

우리나라의 原子力發電 計劃과 研究開發

全 豊 一

(韓國에너지研究所 原子力政策研究室長)

이 글은 韓國에너지研究所長 車宗熙박사가 스웨덴의 Royal Swedish Academy of Engineering Sciences에서 초청되어 83. 2. 22에 스웨덴에서 발표한 “Progress of the Nuclear Power Program in Korea”의 내용을 중심으로 하여 작성한 것이다.

1. 概 要

우리나라는 62년부터 시작한 經濟開發5個年計劃이 성공적으로 수행됨에 따라 國民生活水準이 향상되었으며 이에 따라 에너지 需要도 계속 증가하기에 이르렀다. 반면에 國內 賦存資源은 한정되어 있어 에너지의 輸入 依存度도 계속 증가하게 되었다. 輸入 에너지중 특히 石油 의존도는 심화되기에 이르렀다.

그러나 70년대 초와 말에 걸쳐 두번씩이나 겪었던 石油波動으로 石油價格은 폭등하였으며 供給도 불안정한 상태에 있다. 이에 따라 정부에서는 70년대 말부터 石油火力發電所는 더 이상 建設하지 않기로 결정한 바 있으며 이를 代替하기 위하여 原子力發電과 石炭火力에 주력하여 電源開發計劃을 추진중에 있다.

현재 9基의 原子力發電所가 運營 또는 建設

중에 있으며 91년까지 11基, 2000년까지는 20여기가 運營될 것으로 전망된다.

2. 에너지 需給展望

○國內 에너지 賦存資源은 무연탄, 水力 및 薪炭이 주종을 이루고 있다. 무연탄 매장량은 15억톤 정도이며 가채량은 6억7천만톤으로 추정된다. 이는 주로 家庭用으로 사용되고 있으며 매년 약 2천만톤씩 供給되고 있다. 水力資源은 3백만KW정도이며 이를 모두 개발하면 76억kWh의 電力을 공급할 것으로 기대된다.

西海岸은 간만의 차를 이용한 潮力發電이 가능한 곳이 여러 곳 있으며 이를 모두 개발하면 60억kWh의 電力을 생산해 낼 수 있을 것이다. 우리나라 資源은 原鑛기준으로 3천만톤이 있으나 品位가 低品位(0.04%)로 經濟性이 없어 개발되

지 않고 있다.

○에너지 需要는 계속 증가하여 60년대는 연 10%씩, 70년대는 연 8%씩 성장하였다. 이와같이 에너지 需要는 증가하는 반면, 국내 부존자원은 한정되어 있어, 에너지 輸入 依存度는 상대적으로 증가하게 되었다. 즉 62년의 에너지 수입 의존도는 11%에 불과하였으나 72년에는 53%로, 최근에는 75% 수준에 이르렀다.

○輸入 에너지중 石油가 80% 이상을 차지하고 있으며, 石油가 총에너지에서 차지하는 비중은 25% 수준에 이르고 있다. 그러나 石油가 한 방울도 나오지 않는 우리나라로서는 앞으로 어떻게 석유의존도를 줄여 나가는가가 에너지 정책의 주요 과제로 되었다. 이에 따라 석유 代替 에너지源의 개발에 주력하게 되었으며, 표-1에 보이는 바와같이, 原子力과 유연탄이 5차 5개년계획기간중의 주요한 石油 代替에너지로 공급될 것이다.

○과거 20년 동안을 살펴볼 때, 총에너지 需要는 연평균 10% 정도 성장해온 반면, 電力需要는 연평균 17%씩 성장하여 왔으며, 앞으로도 電力需要는 총에너지需要보다 높은 성장율로 증가될 것으로 예상된다. 따라서 電力이 총에너지 중에서 차지하는 비중은 현재의 21%에서 86년에 가서는 25%로 증가할 것이며 2000년에 가서는 총에너지의 1/3을 電力이 공급하게 될 것으로 전망된다.

