

原子力發電의  
經濟性

金 鍾 珠  
△韓國電力(株)副社長▽

I. 序 言

1972年度에 約 100億Kwh의 消費實績을 보였던 우리나라의 電力需要가 1981년에는 約 384億Kwh로 大幅 늘어날 것이 豫想되고 있다.

이러한 展望은 해마다 16.1%의 높은 年平均成長率을 뜻하는 것이다.

電力은 所謂 二次 에너지로서, 一次에너지인 石炭, 油類등 化石燃料나 原子力燃料인 核燃料(우라늄, 플루토늄, 토륨등), 그리고 水力이나 風力, 潮力 또는 地熱 등을 利用해서 生産된다.

그런데 國內 唯一의 化石燃料 에너지源인 石炭은 그 年間 採炭能力과 埋藏量에 限界가 있을뿐 아니라 供給源으로서의 壽命도 앞으로 20年內外가 고작이라는 判斷이 내려지고 있다.

또 하나의 資源인 水力에 있어서도 經濟性이 있는 地點을 모두 開發해 보았자 200萬Kw의 可用資源뿐이라는 것이 우리나라의 實情이다.

이렇게 살펴보면 우리의 에너지源은 現在도 그럭하지만 將次에 있어서도 그 大部分을 輸入에 依存하지 않을수 없다는 結論에 到達한다.

最近에 脚光을 받기 始作한 潮力發電도 初期投資의 過多(Kw當 1千弗 以上) 때문에 이것을 經濟的 에너지로서 開發하기란 그리 容易한 일이 아니며 우리가 潮力發電을 實用化할 時期는 먼 將來에 屬한다.

그런데 우리가 依存하고 있는 石油類마저도 最近 國際的인 「에너지危機說」로 關心의 焦點이 되고 있는 바와같이 계속적인 價格上昇과 더불어 國際적인 協調關係가 維持되지 않는限 供給의 安定性이 不確實할 것이라는 憂慮를 낳게하여 우리를 不安하게 만들고 있다.

이러한 여러가지 與件變動에 對處하여 우리앞에 다

---

I. 序 言

II. 經濟性的 比較

1. 建設費
2. 燃料費
3. 運轉維持費 및 其他
4. 展 望

III. 結 言

---

가을지도 모를 「에너지危機」를 解決하는 方案의 하나로 尙장 생각할 수 있는 것은 原子力發電 뿐이다.

흔히 우리는 原子力發電을 舉論할 때마다 그것이 과연 石炭이나 油類 등 化石燃料을 利用하는 火力發電所와 經濟的으로 競合할 수 있겠는가 하는 것을 걱정하게 된다.

그러나 原子力發電의 經濟性을 깊이 檢討해 보면, 우선 그 發電原價에 있어서 發電所의 規模가 지금 우리나라에 建設되고 있는 古里原子力發電所(約 60萬 Kw) 以上の 것에 있어서는 現在도 同一 規模인 火力發電所의 發電原價보다 低廉하며 將來에는 더욱 有利해 질 것으로 確信되는 것이다.

原子力發電의 利點은 비단 發電原價의 低廉뿐 아니라 燃料의 貯藏이나 輸送이 在來式 火力發電所와는 比較가 안될 程度로 有利하다는데 그 特性이 있다.

石油의 경우, 100日분만 儲蓄한다 하더라도 莫大한 施設投資가 必要할뿐 아니라 備蓄에 所要되는 運營費도 적지 않다는 點을 생각할 때 貯藏과 輸送이 지극히 容易하다는 利點은 原子力發電만이 갖는 커다란 特性이라고 말할 수 있다.

또 原子力發電은 煤煙과 排氣개스가 없기 때문에 火力發電에 比하여 越等히 깨끗한 環境을 維持할 수 있고 公害를 걱정할 必要가 없다는 長點도 지니고 있지만, 本稿에서는 이러한 여러가지 利點中에서 經濟性 즉 發電原價面에서 在來式 火力發電과 어떤 差異點이 있는가를 比較 考察함으로써 原子力發電의 經濟性에 대한 理解를 돕고자 한다.

