

# 電力의 貯藏과 發電시스템

三井原 彬

(關西電力(株) 總合技術研究所)

## 1. 序 言

### 〈1〉 에너지 시스템과 에너지貯藏

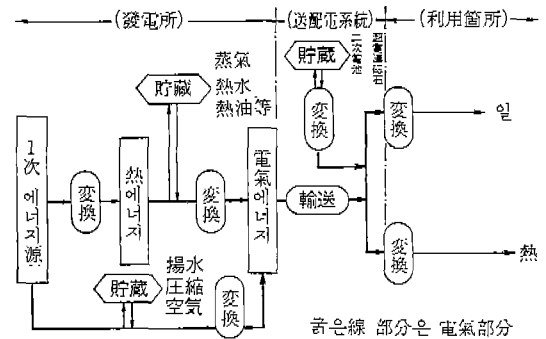
化石燃料 등과 같은 枯渴性인 것과 水力과 같은 非枯渴性인 것으로 다르기는 하나 에너지는 그 包藏에서부터 시작하여 最終적으로 環境에 放出되기까지는 變換과 移動 및 貯藏에 관한 많은 過程을 겪게 된다.

空氣에너지는 各種에너지로 變換 또는 輸送하기가 容易할 뿐만 아니라 效率적으로 널리 쓰이게 되는 큰 特徵이 있으므로 上記 에너지 시스템 중에서는 二次에너지로서의 中樞的 地位를 차지하고 있다.

### 〈2〉 電力系統과 “貯藏發電”

電氣에너지는 直接 이것을 貯藏하기에는 困難하나, 各種에너지로 變換시켜 貯藏하였다가 必要時에 再變換함으로써 回收가 可能하며, 現在 사용되고 있는 揚水發電(地上式) 외에도 大規模貯藏에 적합한 여러가지 方法이 研究中에 있다. 電力系統에 있어서 尖頭負荷에 對處하는 것 등을 目的으로 하는 이와 같은 「可逆的發電 시스템」을 「貯藏發電」이라고 稱하기로 한다.

[그림 1]은 電力系統에 있어서의 各種貯藏發電方式의 位置를 表示한 것이다.



[그림 1] 電力系統과 貯藏發電

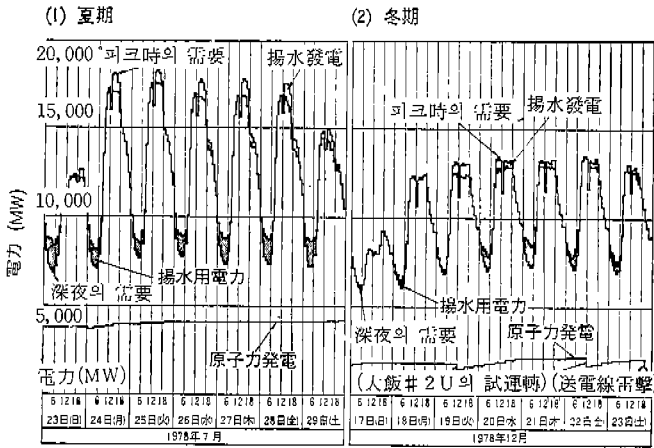
本文에서는 貯藏發電方式을 評價하는 데 必要한 概念, 즉 電氣事業의 로드레벨링 및 評價方法에 대해서 概述함과 同時에 揚水發電(地下式) 其他 一部の 新方法에 대해서도 紹介하고자 한다.

## 2. 貯藏發電의 必要性

### 〈1〉 電氣事業의 負荷曲線

電力需要는 때때로 任意로 變動하게 되나, 日遇, 年을 週期로 하는 變化가 顯著하다.

[그림 2]는 夏期와 冬期の 代表的 負荷曲線



〔그림 2〕 電氣事業의 週間負荷曲線

을 각각 1 週間分에 대해서 連續的으로 表示한 것이다. 즉, 1 日 중에는(休日除外) 9~12時와 13~17時에 피크가 나타나며 1~7時 사이에 골(谷)을 形成한다. 週間에 있어서는 週末 休일이 輕負荷이고, 年間에서는 夏期 冷房關係의 需要에 따른 特徵的인 피크(年間 最大電力의 約 36%에 該當함)가 追加된다. 한편 春秋季節에는 冬期和 別差없으며, 日沒이 빠른 季節에는 16~19時사이가 增加될 정도이다.