3. 原子力發電計劃

○우리나라 최초의 原子力發電所인 古里 1號機는 69년에 착수되어 78년부터 상업운전 되고 있다. 이는 turn-key방식으로 건설되었으며, 83년 중에 運轉될 古里 2號機와 月城의 原子力 3號機도 trun-key 방식으로 추진되었다. 이와같이 turn-key 방식으로 추진된 3基의 원자력발전소를 제1단계의 추진방식이라고 말할 수 있겠으며, 제1단계에서는 원자력發電에 관한 設計부터 運營에 이르는 모든 단계를 외국의 공급자에게 맡기는 방식을 택하였다. 국내 기술진은 현

장의 建設분야에 재하청을 받아 참여하는 정도에 그쳤다.

○국내 기술진의 참여를 높이고 제1단계에서 얻어진 경험을 바탕으로 하여 原子力 5,6號機부터는 non-turn-key 방식으로 전환하였다. 이렇게 함으로써 原子力發電所의 設計 및 機資材의 국내 공급을 높여 나가고자 하였으며 이와같은 방식으로 현재 90만KWe급 6基(原子力 5~10號機)가 건설중에 있다. 이를 제2단계 추진방식이라고 할 수 있겠으며, 設計技術의 확립을 위해서 韓國電力技術(株)가, 機資材 국산화를 위해서 韓國重工業(株)이 집중 육성되고 있다.

현재 設計 및 機資材 국산화율은 30% 수준에 이르고 있다. 앞으로 국산화를 보다 효율적으로 성취하기 위하여 국내 업체로 하여금 主契約者가 되도록하는 방향으로 전환하게 될 것으로 보인다.

○표-2에는 91년까지 계획된 原子力發電計劃을 표시하고 있다. 92년 이후는 정부의 공식적인 계획은 없으나, 韓國電力公社와 韓國에너지研究所의 분석에 의하면 92년 이후 매년 1~2基을 추가하는 것이 바람직한 것으로 전망되며, 2000년까지는 표-3에 보이는 바와 같이 22基(施設容量 약 2천만KWe)의 原子力發電所가 稼動될 것으로 보인다. 이는 WASP 프로그램을 이용하여 火力, 原子力, 水力 및 揚水發電간의 經濟性を 비교하여 작성한 것이다. 이 결과를 보면, 原子力發電이 電力에서 차지하는 施設 占有率은 계속 증가하여 현재의 6%에서 91년에는 40%, 2000년에는 50% 수준으로 증가될 것이다.

○2000년을 기준으로 할 때, 60만KWe 3基, 90만KWe 8基, 120만KWe급 11基가 운영될 것으로 전망된다. 原子炉型은 輕水炉가 主種을 이룰 것이나 몇 基의 重水炉가 추가될 전망도 있다. 즉 83년중에 運轉에 들어갈 原子力 2호기(PWR)와 3호기(HWR)의 운전실적을 앞으로 몇 년간 비교하여, 重水炉의 經濟성과 稼動率在 輕水炉보다 좋으면 重水炉가 추가될 것이다. 高速炉는 현재 세계적으로 상용화 시기가 계속 늦어지고 있어 불확실한 요인이 많이 있어 무어라

이야기하기는 곤란하나, 프랑스에서 건설중인 120만KWe의 Super Phenix 1호기가 80년대 중반에 성공적으로 운영되고 經濟性이 입증된다면 국내에도 2000년경에 1~2기가 운영될 것으로 전망된다.

4. 原子力 安全規制

○原子力發電所에서 방출될지도 모르는 放射能으로 인한 국민의 保健과 安全에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여 原子力安全規制가 수행되고 있다. 국내에서 수행하는 기본 개념은 세계 여러 나라에서와 마찬가지로 원자력발전소의 正常運轉 또는 過度狀態에서도 放射能의 방출이 最小限(as low as possible)으로 되도록 하는 것이다. 122條項으로 된 「原子力法」이 기본법으로 제정되었고 그동안 현실 여건에 맞도록 개정되었다.