## Ⅱ. 經濟性的의 比較

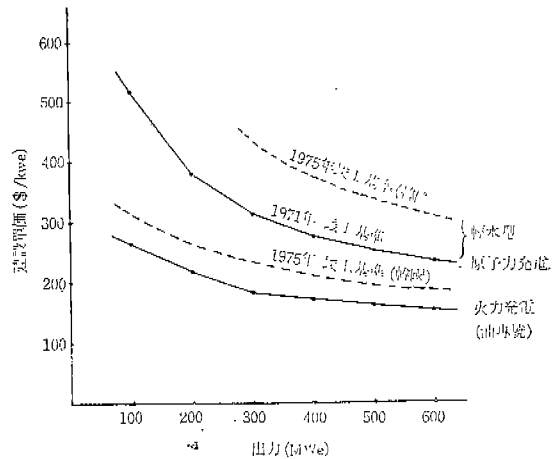
### 1. 建設費

原子力發電所의 建設單價(Kw當 建設費)는 單位機容量의 增大에 따라서 在來式 火力보다 더욱 急激히 줄어드는 趨勢을 나타내고 있다.

그 理由는 原子力發電所의 廢棄物 處理施設, 核裝置 및 燃料取扱裝置, 放射能測定器具, 用地費 등이 發電所 規模에 關係없이 거의 一定하기 때문이다.

「그림 1」은 原子力發電所와 火力發電所의 建設單價가 單位機容量의 增大에 따라서 점차 下降하는 傾向을 比較 表示한 것이다. 이 그림에서 보는 바와같이 原子力發電所는 上記와 같은 施設外에 人體의 保護를 위한

<그림 1> 原子力發電 對 火力發電의 容量別 建設單價



註: 1. 資料: Peaceful Uses of Atomic Energy Vol.6 (IAEA Conference 6-16 Sept. 1971)  
2. 點線은 1975年 韓國에 建設할 경우의 推定值임.

放射線 遮蔽裝置 등 不確實性을 커버하기 위한 安全裝置에 대한 過多한 投資 등으로 火力發電所 建設費보다 30萬Kw級에서는 約 60~80%, 60萬Kw級에서는 約 40~60% 程度 높다.

이와같이 初期投資에 있어서는 火力發電보다 높은 反面 燃料費에 있어서는 初期投資의 不利點을 커버하고도 남을만큼 火力에 比하여 低廉하다.

그러나 建設費에 있어서는 將次는 經驗의 蓄積에 따라 必要以上の 安全施設基準이 調整될 것이고 또 機器의 標準化 其他 技術向上 등으로 火力과의 格差가 점차 좁혀질 것이 豫想된다.

### 2. 燃料費

原子力發電所에 使用되는 核燃料費는 所謂 말하는 核燃料週期 各 要素의 價格에 影響을 받는다. 즉 鈾原礦→變換(6弗化 鈾酸, 氣體)→농축→酸化우라늄→燃料要素의 成形加工→爐內에서 燃燒(肉眼으로 보아서는 燃燒前과 다를바 없다)→使用済燃料의 再處理→一部 成形加工→爐內 燃燒 등으로 連結되는 一連의 週期要素에 依한 輕水爐(古里原子力)의 경우 核燃料費는 原礦값에 變換費, 濃縮費와 被覆材를 包含한 成形

加工費 등으로 構成된다.

이밖에 燃料費를 左右하는 要素로는 燃燒度(爐內에서 核分裂過程을 通하여 核燃料 相當 몇 MWD의 熱에너지를 發生하느냐 : 筆者註  $Mega\ Watt\ Day = Kwh$ 의 24,900倍 古里原子力發電所의 경우 23,900~31,100 MWD/TON 우라늄), 그리고 使用이 끝나 爐外로 搬出된 燃料속에는 아직도 相當한 價値를 지닌 核分裂性物質 U-235, Pu-239 등이 있으므로 이것들을 回收하여 金額으로 얼마만큼 收入이 될 수 있느냐 등에 關係된다. 이 使用濟燃料의 輸送에 있어서도 우선 輸送前에 3~4個月間 水中에서 冷却시켜 그동안 半減期가 짧은 核分裂生成物의 붕괴를 充分히 許容한다 하더라도 放射性이 強하고 더구나 爐內에서 또는 燃料의 放出時 被覆材에 破損이 나면 周圍物質까지 汚染시킬 危險性이 있어 그 輸送에는 重量이 큰 放射性 遮蔽容器가 必要하게 되어 그 費用도 커지게 된다.

