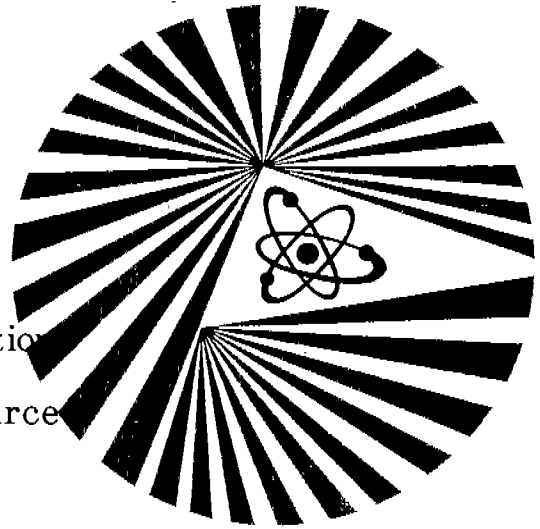


電源選擇을 위한 經濟性 評價

An Economical Efficiency Valuation
for the Selection of Power Source

(上)



한국원자력산업회의 제공

1. 序 言

國內賦存資源이 극히 빈약하여 에너지자원의 대부분을 海外로 부터의 輸入에 依存하고 있으며 그 輸入에너지의 約 40% 以上을 發電用으로 使用하고 있는 우리로서는 發電用 에너지의 選擇에 신중을 기하지 않을 수 없다.

특히 發電設備에 대한 投資는 投資의 公共性과 거대한 投資規模가 國民經濟에 미치는 波及效果로 인하여, 그 經濟性 比較에는 費用/收益概念에 입각한 相對的 利点의 比較는 물론, 投資의 非貨幣的 效果에도 큰 주의와 관심이 필요하다 하겠다.

本稿에서는 代表的인 發電原價 算定 接近方法을 소개하고, 經濟性 比較 特히 原子力과 石炭火力 發電所의 經濟性 比較에 영향을 미치는 變數들과 國內·外 여러기관에서 發表한 發電原價 比較例를 檢討하고 아울러 發電源 選擇을 위한 合理的 評價方法에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 發電設備의 經濟性 評價 接近方法

여기에 소개하는 發電設備의 經濟性 評價方法 以外에도 여러가지 方法이 開發되어 使用되고 있지만, 代表的인 方法은 다음의 네가지로 分類할 수 있는데, 이들 평가방법에 대하여 각각의 評價 概要와 特性을 살펴보겠다.

또, 各 方法에 使用되는 入力資料는 거의가 豫測되거나 推定되는 것을 인용하는데, 각 나라마다 각 경우마다 다르게 쓰이고 있다. 따라서 하나의 값으로 決定하기에는 資料推定의 信賴度가 낮기 때문에 그 結果를 意思決定에 使用하기 위해서는 入力資料의 蒐集과 作成過程을 多角的으로 신중히 고려하지 않으면 안된다.

가. 年度別 發電原價 (Annual Generating Cost)

年度別 發電原價는 各 該當年度 所要經費(資本 償却額, 運轉費, 燃料費)를 그 해의 生産電力으로 나누어 算出하는 方法으로 電力會社가 가동중인 發電所의 會計와 發電原價 提示用으로 사용하고 있으나, 未來의 投資에 대한 指針을 提示하지 못한다는 短点을 가지고 있다.

나. 均等化 單價 (Levelized Cost)

均等化 單價는 全 壽命期間(약 25년)동안의 所要經費(資本費, 運轉費, 燃料費)를 割引率에 의하여 現在價値로 換算하고, 그 값을 基準時點의 割引된 總 電力 生産量으로 나누어 算出하는 方法으로, 國家內 또는 國際間의 대등한 電力 서비스에 대한 投資選擇 比較의 合理的 基準으로 사용될 수 있다는 長點을 갖는다.

이에 反하여 既存 發電原價와의 關係 및 電力需要의 形態에 따라 設備利用率이 달라지기 때문에 推定이 어려울 뿐만 아니라 發電設備의 追加에 따라 기존의 발전소들의 經濟性이 변하고, 特히 分析資料로 利用되는 割引率, 建設費, 燃料費, 物價上昇率 등이 각 경우마다 달라질 수 있다.