최근에 개정된 原子力法은 原子力安全規制, 品質保證, 放射性廢棄物 管理, 原子力發電所의 建設 및 運營, 核燃料에 관한 사항을 규정하고 있다. 또한 原子力安全規制를 효율적으로 수행하도록 韓國에너지研究所내에 原子力安全센터를 설립토록 하는 法的 뒷받침도 하고 있다.

○原子力安全規制는 科技處의 原子力局이 關장하되, 原子力安全성과 認·許可는 原子力委員會의 심의를 거쳐서 시행하도록 되어 있다. 한편 原子力安全規制에 관한 技術的인 사항은 原子力安全센터가 수행하도록 규정되어 있다. 原子力安全센터는 原子力安全관련 심사 및 분석을 수행할 뿐만 아니라 相關 技術지침도 작성하는 임무를 수행하고 있다.

○原子力發電事業을 수행하고자 할 때, 原子力事業者는 첫단계로 環境報告書를 제출해야 한다. 다음 단계로 建設許可신청서를 제출해야 하고 이때 安全性을 검토할 수 있도록 예비안전분석보고서(PSAR)를 함께 제출해야 한다. 建設許可가 발급된 다음, 공사에 착수함과 아울러, 주요 系統 및 設備의 설치에 따른 安全性을 파악할 수 있도록, 設計 및 工事方法認可를 받아

야 한다. 이렇게 함으로써 設計부터 建設공정 全 단계에 이르는 安全性을 검토하여 필요시 적절히 보완할 수 있게 된다. 建設이 끝나 최종적으로 최종안전분석보고서(FSAR)가 제출되어 검토되면 運營許可가 발급되게 된다.

5. 原子力 研究開發

○原子力 研究開發은 韓國에너지研究所를 중심으로 수행하고 있다. 原子力發電事業이 본격적으로 수행됨에 따라 研究開發의 기본목표도 原子爐 設計·建設技術開發과 核燃料의 安定供給을 위한 核燃料技術開發, 原電 建設과 運轉에 수반되는 原子力安全性的 확보에 주력하고 있다.

○原子爐技術개발을 살펴보면, 국산 원자로 기술의 조기 토착화를 달성하고자 原子爐心の 설계해석기술개발, 원자로 부품과 계통에 대한 研究開發 및 計測制御系統技術 개발에 역점을 두고 있으며, 특히 앞으로 꿈의 에너지源이라고 할 고속爐 및 核融合爐에 관한 선진기술 추적습득도 추진하고 있다. 특히 고속爐 특유기술인 액체금속기술 축적에 주력하게 될 것이다. 原子爐技術을 종합적으로 증진시키고 앞으로 늘어날 국산 核燃料의 성능분석, 그리고 同位元素의 생산을 도모할 수 있는 多目的研究爐의 妥當性을 검토하여 이를 국내 기술진에 참여 건조토록함으로써 기술확산을 도모할 수 있을 것으로 전망된다.

○原電이 점차 증가함에 따라, 소요되는 우라늄 精鍊, 濃縮, 成型加工 및 使用后核燃料의 處理 등 核燃料週期費는 2000년까지 累積 100억弗에 이르게 된다. 그러므로 국내 핵연료주기技術開發은 방대한 비용의 절감과 核에너지技術의 自立이라는 두가지 측면에서 그 중요성이 강조된다. 이를 위하여 韓國에너지研究所 대덕공학센터에 우라늄 精鍊 및 變換工場, 加工試驗工場이 운영되고 있고, 수년내에 照射后試驗施設과 방사성폐기물처리시설이 운영될 것이며 82년말에 自力으로 건조한 高溫高壓流体試驗 장치(hot test loop)를 이용하여 국산 핵연료와 원자로部

품의 성능평가와 신뢰성확보를 기하게 될 것이다. 특히 88년부터 年産 200톤 규모로 공급될 加壓輕水炉의 核燃料의 設計能力 향상과 炉心管理技術 개발에 중점이 두어질 것이다.