以上과 같은 여러 條件을 考慮하면 核燃料費는 燃料의 缺損分(使用前 濃縮우라늄 價値와 使用後 濃縮우라늄 價値의 差異)과 成型加工費, 使用濟燃料의 再處理費, Pu 利得(우라늄이 燃燒하는 過程에서 우라늄 238로부터 生成되는 核分裂性 物質로서 이것을 回收하여 收益을 取할 수 있다), 輸送費 등 一連의 複雜한 計算을 要한다.

燃料의 管理方法도 燃料費에 큰 影響을 미치는데 多

### 原子力과 油專燒火力의 建設單價 및 發電單價 試算

<表 1>

		火 力		原 子 力	
出 力		600MWN		564MWN	
建 設 單 價		181 \$ /KWN		308 \$ /KWN	
年 間 固 定 費 率		10.16%		10.16%	
發 電 所 利 用 率		80%		80%	
推 定 發 電 單 價		mills/Kwh	占有率 (%)	mills/Kwh	占有率 (%)
	固 定 費	2,624	32.6	4,465	67.2
	燃 料 費	5,175	64.3	1,827	27.5
	運 轉 維 持 費	0.252	3.1	0.298	4.5
	核 保 險 費	—	—	0.052	0.8
計	8,051	100.0	6,642	100	
		(3.22 \$/Kwh)	—	(2.66 \$/Kwh)	—

註 : 1. 600MW級 原子力과 火力의 發電原價는 약 56錢의 差異가 있음.  
2. 1975年度 竣工基準임.

領域에 依한 燃料集合體 配置方法은 燃料週期費에 큰 利蝕을 준다.

1975年末 竣工基準 60萬Kw級 原子力發電所의 境遇, 以上の 여러 條件을 反映하여 核燃料費를 試算한 結果는 <表 I>에서 보는 바와같이 0.73원/Kwh(火力發電의 境遇 2.07원/Kwh)로서 全體 發電原價의 27.5% (火力은 64.3%)를 占하고 있다.

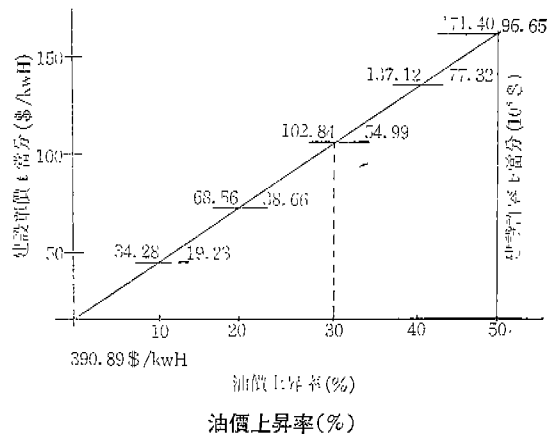
### 3. 運轉維持費 및 其他

一般의 原子力發電所의 運轉維持費는 火力發電所의 그것보다 약간 높다. 그 理由는 機器와 部品品 價格이 비싸고 維持補修作業도 低水準이긴 하나 放射性이 있는 環境에서 遂行될 경우가 있기 때문이다.

한편 在來式 火力에서는 必行치 않은 核保險料가 原子力發電에서는 또 하나의 原價構成要素로서 追加된다. 이것은 發生確率은 거의 없지만(例컨대 100萬년에 1回程度의 確率) 萬一 重大한 核事故가 發生하였다고 假定할 境遇 人命被害에 대한 補償과 財產被害 등 產

#### <그림 II> 油價上昇率에 따른 許容建設單價增分 前提條件 :

- 1) 基本油價 : 8.93₩/l(4,968mills/Kwh) (1973年 9月 現在)
- 2) 發電所利用率 : 80%      1mill=1/1000달러
- 3) 年間固定費率 : 10.16%
- 4) 現油價基準許容建設單價 : 390.89 \$ /KWN



註 : 現油價基準時 600Mwe級의 許容妥當建設單價는 約390 \$/Kw로 推定되며 가령 油價上昇 30%의 境遇 許容建設單價는 現油價基準 許容建設單價 390.89 \$ /KWN에 許容增分 102.84 \$ /KWN를 合한 493.73 \$ /KWN가 되며 總建設費許容增分은 57,990,000 \$이 된다.