때문에 이 算出方法에 의한 結果가 經濟性의 全部를 나타낸다고 結論을 내리는 데는 限界가 있다.

다. 電力系統 費用 分析 (System Cost Analysis)

System Cost는 全體電力系統의 所要經費에 미치는 영향을 代案別(需要, 投資 및 設備利用率 등의 假定)로 比較하는 方法으로, 即 全體의인 發電所 建設戰略이 세워진 다음 구체적으로 어느것이 얼마만큼 시스템에 기여할 수 있는지를 檢討하고, 長期電力 供給費用의 最少化를 위한 投資決定(發電所 型式 및 容量決定)에 사용된다.

또한 電源開發計劃 電算프로그램인 WASP (Wien Automatic System Planning)에서도 總生産 電力량을 固定시킬 경우 이 方法이 適用된다. 但, 總生産 電力이나 電力系統 構成을 이미 政策的으로 주어진 電力供給 不足確率(LOLP, Loss of Load Probability)이 要求值 以上이란 前提下에 全體 電力系統의 所要經費를 最少化하는 投資決定案을 提供한다.

그러나 이 方法에 의한 經濟性 結果値는 고려하고자 하는 特定시스템에만 意味가 있고, 시스템이 다른 國際間 比較에는 適用이 多少 制限的이며,

基礎資料로 사용된 電力需要, 割引率, 建設費, 燃料費, 運轉特性들은 모두 豫測 또는 推定値이며, 未來에는 변치않는다는 것을 假定하고 있기 때문에 그 結果를 그대로 意思決定에 使用한다는 것은 慎重하게 檢討되어야 한다.

라. 負荷形 發電費用 分析 (Screening Curve Analysis)

負荷形 發電費用은 각 發電設備에 대한 利用率變化에 따른 均等化 費用曲線을 導出한후 이를 負荷曲線의 각 水準에 對應시킴으로써, 最適電源構成을 代案別로 比較, 算出하는 方法이며, 단순히 投資費, 運營費等 費用 概念의 最適化뿐만 아니라 負荷形態에 따른 여러 형태의 發電設備에 대한 利用率까지도 고려하므로, 均等化 費用 分析方法의 利用率에 대한 假定과 電力系統 費用分析의 複雜性을 완화해 주고 있다.

따라서 이 方法은 未來의 시스템 構成을 위한 發電源의 最適 構成을 결정시키는 戰略을 세울 수 있는 長點이 있다.

反面에 分析對象이 한해 또는 주어진 期間內에 있어, 每年 需要의 變化에 따른 燃料費 變化, 發電所의 故障率 등의 反映과 既存設備 및 水力, 揚水發電所 등을 고려하기 어렵다는 短點을 가지고 있다.

3. 原子力發電所 經濟性 評價에 考慮되어야 할 事項

經濟性 比較, 特히 投資對象의 선택적 결정에는 비용/수익개념에 입각한 상대적 이점비교 및 투자자의 비화폐적 효과는 물론 2차적 파급효과 등의 복합적인 사항들이 고려되어야 한다. 이러한 의미에서 原子力發電所의 단순한 經濟要因만이 아닌 기타 여러가지 비계량적 요인들도 함께 살펴보고자 한다.

가. 發電原價

건설비의上昇, 자금조달여건의不確實, 建設工期 예측의 어려움 등에 의하여 發電所의 建設單價는 믿을만한 추정치를 얻기가 매우 어렵다고 할 수 있으며, 燃料費에 대해서도 5~10年 뒤의 국제 연료 市場에 대한 예측을 요하므로, 精確한 추정이 어려우며, 負荷變數에 수반하는 不確實性에 의하여 運轉特性(利用率·熱效率 등)도 精確히 예측하기 어렵다. 經濟性 評價에 영향을 미치는 잠재 변수들을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 建設費

建設工期, 부지조건, 發電所 형태 및 容量, 同一 부지내에서의 發電所 基數, 냉각방식, 認·許可條件, 차입자금이자, 예비비 감안을 등 여러가지 인자에 의하여 영향을 받는 發電所 建設費가 가장 比重이 크며, 이는 그동안의 기술축적과 경험을 통한 機資材, 設計, 시공의 표준化, 모듈化 推進 및 전문제작업체의 양성등으로 후속 標準化 發電所 建設에서는 最少 15% 이상의 절감효과를 기대하고 있으며, 불란서, 日本 等 原子力 先進國에서는 이미 現實化하고 있다.

