

代替에너지源으로서 原電의 經濟性

*The Economics of Nuclear Power as a Major Alternative
in Energy Supply*

Toshiyasu Sasaki (OECD Nuclear Energy Agency)

1. 序 論

OECD(經濟協力開發機構)의 原子力廳에서는 1983年 原子力과 石炭火力發電의 發電原價 比較에 이어 核燃料週期的 經濟性을 評價한 바 있다. 이에 의하면 原子力發電은 대부분의 OECD國家에서 石炭火力發電에 비해 發電原價가 저렴한 것으로 밝혀졌다.

에너지源의 선택시는 環境波及效果, 에너지源의 多邊化 등 다각적인 高찰이 필요하나, 經濟性評價는 특히 중요하므로 이후 原子力發電의 經濟性評價를 중심으로 高찰해 보기로 한다.

2. 發電用 支出

그림 1은 1,000MWe級 輕水爐와 石炭火力發電所의 所要經費를 定性的으로 나타낸 것이다. 이 그림에 의하면 두가지 發電方法의 經濟支出의 特性을 알 수 있다. 실선은 建設始作부터 運轉終了까지의 年間所要資金을 나타내며, 原子力發電의 경우 高準位廢棄物 및 使用後核燃料의 處理·處分費用까지 나타내고 있다.

이 그림에서 보는 바와 같이 原子力發電은 石炭火力發電에 비해 初期 投資費가 큰 반면 燃料費는 아주 적음을 알 수 있다. 또한 原子力發電의 경우 發電所廢棄後 15년부터 20년이상

使用後核燃料의 處理費用이 發生함을 알 수 있다.

점선은 年間 5% 割引한 후의 所要資金을 나타낸다. 割引을 하는 이유는 現在의 일정금액이 그 額面價 보다 더 價値가 있다는 단순한 원리에 입각해서이다. 그림에서 割引基準時點은 發電所竣工 直後이다. 投資費 위의 빗금친 부분은 建設기간중 利子를 나타내며, 原子力發電의 경우 石炭火力發電에 비해 建設이자가 매우 크다.

이는 原子力發電所의 경우 投資費가 크고 建設기간이 길기 때문이다. 割引後의 運轉維持費 및 燃料費는 割引前 보다 적어지며, 原子力發電의 경우 廢棄物 및 使用後核燃料의 處理·處分費用은 割引前 보다 아주 적어짐을 알 수 있다.

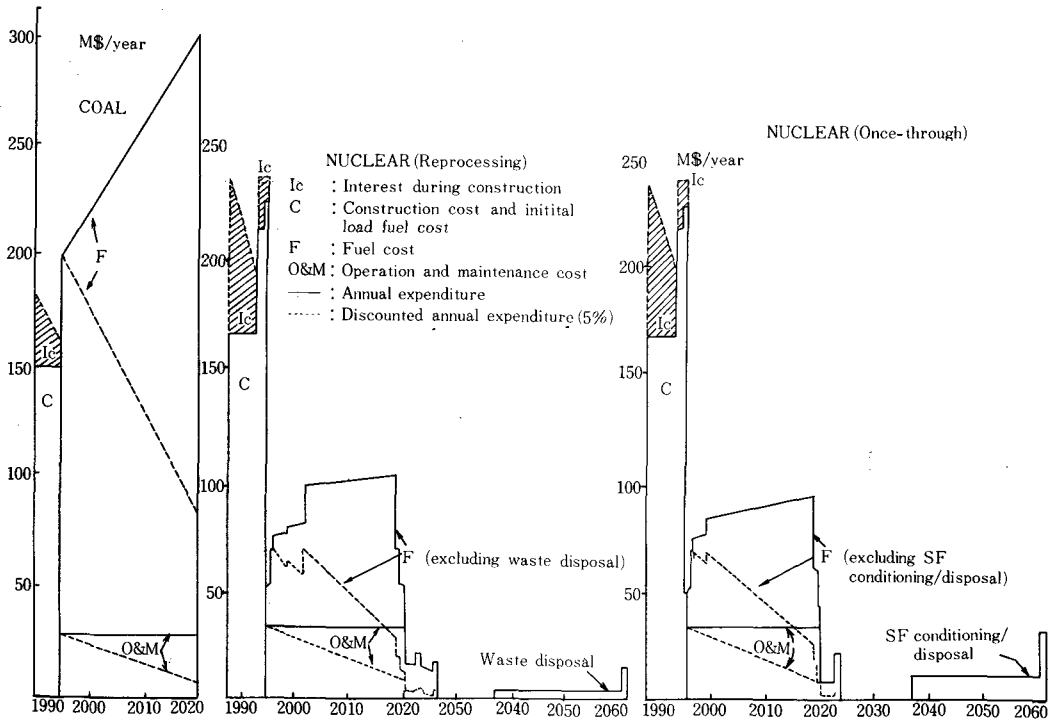
3. 發電原價의 算出

發電原價는 크게 세가지 方法으로 산출할 수 있다.

