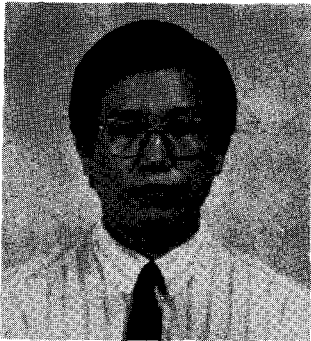


長期 에너지 展望과 不確實性 輕減을 위한 課題



編輯者註：이 글은 지난 10월 16日 개최된 韓國에너지經濟·政策
研究會 제3차 月例會의 討論의 기초자료를 정리 편집하여 수록
하는 것이다.

崔 基 鍊

(韓國電力公社 社長 補佐役)

1. 長期展望의 限界性

長期 에너지展望의 필요성은 여러가지 方法과 視角으로 기술할 수 있으나 에너지라는 財의 本연의 存在意義와 價値를 기준으로 할 때는 다음과 같이 記述할 수 있다.

(1) 장기에너지 수요량 추정 : 장기 LEAD-TIME과 LIFE-TIME을 가지는 에너지부문 投資決定에 기여

(2) 長期間에 걸친 에너지 System전반에 걸친 정보(Information) 확보 : 關聯政策形成, R/D프로그램 作成

(3) 石油 등 기존 고갈성 에너지 資源의 限界性에 입각하여 미래 에너지 System이 現system과 相異한 點들을 파악하여 變化要因 인식

(4) 에너지 生産과 消費 측면에서 발생하는 災害要因(Troublesome side effects) 파악과 그 해결방안 제시

따라서 長期 에너지 展望이란 作業은 에너지의 本원적인 가치인 Energy-Service형태 분석과 그 變化展望이 중심과제가 되고 實質的으로

는 에너지 System을 바람직한 방향으로 轉換하도록 하는 公共意思決定을 위한 情報基盤(basis) 구축에 있다고 하였다.

이에 長期에너지 展望의 目標은 선진국의 경우 持續的인 福祉(Economic well-being)제공의 可能性을 구현하는 것이고 개발도상국의 경우는 經濟社會開發 目標을 達成하는데 있어 에너지 부문의 기여도를 구체화하는데 두고 있는 것이 現實이기도 하다.

그러나 에너지 需要는 파생수요이며 에너지의 存在意義는 조명, 동력, 난방과 같은 에너지 서비스를 提供하는 데 있지 에너지라는 財의 自体에 있지 않다는 점에 유의한다면 에너지 問題의 解決方案은 經濟危機, 人口增加, 環境 惡化 등 궁극적 여타 解決課題와 연계되어 추구되어야 하며 에너지問題 獨단의 해결방안이 없다는 점을 인식하게 된다.

獨단적인 에너지문제 解決方案이란 존재하지 않는다는 점에서 展望이란 여타 인류 解決課題와 에너지問題를 연계하는 方法이 적절하지 않는다면 그 結果는 항상 불충분한 基礎위에서 출

발한 것으로 그 有効性에 限界가 있을 것이다. 이 한계를 일반적으로 不確實性으로 지칭하고 있다.

실제로 여러 國家들과 專門研究機關에 의해 많은 세계 長期에너지 需給展望案들이 제시되어 왔다. 특히 제 2차 石油波動 이후인 1981-82년에는 급격히 많은 展望案들이 발표됨으로써 2000년까지의 세계 에너지 與件變化의 概要를 알려주고 있을 뿐만 아니라 그 解決課題와 比견을 제시하여 주기도 하였다. 그러나 石油價格이 하락되기 시작한 1983年 下半期부터는 많은 機關들이 長期展望案을 자신있게 제시하기를 꺼려하고, 實際로 매우 제한된 定期刊行物 형태의 長期展望案만이 발표되고 있다. 따라서 長期에너지 展望의 한 구성요소인 石油價格의 變化에 따라 기존 展望의 논리적 基盤이 거의 붕괴된 현상은 에너지經濟學의 입장에서는 매우 심각한 意味를 가지고 있다.