災額이 電力會社 혼자서는 감당하기 어려운 程度로 龐大할 것을 豫想하여 이에 對備하기 위한 核保險 附保 措置를 取하는데 이 費用을 原價로 算入하기 때문이다.

以上の 여러 原價要素를 모두 網羅하여 同一 規模의 原子力과 在來式 火力의 經濟性을 試算 比較한 것이 表 1이다. 여기서 알 수 있는 바와같이 原子力은 高價의 初期 投資로 인한 固定費가 높음에도(發電單價의 67.2% 占有) 不拘하고 燃料費의 低廉 및 火力燃料費의 相對的 高價(發電單價의 64.3% 占有)로 因하여 全體 發電單價는 火力보다 低廉한 것이다.

한편 요즘과 같이 國際油價가 激變하고 供給安定性

마저 不確實한 狀況에서는 油價變動이 原子力의 經濟性에 미치는 影響을 考察해 보는 것도 重要한 것으로 생각된다. 「그림 II」는 油價變動이 60萬Kw級 原子力發電所(1975年 竣工基準)의 許容建設單價에 미치는 影響을 圖式化한 것이다.

여기서 알 수 있는 바와같이 現行 油價(8.93원/l)를 基準한 경우 原子力은 390弗/Kw以下로 建設하면 充分한 經濟性이 있음을 나타내고 있다. 앞으로 油價가 더욱 높아져서 가령 30% 上昇할 境遇는 假定하면 原子力이 油專燒火力과 競合할 수 있는 許容妥當建設單價는 約 493弗/Kw(390弗/Kw+許容增分 103弗/Kw)로 늘어났다. 古里原子力의 경우는 앞으로 多少의 變

1977年 4月 및 1978年 竣工 100萬Kw級 建設費推定比較

<表 2>

單位：美貨 100萬弗

區 分	原 子 力			石 炭 專 燒 火 力		
	1977	占有率(%) (1977)	1978	1977	占有率(%) (1977)	1978
原子爐設備(NSSs)	40.0	11.8	...	...	...	...
在來式火力汽缶	...	...	...	20.9	7.6	...
터빈 發電機	30.4	9.0	...	19.9	7.2	...
建設 資材 및 機器	43.5	12.9	...	53.1	19.3	...
建設勞務費	54.7	16.1	...	50.7	18.5	...
直接費計(1971 價格基準)	168.6	49.8	168.6	144.6		144.6
1978년까지의 要追加費用傾向						
A. 安全基準變動에 따른 追加			5.0			...
B. 放射線放出減小(Near-Zero)			5.0			...
C. 亞黃酸개소除去設備			...			33.0
D. 冷却塔設置(自然通風)			8.0			6.0
E. 發電所利用率向上			2.0			4.0
F. 品質保障 및 管理(QA/QC)			1.0			2.0
G. 造景費用			0.8			0.4
直接費計(1978年 基準)			190.4			190.0
設計 및 技術檢討等 專門의 役務費	23.8	7.0	23.8	13.6	5.0	13.6
其他 間接費	18.6	5.5	18.6	15.4	5.6	15.4
基本建設費	211.0	62.3	232.8	173.6	63.2	219.0
豫備費	13.5	4.0	15.2	11.4	4.2	15.0
物價上昇(1978年 運轉基準)	61.9	18.3	92.6	56.7	20.6	96.5
建設利子	52.1	15.4	62.0	33.1	12.0	45.3
總 建設費	338.5	100.0	402.6	274.8	100.0	375.8

資料：Peaceful Uses of Atomic Energy. Vol 2. (IAEA Conference 6-16 Sep. 1971)

設費 上昇要因이 있다하더라도 앞에 말한 390弗/Kw 보다 훨씬 낮은 建設單價로 建設될 수 있으므로 經濟性이 充分하다는 것을 立證하는 것이다.

#### 4. 展 望

지금까지 考察해 본 바와같이 現在의 諸 經濟的 條件下에서도 古里와 같은 規模이면 在來式 火力과의 經濟的 競合性은 充分한 것으로 判斷된다.

그러나 各 發電方式의 經濟性은 相對的인 것이고 이들 各 發電方式의 經濟性에 影響을 미칠 主要 經濟的 技術的 諸條件의 變動으로 相對的 經濟性은 影響을 받게 되는 것이므로 將次를 展望해 보는 것이 매우 重要하다.