첫째, annual cost는 각 해당년도의 所要經費를 그해의 發電量에 배분하는 방법이며,

둘째, levelized cost는 전 수명기간 동안의 所要經費를 수명기간의 發電量으로 배분하는 방법이며,

〈그림 1〉 Annual Expenditure for 1,000MWe Power Station



세째, system cost는全體電力系統의 所要經費를 代案別로 비교하는 방법이다.

OECD의 研究에서는 國際間的 비교평가를 위해 discounted levelized bus-bar cost를 적용하여 發電原價를 산출하였다.

(1) 前提條件

a. 共通條件

各國別 發電原價 比較의 일관성을 갖추기 위하여 計算基準은 발전소의 수명은 20년, 負荷率은 70%, 割引率은 5%를 기준으로 하였다.

b. 各國別 特性

앞의 共通條件에도 불구하고 各國別 所要經費는 서로 다르다. 이는 각국별로 建設期間, 投資費, 豫備費, 施設容量, 多數機 建設, 冷却方法, 脫黃技術 등에 따라 初期投資費가 달라지며, 燃料費 算出의 前提條件도 각국별로 다르기 때문이다.

(2) 算定結果

各國別 原子力 및 石炭火力의 發電原價는 表 1에 나타난 바와 같다. 이 表를 보면 유럽과 일본에서는 原子力의 發電原價가 石炭火力의 發電原價에 비해 30~75%가 저렴함을 알 수 있다. 美國과 캐나다의 경우는 지역에 따라 發電原價가 상이한데, 캐나다 중부 및 대서양연안에서는 原子力이 유리하고, 미국 북동부와 남동부에서는 原子力이 약간 유리한 것으로 평가되었다.

割引率 10%를 적용할 경우에도 유럽과 일본에서는 原子力이 10~50%가 유리한 것으로 평가되었다.

또한 石炭價格이 20% 하락한 경우를 가정하였는데 대부분의 국가에서 原子力의 發電原價가 石炭火力에 비해 저렴하며, 미국의 경우에도 지역에 따라 原子力이 유리한 것으로 평가되었다.

〈表 1〉 Summary of Levelized Discounted Electricity Generation Costs

mills per kWh at Jan. 1st 1981

Country	Nuclear (D.R. 5 %)				Coal (D.R. 5 %)				Ratio Coal/Nuclear		
	Investment	Operation	Fuel	Total	Investment	Operation	Fuel	Total	D.R. 5 %	D.R. 10%	D.R. 5 % Coal price 80%
Belgium*	16.4	7.4	3.8	32.6	7.7	4.2	33.6	45.5	1.39	1.14	1.19
Canada ^{a)}	12.3	2.1	3.6	18.0	7.4	3.2	15.1	25.7	1.42	1.14	1.23
France*	13.2	4.7	9.0	26.9	10.8	3.8	32.5	47.1	1.75	1.50	1.51
Germany* F. R.	20.5	6.4	10.7	37.3	10.3	7.8	43.1	61.2	1.64	1.31	1.41
Italy*	12.9	2.9	10.1	25.9	7.3	2.5	30.9	40.7	1.57	1.30	1.33
Japan	17.4	6.1	9.9	33.4	12.3	5.5	32.6	50.4	1.51	1.25	1.32
Netherlands	20.9	4.8	13.2	38.9	10.3	5.3	34.8	50.4	1.29	1.09	1.11
Norway	16.4	5.7	10.1	32.2	10.7	5.6	29.5	45.8	1.42	1.17	11.24
Sweden	22.7	5.8	11.0	39.5	10.9	6.4	35.6	52.9	1.33	1.09	1.15
United Kingdom	37.0	4.4	12.1	53.5	22.5	4.5	49.6	76.6	1.43	1.18	1.25
United States ^{b)}	24.0	4.8	8.7	37.5	13.4	4.8	19.7	37.9	1.01	0.81	0.91

Note :-The figures for different countries are not directly comparable.

-Excluding taxes and similar charges

*Columns extracted from UNIPEDE, for Federal Republic of Germany only nuclear.

a) Figures for Central Canada

b) Mid-case projection for Chicago (mid-west region). The investment component for nuclear and coal plants includes a cost to refurbish and/or rebuild major equipment, a so-called "interim investment," in the 15th year of operation.

4. 核燃料週期 費用

原子力發電의 後行核燃料週期 費用이 불확실하고, 이 費用이 原子力의 發電原價를 상승시킬 것이라는 논쟁에 대해서 OECD 原子力廳은 철저한 분석을 시도하였다.