기존 論理의 붕괴현상은 長期展望에 있어 제시된 전망치의 오류가 심각한 수준에 있어 信賴性 劣化와 급격한 展望值의 조정으로 나타나고 있다.

가장 권위있는 세계 에너지 展望案으로 간주되는 OECD 會員國들이 2000년 에너지 需要 展望案의 경우 1977년 展望案의 8,900백만 TOE에서 1982년의 展望案에는 5,338.7백만 TOE로 下向調整되었다.

또한 美國의 경우 1974년에 포드財團(Ford Foundation)이 실시한 에너지政策 프로젝트에서 2000년의 美國 에너지需要는 작업 당시와 큰 차이가 없는 100Quad로 유지될 것이라고 展望하였다. 그러나 石油波動 이후 石油 및 原子力, 天然가스業界에서 강력한 反對의견을 제시하고 安定供給을 염려하는 政府當局의 介入에 따라 이같은 포드財團의 전망안은 “無責任하고 근거가 빈약한” 것으로 간주되었고, 그후 2000년의 美國의 에너지需要는 150-170Quad에 달할 것이라는 많은 展望案이 속출하였다.

그후 10년이 겨우 지난 現시점에서 2000년의 美國 에너지需要는 85-90Quad로 展望되고 있으며 아직도 下向調整이 지속되고 있다.

위에서 언급한 바와 같이, 이와 같은 誤謬의 대부분은 에너지와 經濟成長間에 一定한 關聯性이 있다고 해서 과거의 實績에 나타난 에너지/GDP 혹은 에너지/GNP 指數를 그대로 未來 에너지 需要展望의 기초로 활용하였기 때문에 發生한 것이다.

그리하여 最近에는 에너지와 經濟成長 間에는 相關性이 弱化되고 있다는 前提下에서 積極적인 에너지 使用合理化 技術體系를 導入함으로써 선진국의 에너지需要增加가 거의 停止되는 展望案들이 마련되고 있다.

가장 좋은 예로서는 世界資源研究所(World Resources Institute)에서 발표한 “Energy For Sustainable World”라는 報告書에서 俗稱 “Goldemberg Group”이라는 전문가 그룹은 1980-2020년의 기간중 先進國의 GDP는 50-100퍼센트 증가하겠지만 1인당 에너지 消費는 현재의 절반으로 줄일 수 있다고 주장하고 있다. 따라서 기존 에너지 展望案들은 급속히 수정되어야 하며 에너지 시스템의 체계적 분석을 통해 보완되어야 할 것이다. 우리나라의 長期에너지 展望案도 그간 많은 오류가 있어 왔음을 보여주고 있다.

2000년도 에너지수요에 대한 1987년도 豫則案이 1987년에 비해 2배 이상 많은 數值이었음을 아래표가 보여주고 있다.

(단위 : 백만 T.O.E)

대상년도 예측기관 (연도)	1985	1991	2001
K. D. I. (1978)	83.8	141.2	278.1
K. I. E. R. (1985)		79.1	124.2
K. E. I. (1987)	실적 56.7	82.0	123.4

여기서 기존의 長期 에너지 展望의 研究方法論을 살펴보면, 그것의 거의 대부분은 需給均衡이 이루어지도록 部門別, 源別 需給構造를 조정한다는 공통점을 가지고 있다. 需給構造調整의 方法은 대략 다음 두 가지로 구분될 수 있다. 그 첫번째 方法은 假定된 經濟成長率에 따라 需要量을 추정하고, 추정된 需要의 충족을 위한 供給計劃을 非石油 에너지資源, 非 OPEC 石油로

우선 메우고 殘餘 供給量은 전부 OPEC 産 石油가 담당한다는 방식으로 구성하고 있다.

두번째 方法은 供給能力에 기초를 둔 것으로서, 각 에너지源別로 연도별 供給可能量을 산출하고 이에 대응하는 需要構成과 經濟成長 案을 마련하고 있다. 따라서 이 경우에는 에너지 供給量에 따라 微視的 및 巨視的 經濟構造의 連鎖的 調整作業이 뒤따라야 한다.