이와 같은 狀況下에서, 發電設備의 利用率에 密接하게 關係되는 作負荷率을 보면 日本 關西電力의 경우 53%(77年度)에 머물고 있다.

### 〈2〉 發電設備의 最適構成에 의한 電力原價의 低減

發電 및 流通設備에 直接 또는 間接으로 關係되는 固定費가 電力原價에서 차지하는 比率이 높은 것은 電氣事業의 特徵이며, 負荷率의 低下는 固定費를 한층 引上시키는데 有利하다. 이 때문에 自流式水力은 그 出力을 調整하여 有效하게 利用함은 勿論이며, 固定費는 비싸나 可變費(主로 燃料費)가 싼 原子力을 베이스에 두어, 피크負荷用에는 可變費는 多少 비싸나 固

定費가 싼 設備를 하여 總括原價를 最少로 하지 않으면 안된다는 것이 重要한 일이다.

### 〈3〉 로드 레벨링의 必要性和 貯藏發電

換言하면, kW당 建設單價가 比較的 싼 피크 供給力을 얻게 된다면 原子力이나 베이스火力에 要求되는 實效的인 피크 負荷가 減少되며, 電力原價의 低減을 期할 수 있다.

또 深夜 등 輕負荷時의 供給力을 구성하는 原子力이나 베이스火力은 피크時用 火力에 比해서 增分 燃料單價가 싸므로 피크時의 負荷를 深夜로 移行하는 것이 經濟的이다. 또 深夜의 增分 燃料(需要에 따라서 차낼 수 있는 出力을 平滑化한다)가 原子力인 경우\*에는 化石燃料 節減에 貢獻된다.

深夜電力 등의 料金制度는 이와 같은 뜻에서 需給兩者에 대해서, 또 넓은 意味로 에너지節約面에서 보아 意義가 있다. 예컨대, 日本 關西電力管内의 深夜電力契約을 보면 이미 30萬口를 超過하여 120萬kW程度에 달하고 있다.<sup>1)</sup>

한편, 積極的으로 深夜電力을 貯藏하여 이것을 原資로 하여 피크時에 發電하는 貯藏發電으로서, 이른바 揚水發電所가 차례로 建設되어 이미 有力한 피크 供給力으로서의 位置가 確立되어 있다.

이와 같이 로드 레벨링에는 事業者側에서 하는 경우와 需要家側에서 하는 경우가 있으나 一般的으로 좁은 意味로서 前者를 意味한다. 더구나 對象으로 하는 피크時間이나 回收가 特有的인 것(豫備的 發電設備는 極端的인 例이나 週間에 每口 4~7時間정도 運轉하는 것까지 包含하는 수도 있다)에 對해서는 別途 表現으로 피크세이빙이라고 하기도 한다.

\* 連續運轉되는 베이스火力의 出力은 定格出力의 約 1/3을 下限으로 하므로, 여기에 原子力을 加한 것보다 需要가 減少되는 경우.

#### 〈4〉貯藏發電의 目標

貯藏發電은 負荷曲線의 골(谷)을 메울 때에貯藏된 에너지를 피크時에 利用하여 發電함으로써 負荷曲線을 實効的으로 平準化한다는 것, 즉 로드 레벨링을 目標한 것이다. 負荷曲線의 골을 메우는 方法으로는 그때의 電力을 쓰는 외에 發電用 熱을 機械에너지로 變換하기 前에貯藏하는 間接的인 方法도 있다.

또 負荷曲線이라 하여도 系統全體를 對象으로 하는 외에 送電線連系에 隘路가 있을 경우에는 局部的인 것을 對象으로 하는 것도 例外的으로는 생각할 수 있다.

貯藏發電의 効用으로서 다음과 같은 項目을 列擧할 수 있다.