(1) 計算前提

a. 原鑛購買

우라늄原鑛은 長期契約과 spot market를 통하여 購買하게 되며, 所要物量の 90%는 長期契約에 의해 이루어지고 있다. spot market는 價格變動이 심한 편이나, 長期契約을 통한 경우는 價格變動이 적다. 본 계산에서는 \$32/lb U₃O₈을 기준으로 하고 매년 2%, 4%씩 상승하는 경우도 분석하였다.

b. 濃縮 및 加工費用

濃縮 및 加工은 현재 기술이 확립되어 있으며, 濃縮費는 新技術開發에 의해 長期的으로는 하락할 것으로 豫想된다. 농축비는 \$130/SWU를 기준으로 하고, \$100 - \$150/SWU의 價格變化를 고려하였다. 加工費는 \$190/KgU를 기준으로 하고, \$160 - \$210/kgU에 대해 분석했다.

c. 使用後核燃料의 貯藏費用

濕式貯藏費用은 처음에 \$40/KgHM이 소요되고, 매년 \$4/KgHM이 추가되는 것으로 보았으며, ±50%의 價格變動을 고려하였다.

d. 再處理費用

지난 10년간 재처리비용은 5배 상승하였다. 그 이유는 재처리기술의 변화와 엄격한 안전기

준에 기인하였다. 그러나 이후 재처리비용은 더 이상 크게 변화할 것 같지 않으며, 계산에서는 \$750/KgHM을 기준으로 ±\$250/KgHM의 변화를 주었다.

e. 處分費用

琉璃化된 廢棄物의 處分費用은 \$150/KgHM을 기준으로 \$75/Kg과 \$250/Kg의 변화를 주었다. 使用後核燃料의 處分費用은 \$350/KgHM을 기준으로 \$550/Kg과 \$150/Kg에 대해 분석하였다.

(2) 計算結果

計算前提의 基準案에 의할 경우 核燃料週期費中에서 原鑛은 40~45%, 濃縮은 30%, 加工 11~10%, 貯藏 2%(再處理時), 再處理 16%를 점하였다(表 2 參照).

5. 原子力의 經濟波及 效果

에너지源의 선택시에는 發電費用 이외에 長期的인 에너지價格의 安定性, 海外依存度, 總投資費 및 經濟開發效果, 再生不能에너지의 保存, 雇傭效果, 環境影響 등을 고려하여야 한다.

(1) 油類代替效果

1984년 OECD國家에서 總955TWh의 電力이 生産되었으며, 이는 1,600M barrel의 油類에 해당한다. 이를 비용으로 환산할 경우 500億\$에 해당하며, 油類價格의 安定化에 영향을 줄 것이다.

(2) 技術跳躍效果

原子力發電은 資本 및 技術集約的인 에너지源이며, 火力發電은 資源 및 人力集約的인 에너지源이다. 이러한 양상의 國家經濟效果는 産業構造 및 賦存資源에 따라 다르겠으나, 原子力으로 인하여 더욱 技術水準이 向上된다.

(3) 再生不能 에너지의 率效의 利用

化石燃料의 賦存限界를 생각해 볼 때 우리나라는 에너지源으로 사용되어야 하며, 後代에 귀중한 化石資源을 남겨줄 수 있을 것이다.

〈表 2〉 Levelized PWR Fuel Cycle Cost

(mills/kWh) at Jan. 1984

Component	Initial core	Reloads	Total
1. Reprocessing Cycle			
Uranium	0.45	3.03	3.48
Conversion	0.03	0.14	0.17
Enrichment	0.31	1.97	2.28
Fuel fabrication	0.18	0.70	0.88
Sub-total of front-end	0.97	5.84	6.81
Transportation of SF	0.03	0.11	0.14
Storage of SF	0.04	0.13	0.17
Reprocessing SF/ Vitrification waste	0.45	1.73	2.18
Waste disposal	0.02	0.06	0.08
Sub-total of back-end	0.54	2.03	2.57
Uranium credit	-0.06	-0.48	-0.54
Plutonium credit	-0.05	-0.23	-0.28
Sub-total of credit	-0.11	-0.71	-0.82
Total	1.40	7.16	8.56
2. Once-through Cycle			
Uranium	0.45	3.03	3.48
Conversion	0.03	0.14	0.17
Enrichment	0.31	1.97	2.28
Fuel fabrication	0.18	0.70	0.88
Sub-total of front-end	0.97	5.84	6.81
Transportation of SF	0.03	0.11	0.14
Storage of SF	0.14	0.51	0.65
SF conditioning/disposal	0.04	0.14	0.18
Sub-total of back-end	0.21	0.76	0.97
Total	1.18	6.60	7.78

6. 結論

化石燃料은 귀중한 資源이며 比效率的으로 사용되어서는 안 될 것이다. 각각의 에너지源은 각각 최상의 이용방법이 있으며, 原子力에너지는 아직 최적의 이용수준에 이르지 못하였다. 원자력에너지開發을 위하여 그동안 우리가 기울인 노력은 이러한 目標達成을 위한 추진력이 되고 있으며 꾸준히 지속될 것이다.