

ENC '86

原子力-

現代의 에너지

發表 : Hans Blix
(Director General IAEA)

共譯 徐 引 錫

〈韓國에너지研·核化工研究部長〉

朴 賢 洙

〈韓國에너지研·責任研究員〉

*編輯者註:本論文은 '原子力-現在와 未來의 에너지'를 基調테마로 지난 6월 1일부터 6월 6일까지 스위스 제네바에서 開催된 ENC '86會議에서 발표된 論文으로 이번호와 다음호에 걸쳐 게재됩니다.

I. 原子力の 現況

現在 世界の 에너지供給에 대한 原子力の 기여도는 급격히 增加하고 있다. 작년 32기의 原子力發電所가 新規稼動됨에 따라 世界の 原子力發電量은 거의 250,000MW (e)로 增加했으며, 이것은 全世界 發電量の 15%에 해당되는 것이다.

이 現象은 1970年代에 있었던 原子力發電所의 신규발주 증가의 結果이며, 이 추세가 앞으로 수년간 계속되어 1990年경에는 原子力發電量이 약 400,000MW (e)에 달하게 되어 世界 電力生産量の 20%를 原子力發電이 차지하게 될 전망이다, 그러나 1990年代에는 1980年代에 原子力發電所의 신규발주가 減少됨에 따라, 原子力發電의 成長이 둔화될 것이다. 예를들면 작년에는 단 10기의 原子力發電所가 建設을 착수하였을 뿐이다.

그러나 本人은 아직도 原子力の 장래가 樂觀的이라고 믿고 있다. 몇가지 요소가 다음 세기에는 原子力の 利用을 더욱 확대시킬 展望이다. 그중 重要한 요소로서 電力需要의 지속적인 增加와 原子力이 가지는 환경적인 이점을 들 수 있다. 배경설명을 위해, 本人은 1973年 첫 석유 파동 이후 세계 각지에서 어떠한 일이 發生하였는가를 간단히 지적하고자 한다. 물론 이 石油波動은 全世界的인 경기후퇴에 주요 역할을 함으로써 原子力을 포함한 에너지수요에 큰 영향을 미쳤다.

産業化된 市場經濟國家에 있어서 國民總生産이 一次에너지 消費를 능가하는 것을 우리는 보아왔다. 一次에너지 消費에 대한 國民總生産의 능가는 대부분의 國家에서 産業化된 市場經濟國家의 消費增加와 不均衡을 이루면서 增加해 왔다. 同時에 電力에너지가 最終使用時에 얻을 수 있는 高效率로 인해 에너지節約側面에서, 電力의 이점에 대한 인식이 점차 향상되어 왔다. 現在는 電力需要의 增加가 國民總生産의 增加와

거의 비례하고 있다.

OECD 國家에서는 1974年과 1984年 사이에 國民總生産이 27% 增加했는데 同期間에 一次에너지의 消費는 減少한 반면 電力消費는 30% 增加했다. 一次에너지 節約은 電力으로의 轉換, 特히 脫 石油에 의해 얻어진 結果이다.

프랑스, 스웨덴과 같은 특정 國家에서는 變化가 훨씬 더 현저하였다. 1974년에 프랑스는 전체에너지供給의 84%를 수입에 의존하였으나 작년에는 이 숫자가 64%로 減少하였다. 작년에 프랑스의 電力은 一次에너지供給의 38%를 차지했으며, 原子力이 電力生産의 거의 65%를 차지했다. 이것은 좋은 結果를 가져왔다. 原子力發電의 높은 비율은 프랑스의 電力價格을 유럽의 최저수준 중의 하나로 安定化시켜, 프랑스의 經濟發展을 촉진시키고 에너지輸入豫算을 減少시키는데 기여하였다. 本人은 프랑스의 石炭 및 油類發電所로부터 방출되는 이산화황과 이산화질소량에 대한 숫자를 갖고 있지 않으나, 만일 지난 수십년 동안의 電力生産의 增加를 石炭과 石油로 충당해 왔다면, 汚染物質의 방출이 크게 增加했을 것이라는 것은 명백하다.