- (1) 建設單價가 比較的 싼 피크供給力을 얻을 수 있다.
- (2) 오프 피크時의 原子力發電에 餘力이 생기게 되면 一次에너지源을 化石燃料로부터 核燃料로 代替할 수 있다. 또 그 以前에도 低効率인 火力稼動을 高効率인 것으로 代替하여 燃料消費量을 節減할 可能性이 있다.
- (3) 起動停止나 負荷變化가 敏速하게 일어나는 것이 많으므로 運轉豫備力으로서의 効用이 있으며 또 變動負荷에 對應함으로써 베이스로드發電所의 負荷變動을 避하여 그 負荷率을 向上시킨다.
- (4) 二次電池와 같이 需要地에 近接하여 設置되는 것에서는 發電設備뿐 아니라 流通(送變配置)設備도 적게 할 수 있다. 또 系統事故時에도 供給信賴도가 높다.
- (5) 工期가 짧은 것(二次電池 등)에서는 建設中 利子の 負擔이 적을 뿐만 아니라 需給計劃의 精度를 向上시키는 效果가 있다.

이중 (1)~(3)과 (5)에 對해서는 原子力發電의 比率增大에 따라 그 效果가 顯著히 나타나게 되므로, 貯藏發電시스템에 對한 依存度는 漸次

높아질 것으로 생각된다. 그리고 그 限度量은 週間사이클(每 深夜뿐 아니라 週末의 餘力을 投入하여 貯藏한 에너지로 各週日 피크의 發電을 잘 처리하게 되며 큰 貯藏容量을 必要로 한다)의 경우 年最大負荷의 約20%, 日사이클의 경우 約14%로 각각 推定된다.<sup>2) 3)</sup>

#### 〈5〉揚水發電의 動向과 새로운 方法의 提案

貯藏發電의 方法은 여러가지로 생각할 수 있으나 現在 實用되고 있는 것은 揚水發電(地上式)에 거의 限定되고 있다. 이것은 地形에 支配되므로 立地可能地點에 限界가 있으며 또 自然環境에 대한 影響에 대해서도 配慮하지 않으면 안된다.

이로 因하여 (1) 地下式揚水(下池를 地下深部に 設置), (2) 嵩氣가스터빈(미리製造貯藏된 壓縮空氣를 쓰는 가스터빈), (3) 蓄熱蓄氣터빈(壓縮된 空氣를 蓄熱하면서 貯藏하였다가 피크時에 이것을 回收하면서 空氣터빈을 驅動한다), (4) 플라이 휘일, (5) 二次電池, (6) 水素 등 化學에너지, (7) 超電導磁石, (8) 蒸氣터빈에 對한 發電前蓄熱 등이 새로이 提案되었으며, 嵩氣가스터빈은 이미 유럽 一部에서 實用되고 있다.

燃料 등의 化學에너지에 比하여 其他 에너지는 貯藏容積이 크기 때문에 上記中에는 大地를 容器로 利用할 것을 前提로 하는 것이 많다.

이러한 경우에는 地質構造面에서 好條件이어야 되므로 立地點에 制約이 있으며 比較的 分散配置가 自由로운 것은 (4)(5)(6) 뿐이라고 생각

〈表 1〉日本에 包藏된 揚水發電<sup>4)</sup>

(1978年 3月末現在, 萬kw)

	既開發	工事中	未開發	合計
純揚水	(7) 377	(10) 816	(386) 27,536	(403) 箇所 28,728
混合揚水	(19) 426	(2) 148	(17) 1,396	(38) 1,970

※ 參考: 全國의 電源設備(電氣事業者): 水力 2,510, 火力 7,710, 原子力 880, 合計 11,100

각된다.

日本の 경우는 地質이 複雜하므로 地下에 大規模 貯藏庫를 구축할 수 있는 地點은 限定되어 있는 것으로 보이나 反面에 地表山地에는 峻險하고 複雜한 地形이 많아 揚水發電(地上式)의 適地로 되어 있다. (表1 參照)

### 3. 貯藏發電시스템의 經濟評價

貯藏發電시스템의 經濟性은 特定한 運轉(發電) 責務를 想定하여, 이에 對한 單位出力當 均等年經費를 在來方式과 比較함으로써 評價할 수 있다. 이때, 在來方式의 燃料費에 該當하는 것으로서 貯藏用電力에 對應하는 增分燃料費를 見積할 必要가 있다.

