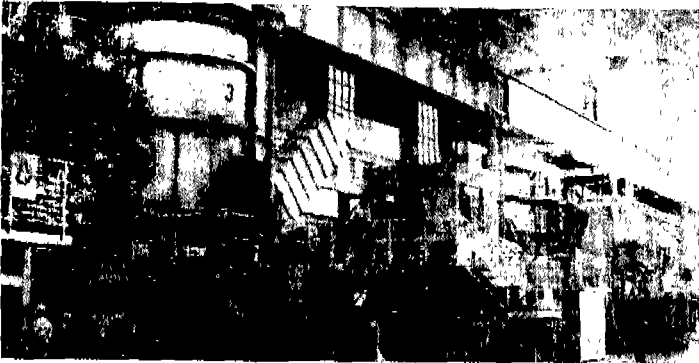


에너지節約과 熱併合發電 시스템



徐 正 閔

仁荷大學校 工科大學 教授

1. 熱併合發電 시스템

熱併合發電 시스템은 한 種類의 1차 에너지에서 두 種類 이상의 2차 에너지를 얻는 System인데, 이것은 高溫部の 熱을 複合 Cycle 熱機關에 投入하여 機械的 일을 하게 되면 이것을 動力으로 變換하여 發電을 하며 同時에 排熱을 工場의 生産用工程에 이용하거나 煖冷房, 給湯 등에 사용하는 System이다.

그러므로 熱併合發電 시스템은 에너지의 有效利用을 도모할 수 있는 利點을 갖는다.

電力을 主體로 생각하면 最新의 火力發電 System이라도 1차 에너지의 40% 정도가 電力으로서 이용될 뿐인데 열병합발전 시스템에서는 電力으로서 20~30%, 熱로서 40~50% 정도가 이용될 수 있어서 1차 에너지 중에서 70~80%가 이용 가능하게 된다.

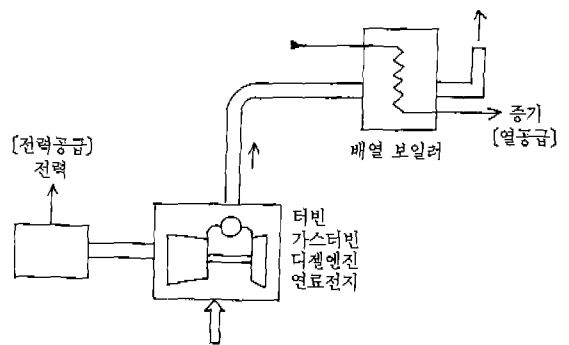
그러나 이러한 長點이 있는 반면 短點도 있다. 그 短點의 하나는 熱併合發電 시스템의 대부분이 小規模 分散型 電源으로서 建設되기 때문에 System이 복잡해진다는 것이다.

이밖에 電力과 熱의 需要比率은 보통 時間에 따라 變動하는데 대해서 熱併合發電 시스템에

서는 이 比率이 固定되어 있다는 점이다.

以上에서 熱併合發電 시스템의 에너지 效率을 높이기 위해서는 電力需要와 熱需要의 均衡이 양호한 場所에서 有效하다. 그림 1은 이 시스템의 概念圖를 나타낸 것이다.

熱 에너지로부터 電氣 動力을 얻고자 할 때는 熱機關은 作動하는 流體의 熱機關으로서의 入口溫度가 높지 않으면 效率을 높일 수 없다는 것이 熱力學의 제 2法則(作動流體의 熱機關에서의 入口溫度를 $T_1(K)$ 으로 하고 熱機關을 떠나는 作動流體의 出口溫度를 $T_2(K)$ 라고 하면 熱機關



<그림 1> 熱併合發電 概念圖

의 效率은 Carnot Cycle의 效率 $\eta_c = (T_1 - T_2)/T_1$ 을 넘을 수 없다)에서 알 수 있으며, 熱 에너지를 사용하는 경우 電氣 動力을 效率이 높은 상태에서 발생시킬 때의 높은 온도의 에너지를 質이 높은 에너지라고 한다.

한편 暖房이나 給湯에 필요한 溫度는 50~100°C로 낮으며, 電氣 動力을 얻는 데에는 效率이 떨어지는 溫度 수준의 에너지를 質이 낮은 에너지라고 한다.