스웨덴의 輸入依存度는 1974년의 74%에서 작년에 54%로 떨어졌으며, 電力은 1차에너지 消費의 50%에 접근하고 있다. 現在 스웨덴에는 12기의 原子力發電所가 운전중에 있으며 原子力發電量은 總電力生産량의 50%에 육박하고 있다. 영국의 전문지 'The Economist'는 「이러한 原子力優位 정책이 스웨덴을 심각한 에너지 수입의존 상태로부터 탈피시켰다」고 논평하였다. 또 다른 중요한 結果는 계속적으로 저렴한 電力價格으로 인해 난방용으로 油類 대신에 電力을 使用하게 되어, 個人과 國家經濟에 모두 이익을 가져 왔다는 것이다. 또 환경적 이득도 상당하다. 原子力發電의 增加는 石炭發電의 증대에 따른 산성비에 의한 호수와 토양의 산성화를 피할 수 있었다. 또한 현존하는 다수의 油類發電所의

使用을 피할 수 있어 환경적 이득을 볼 수 있었다.

현재 OECD 國家들에 존재하는 大型電力發電容量의 과잉상태에 대한 자료들이 종종 보고되고 있다. 그러나 1985년에 발간된 研究에서 巴黎의 國際에너지機構 (International Energy Agency)는 OECD 國家들의 과잉상태는 1990年代에 급격히 사라질 것이며, 1995년까지는 發電容量 부족에 직면하게 될지도 모른다고 경고했다. 또 現在 유보중인 發電容量의 상당부분이 油類發電所 혹은 노후된 發電所라는 것을 지적하였다. 따라서 IAEA는 新規發電所에 대해 原子力이나, 石炭火力이나에 대한 조기결정을 내릴 것을 촉구하였다.

東유럽의 CMEA 國家에서는 現在 原子力이 電力生産의 약 10%를 점하고 있으며, 이 原子力計劃을 확장시키려고 강력히 추진하고 있다. 여기에는 石炭火力에 의한 환경파괴가 이유중의 하나인 것 같다. 최근에 소련 공산당회의는 現在 28,000MW (e)인 原子力發電容量을 1990년까지 두배 이상으로 늘리고 2000년까지 5~7배 增加시킬 것이라는 計劃을 발표하였다.

開發途上國에서는 原子力の 도입이 당초 예상보다 지연되고 있으며, 환경적인 측면은 아직 그다지 고려되고 있지 않다. 단지 10개의 開發途上國만이 실제로 原子力發電計劃을 추진하고 있다. 이들 國家는 18기의 原子力發電所를 운전하고 있으며, 19기가 建設중에 있다. 이 發電所들의 대부분은 단지 3個國, 즉 인도, 韓國 및 대만에 집중되어 있다. 물론 開發途上國의 電力 보급은 훨씬 낮은 수준이기 때문에 發電施設容量의 급격한 增加를 기대할 수 있다. 그러나 增加패턴이 國家마다 크게 다를 것이다. 現在 10개의 開發途上國이 開發途上國들의 總電力生産의 63%를 점하고 있으며, 特히 이들중 8個國만이 原子力計劃을 갖고 있다. 단지 20~30個國만이 2000년까지 600MW (e)의 發電量을 수용할 수

있는 電力網을 갖고 있다.

그러므로 世界의 原子力의 실상은 이원적인 것이다. 그러나 현황을 살펴보는 方法중의 하나는 작년에 世界의 原子力發電量 1370TWh로서 이것은 1954年 世界의 總發電量과 같다는 점을 상기하는 것이다. 서유럽에서의 1985年의 原子力發電量은 550TWh로서 이것은 단지 26年前인 1960年의 總發電量과 같다. 1990年代에는 과거의 급격한 成長에 비하여 世界의 原子力發電量的 增加가 둔화될 것이라는 것은 사실이다. 그러나 本人의 見解로는 樂觀的이다. 電力의 수요는 增加할 것이고, 이 수요를 어떻게 만족시키는가에 대해 결정할 시기가 되었을 때, 오늘날 네델란드와 핀란드에서의 경우와 같이 原子力이 가장 有利하다는 것이 證明될 것이다. 이러한 성공은 우리가 몇가지 문제를 어떻게 다루는가에 달려있다. 이제 그 문제에 대해 살펴보자.