그러나 첫번째 方法의 경우, 經濟成長 및 構造의 變動과 같은 기본전제조건이 변화됨으로써 需要 및 成長패턴이 변화하는 경우에는 그 有効性이 쉽게 상실된다. 에너지節約과 油價上昇에 따른 經濟不況의 持續 및 에너지節約型 産業構造의 정착에 따라 세계 에너지 需要가 선진국을 중심으로 크게 둔화된 현시점에서는 에너지와 經濟와의 相關도가 종전에 비해 크게 변화되었기 때문에, 첫번째 方法에 의해 추정된 需要 자체의 有効性이 없어졌으며, 이에 따라 需要에 대응하도록 구성된 供給構造 역시 그 정당성을 인정받을 수 없게 된다.

두번째 方法은 需給均衡의 達成이라는 목적에 치중되어 있으므로, 에너지政策樹立의 역할이 에너지所要(혹은 needs)의 충족에 있다는 에너지問題의 근본적인 認識이 왜곡되어 있다는 評價를 면하기 어려우므로 그 論理性은 당연히 심한 비판을 받아 왔다.

그리하여 지금까지의 에너지展望의 方法論에 대한 전반적인 改善의 必要性이 논의되는 課程에서 종래의 方法論上의 未備點을 분석하는 研究가 활발하게 進行되고 있다.

주목할 만한 既存의 方法論에 대한 비판적 지적으로는 시나리오화 및 모델化 研究 가운데에서 가장 광범위하고 汎世界的인 것으로 評價되었던 IASA World Energy Model을 보면, 高速增殖爐, 大型 太陽에너지 및 石炭合成燃料가 2030년까지 광범위하게 使用된다는 전제하에 에너지 需給均衡이 달성될 수 있을 것이라는 그것의 研究結論은 매우 자의적인 것으로 비판되고 있다.

IIASA 展望에 대한 비판 중의 하나에 의하면, IIASA는 2030년의 세계 電力供給은 77퍼센트의

原子力發電과 8퍼센트의 石炭發電으로 構成될 것으로 예측하였다.

그러나 만약 原子力發電 單價가 당초 예상보다 16퍼센트 增加하는 경우에는 高速增殖爐는 실용화되지 않을 뿐만 아니라 2030년에는 기존 原子力發電이 全無하게 되는 상태로 변하고, 그 대신 石炭發電이 電力供給의 85퍼센트를 차지하게 된다고 한다.

여기서 2030년까지는 原子力發電 單價가 당초 豫想보다 16퍼센트 증가할 可能性이 충분히 있다고 認定되는 경우 IIASA의 광범한 World Energy Model의 有効性은 손상되고 만다. 그러므로 에너지展望의 有効性이 보장되기 위해서는, 관련되는 利益團體들이 展望의 方法論 設定을 둘러싼 주도권을 장악하기 위해 경쟁을 벌인 결과, 非論理的인 “妥協案”(Scientific Negotiation of Energy Forecasting)의 方法論이 採擇되는 것을 방지하는 것이 重要하다는 指摘에 대해서는 경청해야 할 것이다.

2. 長期 에너지展望의 不確實性 範疇

長期에너지展望에 있어 불확실성은 經濟社會 成長과 에너지 需要 성장간의 相關性 評價, 신 기술효과 分析, 價格效果 평가, 豫測方法의 採擇등에서 나타나고 있다.

이는 근본적으로 에너지問題 解決과 經濟危機 등 여타 global problem들 간의 trade-offs가 이루어질 수 있다는 인식이 있는 한 本源的으로 불확실성이 에너지문제 解決 對안에는 存在한다.

(1) 技術的 不確實性

에너지技術은 地球가 부존하고 있는 에너지 資源의 制約을 극복할 수 있는 能力을 제시할 것으로 기대되고 있다. 그러나 이와같은 기대가 現實化되는 데에는 많은 時間과 단계적 移行節次가 필요하다.