熱機關의 作動流體는 一般的으로 大氣에 放出되기 때문에, 여기서 $T_2(K)$ 를 大氣의 平均的 溫度인 15°C로 할 때, T_1 에 따른 η_c 變化를 구하면 다음과 같다.

$T_1(^{\circ}C)$	50	100	200	300	600	800	1000	1500
η_c	0.11	0.23	0.39	0.50	0.67	0.73	0.77	0.84

여기서 $T_1(K)$ 과 大氣溫度의 差에 의한 η_c 의 變化의 크기에 대해서 충분히 이해해 둘 필요가 있다.

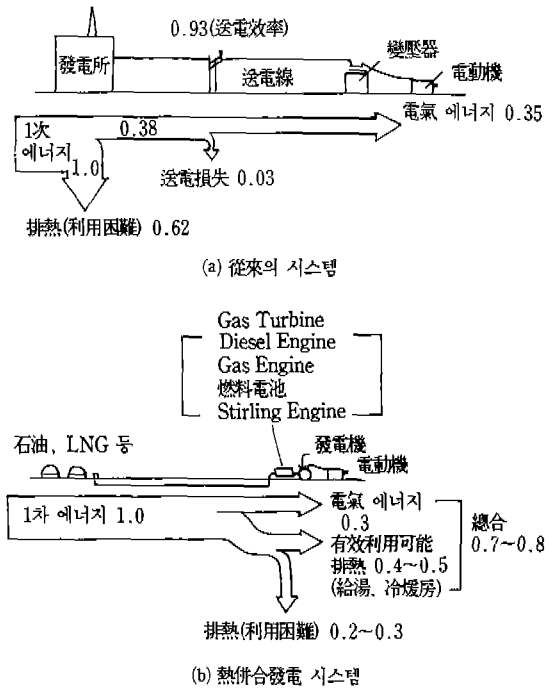
實際 熱機關에서는

(1) Carnot Cycle은 실현할 수 없다.

(2) 摩擦損失, 作動流體의 漏出 등의 原因 때문에 技術이 進歩된 오늘날에도 η (실제 열효율)는 η_c 의 1/2정도가 된다.

石油 天然 가스 등의 1차 에너지를 燃燒시키면 千數百度の 높은 溫度의 熱 에너지를 얻으며, 이 에너지 중에서 質이 높은 부분만이 電氣 動力으로 變換하고 質이 낮은 것은 大氣 또는 바다, 하천 등에 廢棄하게 되는데 이것은 에너지의 有效利用이라는 관점에서 볼 때 이용도가 낮다고 하지 않을 수 없다.

만약 暖房 給湯과 같이 溫度가 50~100°C이면 충분한 경우에, 2차 에너지를 위해서 千數百度の 質이 높은 에너지를 사용한다는 것도 에너지 이용 측면에서 볼 때 현명한 방법이라고 할 수 없다. 燃燒 에너지를 사용하는 경우 質이 높은 에너지는 먼저 電氣動力으로 變換하고 그 후 質이 낮은 에너지는 Process用이나 給湯·冷暖房用에 사용하여 1차 에너지를 質이 높은



<그림 2> 從來의 發電方式과 熱併合發電方式의 比較

곳에서 낮은 곳까지 있는 그대로 모두 사용하는 에너지의 현명한 사용방법을 택하는 System이 바로 熱併合發電 시스템이다.

또 火力發電所의 경우는 방대한 冷却排熱과 送電에 의한 손실도 포함하여 綜合效率을 높이는 수단이 바로 이 熱併合發電方式이라고 할 수 있다.

즉 그림 2에 표시된 바와 같이 종래의 發電方式에 따라 버려지던 冷却排熱 50%와 送電 및 變壓器 損失 8%를 回收함으로써 理想的으로는 從前의 效率 26%에서 84%까지 개선하고자 하는 것이다.

그리고 1개의 빌딩에서 사용되는 電力과 熱 에너지를 그 빌딩內에서 발생시켜서 에너지의 有效 이용을 도모하려는 방식도 곧 熱併合發電 시스템이라고 할 수 있다.