II. 技術的 經濟的問題

原子力發電의 技術的, 經濟的 성능이 國家마다 또 發電所마다 다르다는 것은 바람직하지 못하며 피해야 한다. 문제가 되는 것은 原子力과 石炭火力發電의 비교이다.

原子力發電의 經濟性에 있어 建設期間이 重要하다. 프랑스에서는 900MW (e) 發電所가 약 64개월에 建設되었으며, 日本에서는 최근 平均 建設期間이 약 51개월이며, 최근의 스웨덴 發電所의 建設期間은 57개월이었다. 이 예들은 목표가 무엇인가를 보여준다.

建設期間과 마찬가지로 原子力發電所의 운전 성능도 상당히 다르다. 그러나 일반적 경향은 상승세이다. 수년전 평균 가동율은 64~65% 수준에 머물러 있었으나, 1984년에는 70%로 상승했다. 벨기에, 불가리아, 캐나다, 핀란드, 스위스에서는 發電所의 가동율이 80%를 상회하며, 때로는 90%에 달하고 있다. 프랑스, 독일, 스

웨덴은 꾸준히 가동율(Availability)을 상승시켜 現在 90% 이상이다. 규정된 安全檢査를 위해 매년 최소한 90일의 計劃稼動停止가 필요한 日本에서는 計劃되지 않은 불용율(Unplanned unavailability)를 1%이하로 줄이고 불시정지(Scram)를 10reactor-year에 한번으로 감소시키는 것이 가능하다고 증명되었다. 운전성능이 좋지 않은 原子力發電所의 소유자들은 이러한 성공의 원인을 주의깊게 살펴 보아야 할 것이다.

III. 原子力 安全

두번째 문제는 原子力發電所의 安全에 관계된 문제이다.

本人은 모든 정부가 原子力發電所가 安全하다는 것을 인식하고 있다는 것을 알고 있으나 만일 일반대중이 原子力發電所의 安全性을 인식하지 못하면 정부는 여론에 의해 영향을 받게 될 것이며, 그 결과는 우리 모두가 잘 알고 있다. 原子力發電所의 실상은 어떠한가. 상황은 發電所에 따라, 國家에 따라 다르나 일반화와 객관적인 자료제시가 가능하다. 우리는 現在 치명적 사고 없이 3800reactor-year를 경험하고 있다. 물론 사고는 있었으나 운전과 보수를 잘하면 이 수를 감소시킬 수 있다는 것을 경험으로부터 알 수 있다. 그러므로 安全과 經濟性은 병행하는 것이다.

TMI사고는 심각한 爐心損傷을 일으킨 단 하나의 사고였다. 비록 소유자의 재정적손실은 심각했으나 방사능의 유출은 경미했다. TMI 사고의 해석으로 인해 중대사고의 結果를 보다 현실적으로 알 수 있는데 도움이 됐다. 오랫동안 原子力分野의 종사자들은 왜 일반대중이 훨씬 더 악조건인 다른 분야의 産業活動을 받아들이면서, 原子力發電에 대해서는 그렇게 염려하고 있는가에 대해 의문을 제기해 왔다. 化學工業과 항공수단은 최근 수많은 사상자를 냈으나 아무도 그

것을 폐쇄할 것을 요구하지 않았다. 훨씬 작은 결과를 가져온 原子力事故는 몇몇 國家에서 TMI 사고시 그러했던 것과 같이 全世界的으로 原子力安全에 대한 의문을 제기시키고 있다. 왜 이러한 일이 생기는가?

本人이 보기에는 역설적으로, 民間 原子力發電所에서 극소수의 사고가 發生했고, 原子力産業의 安全性이 우수하다는 것이 대중을 민감하게 하는 이유인 것 같다. 사람들은 잘 모르는 것을 두려워하며, 쉽게 이해할 수 있을 때에는 환상은 사라지게 된다. 그렇다고 이러한 상황을 변화시키기 위해 TMI 사고가 더 일어나는 것을 원한다는 것은 아니다. 반대로 本人은 原子力界에서 모든 活動이 확고한 研究結果와 경험 및 全世界的으로 原子力發電所의 지속적인 安全運營을 통해 대중의 신뢰를 쌓을 수 있도록 계속되어야 한다는 것을 제안한다.