(2) 利用率

運轉週期, 事故 및 計劃정지 등에 의한 發電所 利用率이 發電原價에 미치는 영향 또한 크다. 利用率 제고를 위한 운전주기 연장, 검사/보수기간 단축 및 고장예방등 努力으로 '90年代 75%, 2000年代 80%의 利用率 改善이 기대되고 있으며, 실제로 '84年 以來 연속 4年間 70% 以上の 높은 利用率을 기록하고 있으며, '87年度 國內 原子力發電所의 年平均 利用率도 79.9%를 달성한바 있다.

(3) 燃料費

核燃料費의 경우 發電原價에 미치는 영향은 화

석 연료에 비하여 매우 적다. 다시말해서 연료비變化에 따른 化石연료와의 經濟性 評價 결과에는 큰 차이를 보일 수 있으며, 특히 에너지 自立 및 자원증식이 가능한 기술의존형 에너지인 核燃料開發이 化石연료에 비하여 상대적으로 有利하게 評價되며, 日本·프랑스등 原子力 先進國들은 高燃燒度 核燃料 開發(發電量 증가)로 發電原價 인하에 크게 기여하고 있다.

(4) 기 타

그밖에도 建設費와 燃料費의 물가상승율에 대한 精確한 예측과 재무 조건을 고려한 建設중 이자(IDC)算定이 必要하며 原價比較를 위한 現가 할 인율의 새로운 기준이 마련되어야 할 것이다.

나. 運轉特性 및 給電 시스템

1) 原子力發電은 저렴한 燃料費 使用과 系統運用的 탄력성 내지 融通性 問題(負荷 추종能力 및 기동정지 特性)로 기저부하 전용(表 2 참조).

2) 特定한 電力系統 構成이 確定되면 주어진 負荷를 만족시킬 수 있는 最少 變動費(연료비+기동 정지비)의 기동정지 및 경제 급전 計劃이 決定되며, 이 최적 급전 계획에 따라 原子力發電의 利用率이 크게 영향을 받음.

다. 環境 및 立地 특성

1) 化石燃料 發電所의 SO₂, CO₂ 배출

산성비, 지구온도上昇(온실효과) 초래 및 분진 등의 중금속 유해 등 環境에 대한 영향이 크며, 특히 脫黃設備의 追加로 인한 약 20% 정도의 총 建設비 增加를 초래한다.

2) 石炭火力은 대규모 저탄장 및 회 처리를 위한 별도 부지가 必要하고, 부두, 접안, 하역설비가 原子力에 비하여 상대적으로 크므로, MW當 소요부지가 原子力의 약 2배이며, 국토 이용 측면에서 不利하다.

라. 其他 특성

〈표 1〉 國內 原子力發電所 平均 利用率 實績

연 도	'82	'83	'84	'85	'86	'87
이용률(%)	73.5	63.6	70.1	77.3	73.3	79.9

〈표 2〉 負荷 形態別 發電양식

부하형태	연 평 균 용 율	비 용 요 인	성 능 요 인	발 전 양 식
기저부하	60~65%	연료비 저 자본비 고	높은 신뢰도 및 고효율	수력, 원자력, 대규모 석탄화력
중간부하	25~30%	자본비 중, 고 연료비 중	신축성	소규모 석탄화력, 석유화력, 대규모 개스화력
첨두부하	10~15%	자본비 저 연료비 고	신축성, 순동성, 단기건설	소규모 석유 및 개스화력, 내연력 발전

〈표 3〉 原子力과 有煙炭 발전의 소요부지 규모

	용 량	소요부지(평)	평/MW	비 고
원자력	950MW×6기	총 88만 6천	약 160	영광원자력 발전소
유연탄	500MW×6기	총 93만	약 310	보령 화력 발전소

1) 석탄화력은 비축장소 및 費用問題로 인하여 6~12개월이지만, 原子力은 정상적인 비축가능량이 2年 以上으로 燃料供給의 安定性이 크며, 저장 및 수송과 취급이 간편하다.