#### (1) 運轉責務

前述한 바와 같이 負荷曲線의 週期性은 매우 複雜한 것이 있어서, 많은 運轉責務가 잘 짜여 지지 않으면 아니되나 代表的인 것으로서 (表2)와 같은 것을 들 수 있다. 이 表에서 (A), (B)의 各發電패턴에 適當한 것으로는 各各가 스토빈과 揚水發電이 現在 사용되고 있다.

#### (2) 均等年經費

均等年經費란 建設費에 關聯된 費用을 均等化한 固定費와 年間發電電力量에 關聯된 可變費를 합

한 것으로, 評價手法의 概略은 다음과 같다.

#### (1) 固定費

出力 1kW當 固定年經費는 建設單價  $C_0$  [円/kW]에 年經費率을 곱한 것이다.

##### ① 建設單價

보통의 發電設備에서는 建設費는 出力만으로 定해지나 貯藏發電設備에서는 貯藏容量을 주지 않으면 建設費가 策定되지 않는다. 즉 “繼續可能發電時間”이 建設單價를 支配한다.

따라서 建設單價는,

$$C_0 = C_F + C_S T$$

$C_F$ : 出力에 關係되는 成分 [圓/kW]

$C_S$ : 發電 1時間分을 처리할 수 있는 增分貯藏容量에 該當하는 成分 [(圓/kW)/h]

$T$ : 사이클當 繼續可能發電時間[h]의 形式으로 表示할 必要가 있다.

##### ② 年經費率

主로 均等資本 回收率\*이며, 여기에 諸稅·人件費·一部分의 修繕費 등 發電量에 無關係한 諸費用의 率을 加한다.

#### (2) 可變費

年間發電電力量에 比例하는 經費로서 主로 에너지를 貯藏할 때에 必要한 增分燃料費에서 나온다. 必要하면 一部分의 修繕費 등 發電量에 比例하는 運轉維持費를 加한다. 增分發電單價를  $Ec$  [圓/kWh], 年間運轉回數를  $n$ 이라하면 出力 1kW에 對應하는 年間可變費는 設備의 사이클

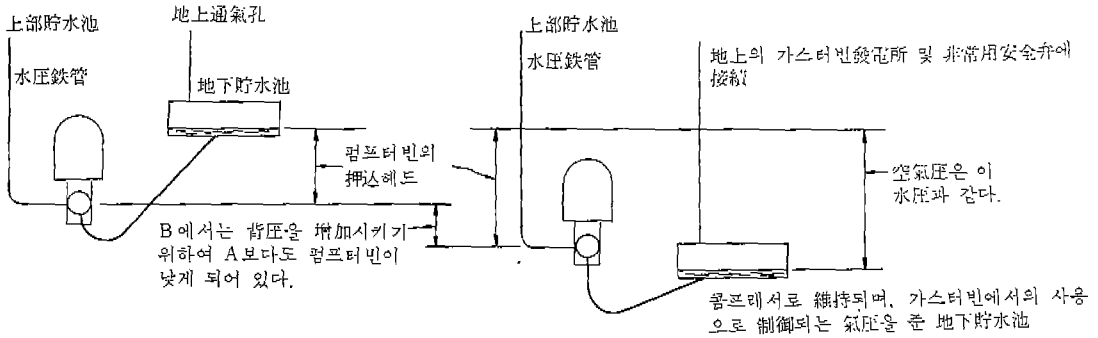
〈表-2〉 貯藏發電의 代表的인 運轉責務

	發電 모드	充電 모드
(A) 豫備力を 兼한 夏期 피크對應用	年間運轉回數 20~50 1 사이클當 3~7 時間	年間運轉回數 20~50 1 사이클當 4~6 時間
(B) 年間을 通한 週間 피크 對應力	年間運轉回數 約 250 1 사이클當 約 7 時間	年間運轉回數 約 250 1 사이클當 6~7 時間 ● 週間사이클用인 때에는 週末에 12~16 時間을 追加한다

\* 均等資本回收率은 減價分資產에 對한 每年 均等化한 資本回收費와 殘存價値分 資產에 對한 年利의 合의 投下資本에 對한 比率이며, 金利·殘存價値率을 想定하면, 期待 壽命으로부터 計算할 수 있다.