IAEA도 물론 중요한 역할을 하고 있다. IAEA는 수년간 회원국이 높은 수준의 安全을 유지하기 위해 중요 안전문제의 국제적해석, 운전안전자문단과 같은 活動을 추가해 왔다. 더 최근에는 IAEA國際原子力安全諮問團(INSAG)이 設立되어, 國際적으로 重要한 原子力安全問題를 다루고 있으며, 線源項에 대해 몇가지 흥미있는 結論을 얻었다.

첫째, 現在의 原子力發電所의 安全을 향상시키기 위한 새로운 是正활동이 즉시 필요하지는 않다. 原子力發電所가 안전한 전력생산수단이라는 것은 아직도 확고하다.

둘째, 위험과 線源項을 낮은 값으로 유지하기 위해 가장 重要한 사항은 노심손상을 방지하기 위한 계획과 사고처리 方式이다. 이를 위해서는 비정상상태를 다루기 위한 發電所 관리 및 운전요원의 교육이 增加되어야 한다.

TMI 사고 이후 약 2000reactor-years에 달하는 양호한 운전경험은 여론에 서서히 영향을 미쳤으며, 대중의 주요 관심은 폐기물관리와 처분,

특히 高準位廢棄物로 바뀌어져 가고 있는 것처럼 보인다. 그러나 오늘날 호수와 삼림에 심각한 해를 가져오고 대기를 오염시키는 化石燃料의 使用을 시급히 제한할 필요가 있고, 原子力이 이 문제를 해결해 줄 수 있는데, 환경에 대해 가장 걱정을 하는 사람들 중에, 지금부터 수천년 후 안정한 암반 깊은 곳에 격리된 高準位 폐기물이 누출될지도 모른다하여 原子力에 대해 주저하고 있는 것은 不合理하다고 생각한다.

이것은 우리가 이미 핵폐기물의 최중처분에 필요한 技術을 갖추었고, 새로운 技術의 出現이 크게 필요하지 않다는 과학자들과 공학자 사이의 점증하는 견해일치와는 크게 대조적인 것이다. 本人의 見解로는 폐기물문제는 原子力의 장점이 될 것이다. 使用後核燃料과 각 準位の 방사성폐기물이 적절히 취급되고, 적합한 시설이 計劃 및 建設되며, 정부와 일반대중이 미래의 電力 生産源을 선택할 필요가 있는 상황에 있게 된다면 좋은 結果가 열어질 것이다. 지각있는 환경론자들 사이에서는 이미 原子力이 現在 電力 生産가능 方法中 가장 환경에 해를 적게 미치는 方法 중의 하나라는 인식이 增加하고 있다.

UNEP 유럽사무소에 의해 발간된 유럽環境年鑑(1983~1984)은 다음과 같이 말하고 있다. "비록 환경론자들에게는 탐탁하지 않을지 모르나, 原子力發電이 더 악화되지 않는다면, 오염방지를 위한 가장 좋은 方法이라는 것을 지적하지 않을 수 없다. 原子力發電에는 황화물, 질산화물 및 분진이 없을 뿐 아니라 이산화탄소도 발생하지 않는다. 만일 'Green house effect'에 의한 기후변화가 일어난다면 환경론자를 포함한 全世界는 原子力을 옹호하여야 할 것이다" 이러한 논리는 現在 原子力이 使用되고 있는 여러 나라로부터 발간된 보고서에 의해 지적되고 있다.

지금까지 에너지선택과 'Greenhouse effect' 사이의 관계에 대해서는 거의 논의가 없었다. 그

러나 石油, 石炭, 가스 및 木材의 연소에 의해 지구 대기중의 이산화탄소수준은 지구의 기온과 기후에 장기간 영향이 가능한 정도까지 아주 급격히 增加하고 있다. 환경론자들 사이에서 신뢰 받고 있는 Carl Sagan은 최근에 “몇가지 불확실성에도 불구하고 일종의 의견의 일치가 보여지고 있다. 다음 세기 혹은 그 후에 現在 計劃된 속도로 石炭, 石油, 가스를 연소시키는 것은 문제가 있다”고 기술하고 있다. 그는 汎世界的인 합의를 요구하며 “해결책의 일부는 적절한 대체 에너지원, 예를들면 태양열 혹은 안전한 핵분열 원자로 등 다른 위험이 있더라도 중요한 ‘Green house’ Gas를 발생시키지 않는 대체 에너지원을 포함하고 있어야 한다.”고 제안하였다.