앞으로 經濟性에 影響을 미칠 主要 要素는 建設費의 增加와 燃料費 上昇으로 크게 나눌 수 있다.

첫째, 建設費 增加에 있어서는 世界各國의 一般의인 傾向으로 技能工의 勞價上昇, 機資材代 및 金利上昇, 環境保護問題와 關聯되는 設備追加로 因한 建設費 增加, 品質保障 및 安全基準의 變動에 따른 追加費 등으로 建設費가 增加해 온 것이 通例이다. 앞으로도 이와 같은 傾向은 相當期間 持續될 동안 것으로 展望되지만 物價上昇과 品質保障 그리고 安全基準의 嚴格化 傾向이 없다면 建設單價는 同一製品の 生産, 建設過程용 되풀이 함으로써 얻을 수 있는 原價節減이 可能한 것이다.

物價上昇에 依한 影響은 在來式이나 原子力이나 大體의 同이라고 보여진다. (表2의 物價上昇項 參照)

Kw당 建設費가 1978年을 基準할 때 100萬 Kw 級 超大型機에 있어서도 原子力인 境遇 402.6 弗, 火力인 경우 375.8弗로 나타나는 것은 1976年 竣工豫定인 古里原子力の 308弗에 比하여 大容量으로 因한 利得이 있음에도 不拘하고 相當히 높고, 特히 火力인 경우 서울火力 5號機 ((1971年 竣工)의 150弗/Kw, 嶺南火力 2號機(1671年 竣工)의 147弗/Kw, 및 湖南電力(1972年 竣工)의 165弗/Kw에 比해 보던 物價上昇에 依한 建設費 增加가 얼마나 큰가를 알 수 있다.

勿論 여기에 列擧한 우리나라 發電所들은 油專燒 火力이지만 石炭專燒인 경우 約 15~20%의 建設費가 加算되어야 한다는 點을 勘案하더라도 物價가 繼續 上昇 趨勢에 있다는 것을 알 수 있다.

특히 <表2>에서 物價上昇까지를 包含시킨 直接建設費

가 原子力이나 在來式이나 大體로 같다는 點과 總建設費에서도 不過 10% 內외의 初期投資 差異밖에 없다는 點은 注目할 必要가 있다.

原子力에서 品質保障이나 安全基準의 嚴格化에 따른 費用追加가 豫想되는 反面, 在來式에서는 公害防止를 위한 亞黃酸 除去設備(Kw當 17~38弗 所要)로 因한 經費追加가 不可避할 것이다. <表2參照>

또 在來式火力에서는 이미 技術的인 飽和狀態 即 繼隔한 技術改良으로 因한 經濟性 向上의 餘地가 거의 없는 反面, 原子力技術은 아직도 開發의 餘地가 많고 容量의 大型化 및 機器의 標準化로 더욱 더 經濟性을 改良한 餘地가 남아 있는 것이다. 이와같이 보면 原子力과 在來式火力間의 投資費面에서의 隔差는 앞으로 더욱 그 幅을 줄여갈 것으로 展望되고 있다.

둘째 燃料費에 있어서는 在來式, 原子力 共히 上昇하여 왔으며 앞으로도 계속 上昇할 것이 豫想된다. 核燃料費의 主要 構成要素는 前述한 바와같이 우라늄 原鑛代, 濃縮費 및 成型加工費 등인바 우라늄 原鑛代는 現在 약 8弗/LB이며 이 程度의 水準이 相當期間 持續될 展望이다.

最惡의 경우 2배로 上昇하여 16弗/LB로 된다 하더라도 Kw當 燃料費 單價 增分은 0.5mill(20錢) 程度에 不過한 것이지만 이와같은 價格變動이 不遠한 將來에 있으리라는 展望은 없다.

濃縮費는 美國原子力委員會의 價格政策에 依하여 年 2%씩 引上하도록 되어 있다. 成型加工費는 勞價과 材料費 등 物價上昇率 以上의 폭넓은 上昇은 없을 것으로 보는 것이 妥當하고 오히려 物價上昇을 前提하지 않는다면 技術向上으로 下落할 것을 期待할 수도 있다.

한편 在來式 火力의 主燃料인 石炭이나 石油價格은 低硫黃分の 良質炭 또는 良質油의 確保, 深部採掘, 產油國의 政策 등으로 因하여 國際價格이 더욱 높은 率로 上昇할 것이 確信하다.