(1) 單獨地下貯水式揚水發電

(2) 地下貯水式揚水發電과 가스터빈의 結合



[그림 3] 地下貯水式揚水發電(單獨 및 蓄氣가스터빈과 結合한 경우)의 높이 比較<sup>5)</sup>

效率  $\eta_c$ 를 사용하여  $n. T. E. \eta_c$  (圓)로 表示된다.

〈3〉 目標建設費의 試算例

前述한 바와 같이 貯藏發電시스템의 經濟性 시스템의 經濟性評價에 關係되는 因子는 많으나 例題로서 다음과 같은 간단한 모델에 대해서 試算하여 보자.

月一金曜日의 日사이클의 7時間發電, 年間 250사이클의 運轉貢動(表 2 (B)의 경우)를 생각해 보기로 한다. 이와 같은 運轉에 적합한 揚水發電所(地上式)의 建設單價를 關聯流通設備를 포함하여 11萬圓/kW(比較的 有利한 地點에 대한 最近 計劃을 參考로 한 것이며, 장래에는 상당히 高騰될 것으로 豫測된다), 耐用年數 40年, 年利 8%, 사이클 效率 70%, 諸費率을 2%, 殘存價値를 無視하고 揚水用動力費를 1 kWh當 8~4圓(火力 또는 原子力의 增分燃料單價이며, 사이클當 揚水運轉時間이 짧을수록 低下된다)이라고 假定하면 出力 1 kW 當 年間費用은,

$$\begin{aligned} \text{固定費} &: 11 \times 10^4 \times (0.0839 + 0.02) \\ &= 11,429 \text{ (圓)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{可變費} &: 7 \times 250 \times (8 \sim 4) / 0.7 = \\ &= 20,000 \sim 10,000 \text{ (圓)} \end{aligned}$$

$$\text{合 計} : 31,429 \sim 21,429 \text{ (圓)}$$

이다. 이와 같은 貯藏發電을 二次電池로써하는 경우를 생각하여 보자.

變換裝置를 包含한 사이클 效率이 70%인 경우를 評價할 때, 可變費가 揚水發電에 匹適한 것이라고 한다면 固定費만을 比較하면 된다. 사이클當 7時間放電, 250사이클/年으로 耐用年數 10年인 것의 年經費率은 諸費率을 2%, 殘存價値를 10%로 하여

$$(0.149 \times 0.9 + 0.8 \times 0.1) + 0.02 = 0.162$$

이므로 年間固定費가 kW 當 前記한 11,429圓에 對應되는 建設單價는,

$$11,429 / 0.162 = 70,549 \text{ (圓/kW)}$$

이며, 變換裝置 其他를 出力 kW 當  $30 \times 10^3$  圓으로 한다면, 電池本體의 建設單價는 거의 4萬圓/kW까지가 許容된다. 따라서 發電換算 1kW h 當 二次電池에 投入되는 資本費는,  $40 \times 10^3 / 7 = 5.7 \times 10^3$  (圓/kWh) 以下이다.

上記에서는 工期短縮, 供給信賴度의 向上效果가 評價되지 않았으나, 反面에 小容量 分散配置에 따른 運用面의 費用도 豫想되므로 現時點에서 이와 같은 性能의 二次電池의 目標價格은 發電容量 1kW h 當 6,000圓 以下로 되어야 할 것이다.

4. 大地를 支持容器로 하는 새로운 貯藏發電

前述한 바와 같이 立地可能地點이 限定되는

것이므로, 大地를 支持容器로 利用할 수 있다면 經濟的 可能性도 生覺해 볼 수 있는 貯藏發電 시스템이 揚水發電(地上式) 以外에 여러 가지 種類가 있으며, 主로 歐美에서 檢討되고 있다.