化石燃料에 의해 야기되는 환경문제에 대해 무관심하면서, 原子力의 경우에는 그 문제가 너무 심각하게 다루어지고 있다. 本人은 이러한 문제들이 原子力의 경우와 같이 엄격하게 비교 평가의 관점에서 검토되고 있는 것은 고무적인 일이라 생각한다.

本人은 高單位廢棄物에 관련된 마지막 문제를 지적하고자 한다. 世界的 환경적 측면에서 보면 全世界에 다수의 핵폐기물 처분시설을 建設하기 보다는 소수를 建設하는 것이 바람직하다. 이들 소수의 施設은 보다 立地選定을 잘 할 수 있고, 잘 建設되며, 장비를 잘 갖출 수 있다. 一般 電氣消費者들은 原子力發電業者의 폐기물문제에 대해 민감하지 않기 때문에, 이 문제를 汎世界的으로 論議할 것을 기대할 수 없다. 이것이 이 문제의 重要性을 減少시키는 것은 아니다. 아직까지 처분이 실시되기에는 많은 시간이 있다.

IV. 核非擴散

本人은, 이제는 核非擴散 문제로 관점을 돌리고자 한다. 本人이 이렇게 하는 것은 직업적인 의무에서 비롯된 것만은 아니다. 原子力 반

대론자들의 일부는 原子力發電은 불가피하게 核武器保有國을 增加시킬 것이라는 見解를 갖고 있다. 더우기 國際간 핵교류에 가해지는 제한의 상당부분은 核非擴散的 고려사항에 근거를 두고 있다. 따라서 原子力產業界는 핵 비확산 그 자체와 특히, 핵 확산의 위험성을 減少시키기 위해 취해지는 조치에 관심을 가져야할 직접적인 이유가 있다. 비록 모든 현존 핵무기 보유국이 처음에 핵무기를 개발하고 그 후에 原子力發電으로 진행해 갔음에도 불구하고, 민간 原子力分野에서의 경험이 國家의 핵무기제조 의도에 도움이 될 것이라는 근본적논쟁은 배제될 수 없다. 또한 핵무기 技術이 오늘날, 이러한 무기를 제조하기 위한 충분한 産業的, 과학적 연관구조가 갖추어진 國家에 있어서는 충분히 잘 알려진 技術이라는 것을 인식하여야 한다. 만일 이를 제조하는데 필요한 시간과 자원을 투자할 준비가 되어 있다면 말이다.

非 核武器保有國에 대한 原子力技術의 거부 는 분명히 핵무기제조를 지연시킬 것이나 이러한 거부가 극복하기 어려운 장벽을 제공하지는 못한다. 수평적 핵 확산에 대한 가장 우선적이고 근본적인 장벽은 핵무기개발을 지향하고 이를 실행하려는 정부의 정치적의사에 달려 있는 것이다. 이 정치적 의사는 어떻게 고무되고 또 지탱될 수 있는가?

本人은 核非武裝이라든가 核物質保障措置와 같은 이 문제의 重要性에 대해 길게 論議하고 싶은 생각은 없다. 그러나 本人은 原子力을 반대하는 사람들이 原子力技術이 보다 많은 나라로 전파될 경우 그것이 핵확산 위험을 增大시킨다고 할지 모르나 지난 30년간 쌓아온 方法들은 原子力材料와 技術이 핵확산 금지조약과 그 조약들을 준수하는지 여부를 입증하는데 利用된다는 사실을 여러분께 상기시키고 싶다.

