, 그 發生確率이 算出되어야 함은 물론 事故時 Source Term 및 그에 따른 放射線學的 結果가 決定되어야 한다. 原子力發電所의 危險度는 주로 발생확률은 적으나 일단 發生할 경우 극심한 危害를 초래할 수 있는 重大事故에 기인하므로 이에 따른 Source Term 결정은 原子力發電所의 安全性評價에 필수적이다.

1979年3월에 發生한 TMI - 2事故로 原子力發電分野에 나타난 중요한 變化의 하나가 重大事故時 Source Term에 대한 관심의 集中이라 하겠다. 이것은 대규모의 爐心溶融, 損傷事故에도 불구하고 주위환경으로 放出된 放射性核種量은 TID - 14844나 WASH - 1400에서 豫測한 값보다 훨씬 작았다는 事實에 기인한다.

最近에 世界各國에서 至大한 關心을 모으고 있는 것은 輕水爐爐心損傷事故時의 Source Term評價이다. TMI - 2事故를 契機로 爐心損傷事