2) 原子力 産業은 고도의 현대 기술 산업으로 국내기술의 선진화 및 기술 開發 과급효과가 상대적으로 크다.

4. 原子力과 石炭發電所의 經濟性 評價例

가. 年度別 發電原價(Annual Generating Cost) 算定方式에 의한 比較

(1) KEPCO 운영계획용

	원 자 력	유 연 탄
○발전원가(원/KWH)	17.48 (27.41)	23.50 (33.56)
고 정 비	13.38	8.83
연 료 비	4.10	14.67
○산출근거 및 방법	○고정비 및 연료비 연간 원별 결산실적을 연간 발전량 실적으로 나누어 산정 ○고정비 내역은 감가상각비, 인건비, 수선유지비, 경비, 공통비로 구성됨 ○()내는 지급이자를 포함한 발전원가임	
○산정 기준 자료	○1987년 실적 자료	

(2) KEPCO 전원계획용

	원 자 력	유 연 탄
○발전원가(Mills / KWH)	39.26	37.36
고 정 비(Mills / KWH)	31.85	20.35
연 료 비(Mills / KWH)	7.41	17.01
○용량 × 기수(MW)	950 × 2	500 × 2

	원 자 력	유 연 탄
○건설단가(\$ / KW)	1,399	840
○건설기간 (년)	5.8	3.8
○수명기간 (년)	25	25
○이 용 률 (전력공급부족확률(LOLP) 개념적용)	72	77
○소내 소비율(%)	6	9
○톤당 석탄가격(\$) (전년도 실적구매단가 적용)	—	45.36
○할 인 율(%)	10	
○재 무 조 건	IDC : 10%	
○물가상승률	불 고 려	
○산정기준년도	'88. 1	

주) 1. 建設單價 推定

- 原子力: 울진 1,2號機 건설단가 실적
- 有煙炭: 보령 1,2 및 삼천포 1,2號機 건설단가 실적 平均

2. 燃料費 推定

- 原子力: 均等化 單價
- 有煙炭: 전년도 실적 구매단가 적용

나. 均等化 發電原價 (Levelized Costs) 算定方法에 의한 比較.

	KEPCO		BECHTEL		A I F		D O E		E D F		CANADA		일 본	
	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C
발 전 원 가	54.89	51.44	74.9	105.3	122.3	148.3	45	44.1	22.8	35.0	30.2	24.7	22.74	34.18
자 본 비	44.27	28.15	48.22	43.31	51.2	40.8	31.2	17.7	12.1	8.2	18.3	10.5	10.01	8.67
연 료 비	7.43	20.01	16.69	53.01	24.4	74.8	8.5	22.4	6.4	20.9	5.1	9.4	7.53	18.14
운전유지비	3.18	3.29	10.0	9.0	26.0	21.0	5.3	4.0	4.3	3.5	6.8	4.8	4.29	4.30
기 타	—	—	—	—	20.8	11.7	—	—	—	2.4	—	—	0.91	3.07
운 전 개 시 년 도	'85	'85	'90-'91	'89-'91	'94-'96	'94-'96	'95	'95	'92	'92	'90	'90	2000	2000
건 설 기 간 (년)	5.8	3.8	6-7	4-5.5	8-9	5.5-6.5	11.5	7.5	6	4	—	—	—	—
용량(MW)×기수	900×1	500×1	997×2	500×4	1200×2	800×3	1200×1	600×2	1300×4	600×2	600×2	375×2	1000×1	600×1
건 설 단 가	1,737	1,069	2,192	1,794	2,226	1,719	1,660	965	7,453	5,430	1,483	837	520,000	440,000
금 액 단 위	'85US\$	"	'84US\$	"	'84US\$	"	'80US\$	"	'84FF	"	'82C\$	"	'83¥	"
이 용 률 (%)	65	65	70	70	65	65	65	65	70	75	80	80	70	70
수 명 기 간 (년)	25	25	25	25	30	30	30	30	25	25	30	30	16	15
소내소비률(%)	6	9	6	9	—	—	—	—	—	—	—	—	4	9