### 〈1〉 地下貯水式 揚水發電

地表的 못이나 바다를 上地로 하고 下池나 發電所 등은 地下 깊게 洞窟을 파서 設置하는 地下貯水式揚水發電이 美國이나 캐나다에서 研究되고 있다(그림 3 參照). 이것은 地上의 地形이나 環境의 制約이 적으므로 地質的 條件만 充足된다면 需要地에 近接된 立地도 可能하게 된다.

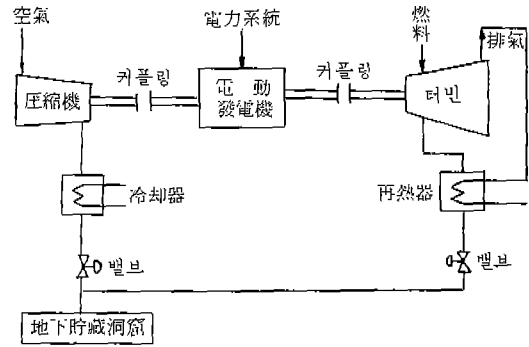
建設費를 低減하기 爲해서는 可及的 落差를 크게 할 必要가 있으며, 1,000m級의 落差를 一段 아니면 二段式으로 利用할 것을 생각하고 있다.

問題는 揚水/發電의 反復에 견딜 수 있는 強固한 岩盤地點의 發見과 漏水防止技術, 및 高揚水高度 大容量의 可逆轉프터빈의 開發 등이며 그 중에서도 重要한 것은 適當한 地點을 發見하는 것이다.

### 〈2〉 壓縮空氣貯藏

#### (1) 蓄氣가스터빈 (〔그림 4, 5〕 參照)

一般的인 가스터빈에서는, 콤프레서에서 사

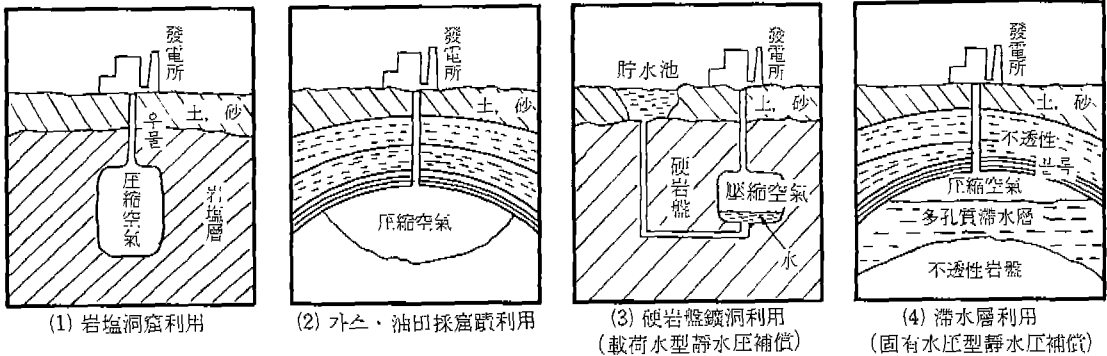


〔그림 4〕 壓縮空氣貯藏가스터빈發電方式 概念圖

용되는 터빈 出力이 發電機에서 사용되는 터빈 出力보다 2 倍정도 된다고 한다. 따라서 오피크時의 電力으로 壓縮空氣를 만들어서 이것을 地下의 貯藏洞窟에 “冷却하지 않고” 貯藏해 놓았다가 피크時에 이것을 이용하여 發電하게 되면 3 倍의 發電力을 얻게 된다는 것이다. 단, 實際로는 貯藏洞窟의 防護 등 때문에 冷却이 必要하게 된다(〔그림 4〕 參照).

이 方法은 西獨, 아일랜드, 스웨덴, 美國 등에서 檢討되고 있으며 今年初에는 西獨 NWK에 의해 貯藏容量은 小規模(2時間定格) 이나 29萬 kW 짜리 運轉이 開始되었다.