일반적으로 新技術의 實用化에는 科學理論의 妥當性 評價(scientific feasibility), 産業部門에의 適用 타당성 평가(technical feasibility) 및 商業的 實用化 타당성 평가(commercial feasi-

bility) 단계를 순차적으로 밟아야 한다. 이 移行 段階別로 많은 時間이 소요될 뿐만 아니라 모든 技術이 완전히 商業的 實用化 段階까지 도달한다고 보장할 수도 없다.

과거의 예로 보면, 특정 에너지源의 市場占有 率이 10퍼센트에서 50퍼센트로 增大되는데는 보통 50년이나 소요되었다.

그러나 많은 에너지 長期展望에서는 科學論理的 妥當性 評價나 產業的 實用化 타당성 평가만 겨우 완료된 시점에서 낙관적인 가정하에 商業的 實用化까지도 가능한 것으로 평가하였다. (중질원유, 사용후 핵연료, 석탄기화, 액화, 핵융합)

따라서 이와 같은 技術에 의거한 에너지供給 計劃은 그 수정이 불가피한 것이다. 原子力의 경우만을 보면, 1972년 石油波動 이전에 예측된 2000년의 세계 原子力發電 設備量 2-3000 GW는 現在로서는 500GW 이하로 축소, 조정되었는 바, 이는 電力의 需要의 減少에 기인한 것이라기 보다는 技術的 觀點에 기인한 면이 더욱 많다. 上述한 IASA의 展望에 따르면, 2020년까지는 2200-3700GW의 原子力發電容量을 확보하는 것으로 되어 있으나, 이를 위해서는 지금부터 2020년까지 每 6日마다 1000MW級 原子力發電所 1基씩을 완공해야 한다.

그러나 현재의 原子力產業의 施設能力이나 核燃料 확보, 처리 能力에 비추어 볼 때, 그것은 技術的으로 불가능하다는 지적도 있다. 거기에다가 技術의 “突破力”이나 學習效果(learning by doing)가 예상보다 늦어짐으로써 이것 또한 新技術의 活用을 전제로 한 展望의 有効성을 크게 制約하는 要因이 될 수 있다.

(2) 經濟的 不確實性

에너지展望에서 經濟的 不確實성은, 微視的 측면에서는 生産原價에 관한 豫測이 빗나감으로써 供給狀態에 대한 전망을 곤란하게 하고 있고, 巨視的 측면에 있어서는 經濟與件의 變化에 개재된 불확실성이 에너지需要豫測뿐 아니라 投資, 價格, 交易面에서의 將來豫測을 제약하고 있다. 生産原價와 관련된 에너지供給狀態에 대한 不確實性의 事例로는 油頁岩(oil shale)의 경우를 들 수 있다. 1970년 당시 油頁岩은 原油價

格이 배럴당 3달러를 넘으면 實用化될수 있을 것으로 예측되었다. 그러나 油價가 35달러에 달했어도 油頁岩의 生産原價는 油價를 상회함으로써 실용화되지 못하고 있다.

이러한 生産原價 예측에 관련된 不確實性의 原因으로는 尙술한 技術評價의 限界뿐 아니라, 市場規模, 政府規制, 에너지의 相對價格 水準 등을 들 수 있을 것이다. 그러나 주목해야 할 事項은, 에너지의 生産原價 豫測의 誤謬 중 가장 큰 部門이 間接費用(indirect cost)과 社會的 費用(social cost)의 評價를 소홀히 한 데 기인한 것이라는 점이다.

原子力發電所의 경우 建設投資費중 간접비의 비중이 1967年 着工分의 경우에는 26퍼센트이었으나 1974년의 着工分은 61퍼센트로 상승하였으며, 最近에도 이같은 추세는 계속되어 1981-83년 기간중 美國의 경우 投資費(利子제외) 가운데 직접비의 上昇은 연평균 15.8퍼센트에 불과하였으나 간접비는 연평균 67.1퍼센트나 상승하였다.