이렇게 볼 때 核燃料나 在來式 燃料나 모두 그 값은 上昇할 것으로 豫想되지만 燃料費 隔差는 原子力發電에 더욱 最利한 方向으로 變遷해 갈 것으로 展望된다.

### Ⅲ. 結 論

原子力發電이 石炭이나 油類燃燒火力보다 經濟的인 面에서 볼 때 現在도 有利하지만 앞으로는 더욱 有利 <P33에 계속>

<表 2>

미국, 일본의 주요 家庭用 電氣機器 보급율추이  
(단위: %)

		전 기 냉장고	전 기 세탁기	전 기 소세기	에어콘
1966	미 국	99.5	87.4	83.5	24.2
	일 본	58.8	67.8	36.0	...
1967	미 국	99.6	88.2	90.6	29.9
	일 본	65.0	71.6	42.2	...
1968	미 국	99.7	94.3	92.0	36.7
	일 본	72.2	75.4	48.0	...

자료 : 대한전기협회간행 "전기공업 육성에 관한 조사연구 1970.4"

주 : ...표는 미상임.

출優待조치와 업계의 개편 등 국가의 강력한 産業保護 政策에 힘입어 大規模生産體制는 原價의 節減을 가능케 하여 강력한 國際競爭力을 갖게 되었다. 특히 이탈리아 제품은 「심플한 디자인의 값이 싼 제품」으로 특화함으로써 製品差別化에 성공하였다.

<表 3>

서독, 이탈리아의 주요 家庭用 電氣機器 보급율추이  
(단위: %)

		냉장고	세탁기	조리기	온수기
1964	서 독	61	43	50	19
	이탈리아	42	22	5	13
1965	서 독	71	51	51	20
	이탈리아	45	27	5	14
1966	서 독	76	55	55	22
	이탈리아	48	33	5	16

자료 : 대한전기협회간행 "전기공업육성에 관한 조사연구 1970.4"

오늘날 냉장고, 세탁기 등 주요 가정용 전기기기의 先進國市場은 普及率이 높아 제품의 更新에 따른 更新 需要에 의존하고 있는데 開發途上國은 도입하는 단계에 있으며 본격적인 성장기에 있다고 볼 수 있다.

<해의 중화학공업 정보 : 한국산업은행간>에서 전체

< 8에서 계속>

해질 것이 確實視되기 때문에 現在 約 45%의 工程進度로 建設工事が 한창인 古里原子力發電所 外에 第二, 第三의 大規模 原子力發電所의 建設이 計劃되고 있음은 多幸한 일이다. 原子力이 火力보다 有利하다고 해서 將次 建設할 火力을 全部 原子力으로 바꾸지 않고 新規 建設分의 約 半은 原子力으로 하고 나머지 半은 火力이나 水力 또는 其他의 方式으로 充當하고 있는 것이 우리나라 電源開發 計劃의 性格이며 또 先進外國에서도 비슷한 패턴을 취하고 있다.

그 이유로는 두가지를 들 수 있다.

첫째는 原子力의 初期 投資가 너무 크기 때문에 財源調達에 問題가 있고 둘째로는 原子力은 아직도 그 遷轉歷史가 짧기 때문에 在來式 火力보다는 어딘지 모

르게 速의으로 原子力에 依存할 만큼 安心이 안된다는 點이 없지 않다는 것이다.

우리나라는 에너지 資源이 넉넉치 못하여 어차피 그 大部分을 輸入에 依存하여야 하므로 에너지 供給源의 多元化라는 見地에서나 經濟性面에서나 最小限 앞으로 建設될 發電所의 半은 原子力으로 하여야 할 것이다.

第四次 經濟開發5個年計劃末인 81년까지 每年 約 百萬Kw의 發電所가 竣工되어야 할 것을 생각하고, 200萬 내지 250萬Kw의 原子力發電所가 竣工 稼動되어야 할 것을 생각하면 가장 어려운 問題, 또 解決되어야 할 問題는 技術者 및 技能工의 養成確保와 莫大한 投資財源의 獲得問題로 壓縮될 것인바 이러한 課題들만 解決된다면 原子力이 우리나라 發電의 主宗을 이루게 될 날도 멀지 않을 것이다.