	KEPCO		BECHTEL		AIF		DOE		EDF		CANADA		일본	
	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C
건설단가비(C/N)	61.5%		81.8%		77.2%		58.1%		72.9%		56.4%		84.6%	
할인율 (%)	13		2.35		5.8		4.3		9		6		3.9	
물가상승률 (%)	불고려		외국: 6 국내: 10		인플레이: 4.9 실질: 2		인플레이: 7 실질: 2		항목별로 고려		핵연료: 6.9 석탄: 8.5		외국: 6 국내: 3.9	
재무조건	불고려		차관별 이자율 고려		자본 구성별 자본비용 고려		IDC 이자율 : 9.05%		-		-		-	
톤당석탄가격(\$)	53		50		53.46		51.1		47		12(캐나다)		54.1	
석탄가격상승	불고려		고려		약간 고려		고려		크게 반영		고려		자세한 예측(상승)	

※ 자료출처: 원자력과 유연탄 발전의 경제성 분석 기법에 관한 연구(한국과학기술원)

한국과학기술원(KAIST) 分析内容

※ 전제조건이 비슷하면서도 큰 격차를 보이는 KEPCO 資料와 EDF 資料

—建設期間이 비슷하고 利用率 條件 등도 비슷한데 建設單價比(C/N)가 차이를 보이는 것은 EDF 資料에서 建設單價 算定시 집중 발주에 의한 규모의 경제효과를 반영하고 있기 때문이다. 또한 두 자료가 決定的인 차이를 보이는 것은 자본비와 연료비의 比는 1:0.17인데 반하여, EDF에서는 1:0.53에 달한다. 이 比는 石炭에서도 1:0.71과 1:2.55로 커다란 격차를 보이고 있다. 이 차이는 주로 할인율의 차이에서 기인하는 것으로 보인다.

※ 같은 美國資料이면서 큰 차이를 보이는 AIF 와 DOE 資料

—우선 눈에 띄는 차이는 건설단가비에서 나타난다(77.2%와 58.1%).

미국 북동부와 같은 지역을 대상으로 하고 있음에도 이러한 차이를 보이는 것은 建設期間의 차이와 利率率 차이에 의한 IDC 차이에 기인한 것으로 보인다. 두 자료가 모두 EEDB 資料를 기초로 건설단가를 산정하였으며, CONCEPT 모형에 의해 投資費를 計算하였고, 發電原價 計算方法 및

다른 前提條件이 비슷하다는 점을 감안하면 建設期間 차이의 效果를 추산할 수 있다. 이는 AIF가 미국의 현행 건설기간을 고려하였다기 보다는 미래 原子力 産業에 有利한 여건이 조성되는 전제로 분석을 수행하였기 때문이다. 또한 DOE 資料에서 原子力 建設基數가 1基이고, AIF에서는 2基이므로 CONCEPT 계산 모형에서 원가절감 효과가 나타난다는 점도 지적하고 있다.

다. 綜合檢討

이상의 두가지 算定方法에 의한 發電原價에서 살펴본바와 같이 발전원가 산정 과정에서 經濟性에 영향을 주는 여러가지 變數 및 인자에 따라 다양한 결론이 도출될 수 있다.

이는 위에서 언급한 國內·外 주요 기관의 均等化 發電原價 資料를 여러 측면에서 분석한 한국과학기술원(KAIST)研究報告書에서도 잘 說明되고 있다.

요컨대, 發電原價 分析에 어떤 客觀的인 기준이 存在한다기 보다는 분석자의 입장과 주어진 여건에 따라 그 결과는 큰 차이를 보인다.

즉, 算定과정에서의 기초 자료의 객관화 作業에 큰 어려움이 있다. (다음호에 계속)