문제는 原子力技術이 世界로 확산되느냐, 그렇지 않느냐에 있는 것이 아니라, 그것이 核擴

散禁止條約없이 自國의 노력으로 이루어 지느냐, 아니면 핵확산금지조약에 기초를 두고 國際的인 技術傳授로 이루어 지느냐에 달려 있다. 平和를 위한 原子力의 利用이 바람직한 것 같다. 핵무기 보유국은 수년동안 5個國이 그대로 있어 위험이 훨씬 적게 보인다. 그러나 이것은 그렇게 생각할만한 이유가 되지 못한다, 오늘날 핵확산금지조약을 뒷받침할 수 있는 가장 효과적이고 유일한 方法은 완전한 核實驗禁止에 합의하는 일이다. 지금까지 核확산금지조약을 준수하지 않았던 많은 國家들도 완전한 核實驗禁止가 핵무기 보유국 사이의 보다 치열한 핵무기의 경쟁을 저지하고 또한 핵폭탄 실험의 가능성을 배제할 수 있다는 사실을 수긍하게 될 것이다.

유감스럽게도 지금까지의 핵확산 금지조치가 미흡하긴 했지만, 지난해 核擴散 禁止條約에 가입한 國家가 그 조약을 강화하는 방안에 대해 선언문은 그 조약에 가입한 단체들이 IAEA가 운영하는 核物質保障措置 체제에 참여토록 명시하고 있다. 비록 각국의 정치적인 의지가 핵확산 금지조약으로 표현되었지만 그 조약을 준수하는지 여부는 핵물질보장조치로 나타난다. 보장조치 없이는 국제적인 原子力去來를 할 수 없다고 말하는 것은 과장된 말이 아니다. 대체로 핵확산금지조약의 結論과 핵물질보장조치 발족에 다소 미온적이었던 原子力産業界가 이러한 제도를 전적으로 지지한 것은 다행한 일이다. 本人의 생각으로는 그렇게 하는 것이 당연하다고 여겨진다. 진보된 자기관심은 産業界로 하여금 핵확산금지노력에 적극적이고도, 建設的으로 기여할 수 있도록 한다.

V. 原子力과 開發途上國

原子力은 현재로서 産業化된 國家에 가장 유일한 방안인 것 같다. 原子力은 잘 정비된 電力網, 각 수준의 자질있는 人力, 장기계획을 수립

및 실행하고 대규모 施設의 운전 및 安全性을 규제할 수 있는 조직구조, 보수 및 정비를 할 수 있는 國內産業界, 재정관리 전문가 등의 적절한 國家的 유기체제가 요구되는 精密技術이다. 開發途上國에서 原子力의 도입이 늦은 점이 실망적인 것이긴 하나 原子力은 성공할 수 있다는 것이 확신될 수 있을때만 도입될 것이라는 것을 인식하여야 한다. IAEA에서는 開發途上國에서 原子力計劃을 촉진시키기 위해 어떻게 도움을 제공하여야 하는가에 대한 研究가 전문가들에 의해 시작되었다. 研究는 現在의 계약과 이것을 극복하는 方法을 다룰 것이다. 이 研究는 現在 의심할 여지없이 주요 계약가운데 하나인 자금 조달문제를 포함할 것이다. 우리는 1987年 중반까지 이 研究의 結果를 얻기를 바라고 있다.

VI. 맺는 말

전체적 에너지수요는 정체상태에 있으나 電力需要는 産業化된 國家와 開發途上國에서 모두 증가하고 있다. 原子力은 몇가지 장점을 주 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 이 성공은 노력없이 얻어지는 것은 아니다.

우리는 世界的으로 合理的인 建設期間을 달성할 필요가 있다. 또 世界的으로 우수한 성능한 지속적인 安全을 유지할 필요가 있다. 그리고 世界的으로 폐기물, 사용후 핵연료, 방사성 물질방출을 조심스럽게 다루어야 한다. 단지 얻을 수 있는 것을 배우는 것 뿐만 아니라 國際的인 공동운영이 필요하다.

오늘날 原子力産業界는 관리, 安全 및 廢棄物處分 分野에서 서로 배우는 것이 요구된다. 신뢰할 수 있고 구속력을 갖는 공동기준을 設定하는 것이 필요하다. 핵 비확산, 핵물질보장조치 및 핵교류를 유지하는 것이 필요하다. 이 모든 分野에서 IAEA는 공동협력의 일환으로 각국가와 原子力産業界를 도와 줄 것이다.