○原電이 계속 증가함에 따라 필수적으로 대두되는 문제는 안전성 확보이며 이는 일반국민을 放射能 위험으로부터 보호하고 환경보전을 기하는데 있다. 原子力安全性 향상은 研究開發 전단계에 걸쳐 고루 이루어져야 가능한 문제이나, 특히 문제시 되고 있는 安全規制의 향상을 위해서 原子力安全센터가 중점적으로 육성되고 있다. 원자력안전센터는 原電의 안전심사 및 검사, 가동중검사, 안전규제기준과 안전지침 작성, 비상대책 수립, 환경방사능 감시, 안전기술정보

표-1 에너지 需給計劃

| 에너지源 | 1981 | | 1986 | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| | 年度 | 구성비(%) | 年度 | 구성비(%) |
| 石油(百萬배럴) | 183 | 58.4 | 200 | 46.2 |
| 무연탄(千 톤) | 21,413 | 22.4 | 24,226 | 18.8 |
| 유연탄(千 톤) | 7,434 | 10.7 | 18,466 | 19.7 |
| 水力(G W h) | 2,709 | 1.5 | 2,909 | 1.2 |
| 原子力(G W h) | 2,897 | 1.6 | 26,136 | 10.5 |
| 薪炭(千 톤) | 8,900 | 5.4 | 7,958 | 3.6 |
| 計(千 TOE) | 46,052 | 100.0 | 61,884 | 100.0 |
| 電力(G W h) | 35,424 | | 57,120 | |
| 石油輸入量(百萬배럴) | 183 | | 200 | |
| 에너지輸入依存度(%) | 75.2 | | 79.7 | |

(註) 1TOE=10⁷kcal(TOE=Ton of Oil Equivalent)

표-2 原子力發電所 現況(1991년까지 확정분)

| 號機 | 위 치 | 施設容量(MWe) | 炉型 | 稼動年度 | 現況 | 供給者 |
|------------|-----|-----------|-------|----------------|-----|--|
| 고 리 1 | 고 리 | 587 | PWR | 78. 4 | 운전중 | NSSS : W T/G : GEC A/E : GAI |
| 고 리 2 | 고 리 | 650 | PWR | 83. 12 | 시험중 | NSSS : W T/G : GEC A/E : GAI |
| 원자력 3 | 월 성 | 679 | CANDU | 83. 4 | 시험중 | NSSS : AECL T/G : HPL/CAP A/E : CANATOM |
| 원자력 5, 6 | 고 리 | 2×950 | PWR | 84. 9 85. 9 | 건설중 | NSSS : W T/G : GEC A/E : BECHTEL |
| 원자력 7, 8 | 영 광 | 2×950 | PWR | 86. 3 87. 3 | 건설중 | NSSS : W T/G : W A/E : BECHTEL |
| 원자력 9, 10 | 울 진 | 2×950 | PWR | 88. 9 89. 9 | 건설중 | NSSS : FRAMATOME T/G : ALSTOME A/E : FRAMATOME |
| 원자력 11, 12 | 미 정 | 2×900 | 미 정 | 90. 9 91. 9 | 계획중 | 미 정 |

관리 등의 업무와 安全解析 등 研究도 수행하고 있다.

앞으로 문제가 될 것으로 예상되는 原子炉의 폐쇄와 확률론적 위험도분석분야도 연구에 착수하고 있다.

6. 結 論

국내 賦存資源의 限界성과 에너지源의 安定的 공급측면에서 볼 때, 原子力發電計劃은 계속 추진되어야 할 것이다. 최근에 떨어지기 시작한 石油價格은 일시적인 현상으로 해석되며, 에너지供給이 安定된 現시점에서 장기적인 에너지需給방안을 모색하는 것이 바람직하다.