위의 경우에서는 岩窟洞窟(地下450m)을 利用하고 있으나〔그림 5〕에 表示된 바와 같이 여러 가지의 貯藏方法이 있다. 그 중 그림 5의 (1), (2)는 貯藏과 發電의 前後에서 空氣壓力이 크게 變化하는 非補償方法이며, (3), (4)는 水壓을 利



〔그림 5〕 가스터빈用 壓縮空氣貯藏의 各種貯藏方法 6)

用하여 空氣壓의 變動을 補償하는 方法이다.

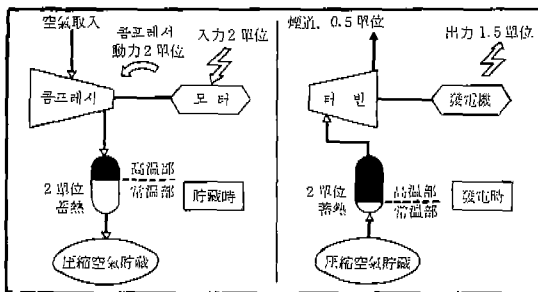
또 [그림 5] (3)에 있어서 壓縮空氣 貯藏洞窟에 下部貯水地의 機能을 兼用시키는 地下貯水式 揚水發電/蓄氣가스터빈 結合시스템도 檢討되고 있다[그림 3] (1).

蓄氣가스터빈에 있어서는 壓力사이클下에서 貯藏洞窟의 安定性, 특히 補償方法에서는 地下水에 對한 充分한 檢證이 必要하며 이것을 滿足하는 사이트의 發見이 포인트라고 생각된다.

(2) 蓄熱蒸氣터빈

[그림 4]에서 高溫度의 壓縮空氣를 冷却시키는 것은 洞窟壁의 防護뿐만 아니라 貯藏洞窟容積의 節減을 當해서도 重要하다. 그러나 冷却時에 蓄熱해 놓았다가 發電時에 可能한 限 回收하는 것이 效率向上으로 보나 環境維持를 爲해서나 바람직한 것으로 본다. 이것을 徹底化한 것이 [그림 6]과 같은 蓄熱蓄氣터빈이며, 그 單位의 入力으로부터 “燃料없이” 1.5單位의 電力을 回收할 수 있다고 한다.<sup>7)</sup>

壓縮空氣貯藏의 一般의인 問題外에 高温高壓 콤프레서(例컨대, 最高 100bar, 900℃ 以上)의 開發 및 安便高性能의 蓄熱시스템이 必要하다.



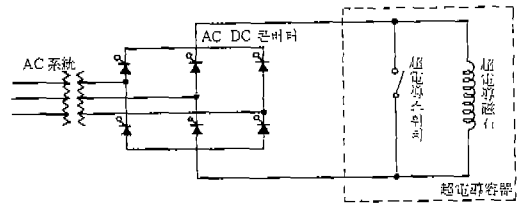
[그림 6] 蓄熱蓄氣 터빈의 基本原理圖

(3) 超電導磁石貯藏

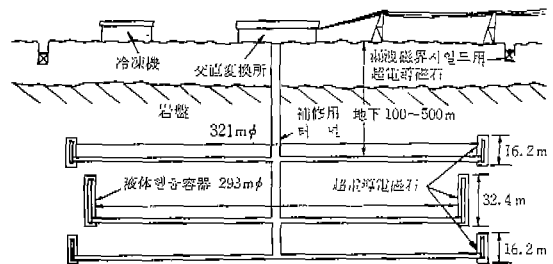
電氣回路에 있어서는, 에너지는 콘덴서에 주어진 電位差나 혹은 인덕터를 흐르는 電流에 의해서 貯蓄된다. 電力의 放出時間이 比較的 긴 後者의 大規模의인 것을 超電導磁石으로 建設

하면 電氣抵抗이 없기 때문에 高電流密度를 얻을 수 있으므로 高效率의 貯藏發電裝置가 實用될 可能性이 있다([그림 7] 參照).