2. 熱併合發電 시스템의 構成

熱併合發電 시스템은 基本的으로 外部로부터

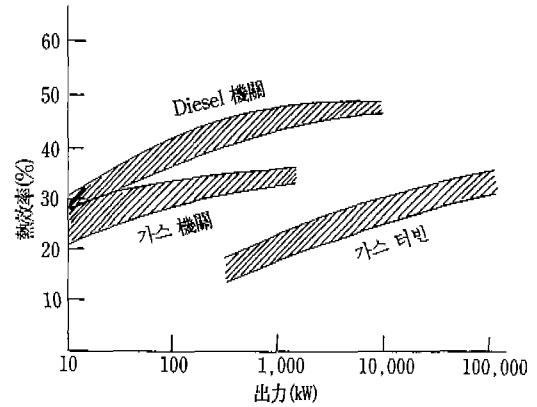
<표 1> 熱併合發電 시스템의 主要 構成 機器

分類	構成 機器	에너지 形態
驅動 시스템	蒸氣 터빈	高壓蒸氣-動力
	디젤 機關	가스, 石炭類-動力
	가스 機關	石油類-動力
	가스 터빈	가스-動力
	燃料 電池	가스-動力
發電 시스템	發電機	動力-電力
熱回收 시스템	熱交換器	溫水-溫水
	熱交換器	溫水-低壓蒸氣
	熱交換器	排氣 가스-溫水
	熱交換器	排氣 가스-低壓蒸氣
	排溫水吸收式冷凍機	溫水-冷水, 溫水
	排氣 가스 吸收式冷凍機	排氣 가스-冷水, 溫水
補助熱源 시스템	電動 冷凍機	電力-冷水
	吸收式冷凍機	蒸氣-冷水
	直接燃燒吸收式冷凍機	가스, 石油類-冷水, 溫水
	보일러	가스, 石油類-溫水, 蒸氣
	熱덤프	電力-溫水, 冷水

電力 및 熱의 供給을 받지 않는 방식이기 때문에 On-Site 방식이라고 한다. 熱併合發電 시스템의 構成機器는 그의 역할에 따라 크게 다섯 가지로 나누어진다. 즉 驅動 System, 發電 System, 熱回收 System, 補助熱源 System 및 制御 System이다. 표 1은 각 System의 主要 構成機器를 표시한다.

熱併合發電 시스템은 이들 機器를 적절하게 組合함으로써 여러 가지 形式의 System을 생각할 수 있는데, 기본적으로는 驅動 System에서 ① 蒸氣 터빈 System, ② Diesel 機關 System, ③ 가스 機關 System, ④ 가스 터빈 System 및 ⑤ 燃料電池 System의 다섯 가지로 분류된다.

現時點에서는 熱併合發電이란 原動機로서 Diesel 機關, 가스 機關, 가스 터빈 등을 사용하여 發電하며, 그 排熱에 의해서 暖房, 給湯 혹은 吸收式 冷凍機를 이용하여 冷房을 하여 入力 에너지를 效率높게 多段的으로 이용하는 것



<그림 3> 原動機의 熱效率(機械出力/入力)

을 目的으로 하는 System이다.

實用化 측면에서 注目되고 있는 ① Diesel 機關 System ② 가스 機關 System ③ 가스 터빈 System의 세 가지 方式을 택하여 全力時 熱效率(%)과 出力(kW)의 관계에 있어서 각 熱效率를 表示하면 그림 3과 같다.

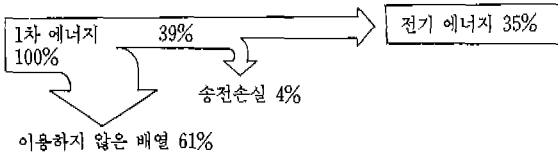
Diesel 機關 System은 設備容量의 範圍가 넓고 效率도 良好하다. 한편 가스 機關 System은 設備容量으로서는 1000 kW 정도 이상의 것이 實用的으로 제공되며 發電效率는 Diesel 機關보다 약간 劣하지만 간편한 점과 公害對策에 있어서 有利한 면도 있다.

또 가스 터빈 System은 原動機의 小型화가 곤란하기 때문에 500 kW 정도 이상의 大型에 적합하며 高壓蒸氣를 얻을 수 있고 冷熱을 얻기 쉬우며 公害對策에 있어서도 有利하다.