原子力發電은 종합과학기술의 집산이며 국내 기술기반이 없이는 국산화의 제고는 어렵다. 따라서 原子力産業체와 研究所 그리고 學界가 유기적으로 참여하여 국내 原子力發電産業을 육성토록 하는 방안이 강구되어야 할 것이며, 研究開發에 과감한 投資가 이루어지도록 하는 原子力基金 등의 조성방안도 강구되어야 하겠다.

표-3 原子力發電所 建設計劃(案) (單位: MWe)

| 年度 | 原子力發電容量 | | 總電力容量 | | 電力에대한 原子力占有 率(%) |
|------|---------|--------|-------|--------|------------------|
| | 年間 | 累 積 | 年間 | 累 積 | |
| 1981 | | 587 | 185 | 9,835 | 6.0 |
| 82 | | 587 | 185 | 10,020 | 5.9 |
| 83 | 679/650 | 1,916 | 2,956 | 12,976 | 14.8 |
| 84 | 950 | 2,866 | 1,635 | 14,611 | 19.6 |
| 85 | 950 | 3,816 | 1,953 | 16,564 | 23.0 |
| 86 | 950 | 4,766 | 1,030 | 17,594 | 27.1 |
| 87 | 950 | 5,716 | 970 | 18,564 | 30.8 |
| 88 | 950 | 6,666 | 950 | 19,514 | 34.2 |
| 89 | 950 | 7,616 | 950 | 20,464 | 37.2 |
| 90 | 900 | 8,516 | 1,710 | 22,174 | 38.4 |
| 91 | 900 | 9,416 | 1,553 | 23,727 | 39.7 |
| 92 | 1,200 | 10,616 | 1,987 | 25,714 | 41.3 |
| 93 | 1,200 | 11,816 | 2,945 | 28,659 | 41.2 |
| 94 | 1,200 | 13,016 | 2,025 | 30,684 | 42.4 |
| 95 | 1,200×2 | 15,416 | 3,520 | 34,204 | 45.1 |
| 96 | 1,200 | 16,616 | 2,197 | 36,401 | 45.6 |
| 97 | 1,200 | 17,816 | 2,663 | 39,064 | 45.6 |
| 98 | 1,200 | 19,016 | 1,670 | 40,734 | 46.7 |
| 99 | 1,200×2 | 21,416 | 3,885 | 44,619 | 48.0 |
| 2000 | 1,200 | 22,616 | 2,745 | 47,364 | 47.7 |

(P.70에서 계속)

| | | | |
|---------------------|-------|-------|--|
| 3. 原子力産業國際化促進事業 調査 | 0 | 10 | ② 原子力發電所 新立地方式檢討調査 |
| 4. 核燃料事業等確立推進對策 | 42 | 36 | ③ 原子力發電所品質保證檢討調査 |
| 5. 使用後核燃料中間貯藏對策 調査 | 27 | — | 原子力産業國際化의 方向設定(對先進國調査, 對 開發途上國調査, 綜合調査) |
| 6. 放射性廢棄物處理處分對策 | 45 | 43 | 核燃料사이클의 各分野의 調査·檢討, 核熱의 産 業利用, 國際共同事業의 feasibility研究 |
| 7. 試驗研究의 推進 | 769 | 731 | 國際使用後核燃料中間貯藏構想의 概念成立可否 에 대한 調査(82年度限) |
| 8. 原子力開發關聯機器産業動 向調査 | 1 | 1 | 放射性廢棄物處理處分体制의 確立 |
| 9. 一般行政費 | 6 | 6 | 工業技術院傘下 試驗研究所의 原子力關聯試驗研 究의 實施(科學技術廳에서 一括 計上) |
| 合 計 | 1,164 | 1,059 | 當該産業의 内外環境變化의 調査, 分析과 對應策 의 檢討(高度技術集約型機械産業動向調査中) |
| | | | 原子力關係職員의 研修, 原子力關係圖書의 購入 에 必要한 經費等 |