인덕턴스의 建設費는 코일面積에 比例的이므로 經濟的으로 成立할 可能性은 直徑이 극히 큰 것으로 限定된다.



[그림 7] 超電導磁石貯藏의 原理圖 6)



[그림 8] 超電導磁石貯藏裝置(1,000MWh 例)의 概念圖 6)8)

[그림 8]은 위스콘신大學에서 提案한 10,000 MWh, 2,920 헨리, 157KA의 솔레노이드型 코일을 나타낸 것이다. 直徑 300m 以上의 코일에 작용하는 강한 電磁力을 깊이 500m까지 미치는 岩盤으로 支持하는 同時에 漏洩磁界의 시일드를 企圖하고 있다.

超電導磁石에 의한 貯藏發電은 效率과 速應性에 있어서는 優秀하나, 이것이 實用化 段階까지 開發되기 위한 技術上의 課題에는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 超電導코일

世界最大의 超電導코일(CERN의 거품箱子用)의  $10^3 \sim 10^4$  倍의 容量에 對한,

- 大電流(예컨대,  $2 \times 10^5$  A) 超電導線의 開發: 冷却方法, 電磁力對策, 安定化 등

● 超電導卷線の 保護 :

超電導의 破壞時 迅速한 에너지放出이  
必要하다.

(2) 耐震對策

地震에 依해서 超低温容器가 破裂되면 危險  
하므로 특히 充分한 耐震對策이 必要하다.

(3) 電磁力支持構造

코일導體에 加해지는 強大한 電磁力을 地震  
時에도 強固히 支持할 것.

(4) 超低温技術의 信賴性

위에서와 같은 機械力에서 信賴할 수 있는 眞  
空技術, 超低温技術을 充實히 할 것.

上記 諸問題가 解決되었다 하여도, 地下貯水  
式揚水場이나 壓縮空氣貯藏과 같은 혹은 그 이  
상으로 強固한 岩壁의 存在가 前提되므로 역시  
適當한 立地點의 發見이 포인트라고 하지 않을  
수 없다.

## 5. 結 言

로드레벨링의 概念을 負荷曲線의 實態와 함  
께 밝히고 使用者의 立場에서 經濟評價의 骨子  
를 說明하였다.

評價의 試算에 사용된 諸元, 특히 發電原價에  
關한 것에 對해서는 상당히 廣範圍하게 되었을  
뿐 아니라 長期的으로 크게 變化하는 性質이 있  
는 것에 對한 現時點에서의 한 假定에 不過하  
다. 그러나 貯藏發電設備의 經濟性的의 評價 및  
거기에 미치는 諸元의 寄與率을 고려할 때에 參  
考해 주기 바란다. 또 大地를 容量으로 하는 各  
方法에 대해서도 經濟的 可能性에는 否定할 수  
없는 것이 있으므로 好適한 立地點의 探查를 爲  
始한 各要素技術의 研究開發이 바람직하다.

특히 地下貯藏技術에 대해서는, 狹小한 國土  
에서 에너지를 크게 海外에 依存하고 있는 나  
라에 있어서는 石油備蓄과도 關聯되는 重要한  
研究課題라고 생각하지 않을 수 없다.

——參 考 文 獻——

- 1) 「電氣事業便覽」, 電氣事業連合會編
- 2) The Potential for Application of Energy Storage Capacity on Electric Utility Systems in the United States - Part I, II ; IEEE PAS, Nov/Dec 1976~Jan/Feb 1977
- 3) 三井原 ; 電氣評論, 1977年 10月
- 4) 「電源開發의 概要(1978年度)」, 通産省編
- 5) An Assessment of Energy Storage Systems Suitable for Use by Electric Utilities, July 1976, PSE & G
- 6) 電氣에너지 貯藏에 관한 調査研究報告書, 中央電力協議會, 1978年
- 7) Storing the energy of compressed air ; I. Glendenning, May 1975, CEGB Report
- 8) 山本充義 ; 電氣的 에너지로서의 貯藏方式과 問題點, 1976年電氣四學會連合大會