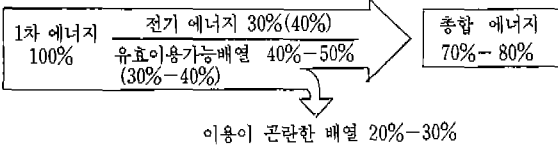
3. 熱併合發電 시스템의 經濟性

熱併合發電 시스템의 經濟性은 設備費, 電力需要, 熱需要의 均衡상태에 따라 변하는 것으로 생각된다. 導入分野, 形態에 따라서는 綜合 에너지 效率의 上昇과 더불어 經濟性이 確保된다. 또한 이 普及의 擴大와 더불어 機器效率 및 機器價格의 改善이 實現될 것으로 생각된다. 이 System은 에너지 全體의 有效利用이라는 觀點에서 본다면 상당히 有效하다.

● 종래 방식에 의한發電 시스템 例



● 熱併合發電 시스템의 例



(주) () 내는 연료전지를 사용한 경우

<그림 4> 熱併合發電의 熱 에너지 效率

現在 夏節期の 晝間 電力需要가 증대하는 要因은 冷房用需要가 증가하기 때문인데 이 System의 導入을 적절히 하면 排熱은 冷房用 熱源으로 사용되며 동시에 發電도 하기 때문에 電力負荷의 平準化에 이바지하게 될 것이다.

또한 가스를 사용하는 熱併合發電 시스템은 가스 需要가 낮은 夏期에는 그 需要를 上昇시키며 따라서 가스의 負荷平準化에도 도움을 준다. 이와 같은 負荷平準化은 에너지 全體의 經費低減과 關聯되며 따라서 國民經濟的으로 본 效率의 向上을 도모하게 된다.

그림 4는 이 System의 熱 에너지 效率에 대해 비교한 것이다.

4. 앞으로의 展望

최근 分散型 에너지 利用法의 하나로서 熱併合發電 시스템이 각광을 받고 있으며, 특히 1차 에너지의 대부분을 輸入에 의존하는 국가에서는 有力한 에너지 節約 시스템의 하나로서 注目을 받고 있다.

熱併合發電 시스템을 包含하여 에너지 效率의 增大를 目標로 하는 System의 摸索은 에너지 資源 枯渴의 問題 외에 全般의인 公害問題나 空調 등 低溫의 熱需要 增大와 都市域에서의 高密度化, 그리고 供給側과의 不均衡 등에서 비롯

된다.

現在 熱併合發電 시스템의 可能한 條件을 찾아내기 위해서 매우 간단한 檢討方法이 使用되고 있는데, 적절한 熱併合發電 시스템을 구하기 위해서는 工場이나 建物이 필요로 하는 熱, 電力을 供給하는 各種 方法을 상세히 檢討한 후 어느 정도의 에너지 節減이 가능한가를 精確히 豫測할 必要가 있으며, 熱併合發電 시스템의 採用으로 節約할 수 있는 에너지 部分과 增加하는 機器設備 部分과를 集計하여 比較 檢討해야 한다.

同時에 巨大電源과 分散電源의 調和에 의한 適正電源規模의 維持라는 觀點에 따라 工業用, 民生用 分野에서 널리 普及되리라 생각한다. 그러나 이를 위해서는 機器性能의 向上, 設備費의 低減, NOx 등 環境對策의 確立, 運轉管理技術의 向上 등이 切實하게 要望된다.

5. 結 論

業務用 熱併合發電 시스템의 普及은 始作段階에 있으며 그 實績도 적다.

熱併合發電 시스템의 導入을 시작으로 電氣, 蒸氣, 溫水, 冷水 등을 自由로이 또 獨自의 方法으로 組合이 可能하게 됨에 따라 에너지의 多樣化를 도모할 수 있게 된다.

이것은 Cost의 低減에 대한 努力의 일환이라고 할 수 있다. 이러한 意味에서 施設의 保全을 위해 高度의 知識과 技術이 加一層 要求된다.

앞으로는 維持管理對應의 強化와 體制의 充實性이 強調되어야 한다고 생각되는데, 특히 重要하다고 생각되는 事項들을 列舉하면 다음과 같다.

- ① 遠隔監視 運轉系統의 開發
- ② 故障予知系統의 開發
- ③ 定期點檢項目 및 頻度の 精度向上
- ④ 故障時 迅速處理體制의 整備

따라서 앞으로 熱併合發電 시스템의 普及은 무엇보다도 施設保全을 擔當할 수 있는 能力여하에 달려있다고 생각된다.