또한 당초 發電原價의 1퍼센트 이하로 생각되었던 使用이 끝난 原子爐의 철거비용(decommissioning cost)이 점차 늘어나 어떤 경우에는 費用規模面에서 초기 建設投資費와 거의 같을 것이라는 주장도 있다.

巨視的 측면에서도, 未來에너지與件의 展望에 필요한 經濟成長率(國別 및 地域別), 인플레이션率, 換率, 國家 投資資源 配分 등에 대한 豫測의 不確實性이 개재되고 있다. 換率의 경우 1981년 1/4分期에서 1985년 1/4分期 동안에 石油의 名目價格이 달러貨 기준으로는 도리어 60퍼센트나 上昇함으로써 이들 國家들은 속칭 “第三의 石油波動”을 겪었다. 따라서 이들 유럽國家들은 國際油價의 下落과는 상관없이 換率要因에 따라 독자적인 石油對策과 展望의 樹立이 불가피하였을 것이다.

(3) 政治的 不確實性

많은 에너지輸入國들은 에너지供給의 對外依存이 불가피하기 때문에 輸入國들의 政治的 安定性 여부에 따라 많은 영향을 받게 된다.

세계 에너지市場 역시 특정 國家 혹은 특정

地域의 局地的 政治危機에 따라 급속히 동요되고, 경우에 따라서는 에너지危機를 겪기도 하였다. 특히 自由世界の 에너지與件은 지속적인 中東地域의 政治的 不安定과 公산권의 에너지政策(對西方 에너지交易政策)의 不可能性 때문에 政治的 不確實性을 불가피하게 受容해야 할 實情에 있다.

自由世界 내부에서도 많은 政治的 이슈의 浮沈에 따라 에너지政策은 변화될 素地가 많다. 예컨대, 1970년대 초반 美國內에서 反戰運動, 西歐에서 최근까지 지속되고 있는 反核運動이 原子力發電에 미치는 영향은 지대한 것이었다.

3. 不確實性 輕減을 위한提言

長期 에너지展望에 있어 필연적으로 개재되는 불확실성을 輕減시키는 가장 근원적인 方法은 에너지라는 財의 役割을 정확히 규명하는 것이다. 이를 위해서는 우선 經濟學 등 隣接學問의 論理體系를 통해 에너지問題의 實體를 把握할 수 있는 理論的 準據를 명확히 하여야 할 것이다.

에너지의 生産, 變換, 輸送, 貯藏, 消費라는 循環體系를 하나의 SYSTEM으로 파악하는 노력이 있어야 한다. 이 과정에서 에너지 시스템 내부의 변화와 상호작용 뿐 아니라 經濟, 社會 등 外部 시스템과의 연계성도 충분히 把握, 評價될 수 있는 이론체계 定立이 요구된다.

이와같은 노력은 에너지問題 分析을 기존 特定學問의 體系 內部로 編入시킴으로서 끊임없이 變化하는 에너지 시스템을 固定化시켜 온 종래의 그릇된 視角과 研究方法을 是正함으로써만 可能的 것이다.

우리나라 長期에너지展望에 관한 최근 에너지 經濟研究院의 시안을 보면 향후 25년간 에너지 수요 증가는 세계평균의 2배 이상인 연평균 4.2%로 豫想되고 있으며, 그 結果 동기간중 소비 절대물량은 약 3배 확대된다.

그러나 향후 25년간 에너지 需要增加分의 84%를 輸入에너지에 의해 承擔하는 등 海外依存度와 石油依存도가 심화되고 安定供給與件 확보를

위해서는 에너지 部門에 대한 더많은 COST를 지불해야 한다는 것이 제시되고 있다.

여기서 우리는 이와같은 에너지 部門의 확대와 이에 따른 투자소요 增大 등의 과급효과를 考慮할 때 에너지 部門의 長期 位相에 관한 觀念의 變化가 요구되는 시기에 도달하지 않은지를 檢討하여 보는 것이 요청된다. 그 첫단계로 長期 에너지展望이 需要와 供給의 일치된 數値를 제시하는 需給表가 아니고 에너지의 經濟社會發展 등 文化體系 形成課程에서의 役割을 제시하는 VISON創出을 위한 思考와 接近方式의 전환이 있어야 할 것이다.

이러한 觀點에서 우리나라에도 이제 長期에너지展望 작업의 實質的인 내용이 未來豫測의 課程에서 VISON의 公정한 抽出與件 保障을 위해 필수적인 下記와 같은 展望作業 推進與件이 준수되었는지의 검정이 必要할 것이다.

-모든 관련이익집단의 意見 集積 : CONCENSUS달성의 公正성 保障

-전망의 基本 前提條件의 公開的 採擇

-모델 선정 및 結果 解析의 公開性

-研究, 分析 作業팀 구성 의 객관적 중립성
한편 現 在 우리 여건에서 長期에너지展望 작업의 발전적 改善을 위해 필요하다고 생각되는 措置들을 개인적 經驗에 의거 열거한다면 다음과 같다.

(1) 에너지POTENTIAL에 관한 情報의 科學的 分析, 評價體系 構築

-매장량, 부존량 概念의 정형화

*RESERVE, RESOURCES 개념의 구획

*新, 再生 에너지資源 가용량 평가

*MACKELVEY DIAGRAM 류 자원평가

기법 이론 도입, 개량, 매장량 概念의 動的 特性 활용 : 計測된 매장량, 認知可能 매장량, 추정가능량, 조건부 자원량, 궁극가용량 등으로 구분

-自立度 概念의 정립

*국산에너지의 정의 : 技術支援 等 감안

*개발수입등 安定的 對外確保手段과 기존 수입방법과의 차별화 여부

-BACK-STOP TECHNOLOGY개념 도입

(2) 需要分析 技法의 改善

- END-USE APPROACH의 確立
- * USEFUL ENERGY 기준 평가기법 도입
- * SOCIO-ECONOMIC ENERGY NEEDS 개념, 에너지 소요(REQUIREMENT)개념 도입 검토
- * USER'S COST 개념 도입 등으로 經濟性 평가 강화
- 非價格效果의 評價 強化
- * 에너지 체계 변화의 추적
- * 技術評價(TECHNOLOGY ASSEMENT) 制度의 정립

(3) 에너지 흐름(FLOW) 把握 能力의 강화

- 源別, 部門別 에너지 흐름圖의 동태적 分析
- * SANKEY DIAGRAM, 에너지 발란스표 作成

(4) 에너지 시스템과 餘他 시스템과의 相關性 評價의 강화

- 에너지/고용, 에너지/국제수지, 에너지/물가 등 신지표 개발
- 안정공급COST 개념의 도입 시도

(5) 海外 資料 활용 可能度 심의기능의 설치

- 海外資料의 생산배경, 目的 評價
- 國內 공식전망작업시 活用可能 資料 선정

(6) 에너지 需要 / 供給의 非對稱性 補完을 위한 政策機能 研究 強化

- 공급 : 소수, 強力한 영향력 보유, 중앙집중적 구조
- 需要 : 다수, 이산된 다양한 계층 따라서 供給者의 영향력이 압도적인 상황을 보정할 수 있는 政策機能 研究 및 評價方案의 강구
- 기존 HARD ENERGY PATH의 개선 可能性의 긍정적, 적극적 검토
- 수요 여건에 따른 供給의 유연성 개념 유의 과도한 中央集中式, 획일적 개념 再考

(7) 광범한 代案의 比較, 評價制度의 의무적 導入

- OBJECTIVE-SCIENTIFIC PARADIGM 위주에서 탈피 : EXPLICIT VALUE-BASED FORECASTING 시도
- BOTTOM-UP, BACKCASTING 기법 운용

(8) 에너지 計劃에 수반되는 投資所要 조달의 適正性 評價의 강화

- 에너지 부문 投資所要의 國家經濟資源配分の 적정성 면에서의 評價
- 投資 報酬率 산정 기준 설정

(9) 에너지 부문 확대의 制約要因 評價의 확대

- W.E.L.M.M류 외부 制約要因 : 評價基準化

