



# 工場電力設備管理와 에너지 節減 ④

## 1.5 새로운 自家用發電設備의 실제

自家用發電設備에 대한 에너지利用合理化 대책은 그 設備의 규모 및 運轉 상황에 따라 검토 대상도 변하지만, 대상을 정확하게 포착하여 충분한 검토를 하고 효과를 확인하는 것이 중요하다.

自家用發電設備은 電力과 프로세스蒸氣를 밸런스가 취해진 상태에서 플랜트에 공급하는 것이 무엇보다 중요하며, 熱에너지들 단일 목적으로 사용할 뿐만 아니라 熱의 轉換, 輸送 및 利用의 各部門을 종합하여, 전체로서의 熱의 總合利用效率 향상을 위하여 검토를 가할 필요가 있다. 이들 기술은 일부는 새로운 기술도 생겨나고 있으나 재래의 기술을 합리적으로 조합하여 一貫된 시스템을 구성하는 시스템技術을 확립하는 것이 목적이라 할 수 있다. 이하에, 自家用發電設備에 대한 에너지利用合理化 대책으로서, 産業用 플랜트에 있어서

- ① 排熱回收 發電設備
- ② 既設發電設備의 개선

으로 나누어, 용이하게 실현할 수 있는 방법을 들어 그 내용, 효과 등에 관하여 설명한다.

### 1.5.1 排熱回收 發電設備

産業用 플랜트에 있어서의 排熱回收發電은 中低溫利用 技術이 에너지價格의 앙등 이후 더욱 중요하게 대두되고 있다. 종래에는 이 中低溫利用發電은 경제적으로 문제점이 있었으며 그 원인은 높은 熱效率를 바랄 수가 없는 것과 熱交換器를 대형화하는 것이었다. 그러나 최근에는 에너지에 대한 평가가 보다 높아졌고 각종 中低溫利用發電시스템에 대한 검토가 활발하게 진행되고 있다.

#### (1) 熱效率의 검토

中低溫利用發電시스템의 대부분은 高熱源을 熱交換器에 투입하여 얼마간의 作動媒體에 에너지를 置換한 후에 發電시키는 것으로 그 熱效率를 평가하는데 랭사이클效率이 쓰여지고 있다.

發電端 出力  $N_G$ 는 (5·1)식으로부터 얻어진다.

$$N_G = \frac{Q_{AH} \times \eta_{RAN} \times \eta_{tp}}{860} \quad (5 \cdot 1)$$

$Q_{AH}$  : 熱源에서 거두어들인 熱量 (kcal/h)

$\eta_{RAN}$  : 랭킹사이클效率

$$= \frac{\text{蒸熱熱落差 } \Delta E \text{ (kcal/kg)}}{\text{必要加熱量 } \Delta H \text{ (kcal/kg)}}$$

$\eta_{tp}$  : 터빈·發電機 효율, 配管壓損에 의한 효율 등

$\eta_{RAN}$ 은 사용하는 作動媒體에 의해 결정되는 것이지만, 原動機의 入口壓力溫度레벨이 정해지면 그 差는 極端에는 생기지 않으며,  $\eta_{tp}$ 에 있어서도 현재의 技術에 응하는 일정한 레벨이 있다.

따라서, 熱源側에서 作動媒體側으로 多量의 熱을 이동시켜  $Q_{AH}$ 를 크게 하는 것이, 發電端出力를 크게 한다는 점에서 중요하다. 그러나 통상적으로  $Q_{AH}$ 를 크게 하기 위해서는 所內動力의 증가가 수반되어야 하기 때문에 일반적으로 排熱回收發電設備에서의 플랜트效率  $\eta_{tp}$ 는 (5·2)식으로 표시된다.

$$\eta_{tp} = \frac{N_G}{Q_{AH}} = \frac{860}{Q_{AH}}$$

$N_G$  : 發電端出力 (kW)

$Q_{WH}$  : 高熱源으로서 투입된 熱量 (kcal/h)

따라서, 中低溫利用發電設備에 있어서는,

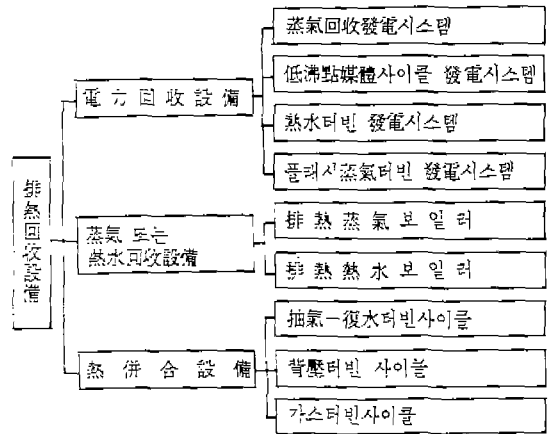
- ① 高熱源의 熱에너지를 최대한으로 回收하는 것
- ② 作動媒體의 선정을 포함하여 回收에너지를 유효하게 動力으로 轉換하는 시스템의 채용
- ③ 그를 위한 手段은 신뢰성이 높고 運轉·維持·補修가 용이할 것

의 세가지 점이 중요하며, 이들 設備가 값이 얇가 일 것은 당연하다

## (2) 각종 排熱回收發電設備

排熱回收 設備는 그림 1·49에 나타난 바와 같이

- ① 電力으로서 回收



<그림 1·49> 各種의 排熱回收設備

- ② 蒸氣 또는 熱水로서 回收

③ 電力과 蒸氣 또는 熱水의 同時回收(熱併合)을 생각할 수 있으나, 여기서는 電力回收에 관하여 기술한다.

그림 1·50에 排熱回收發電의 各種시스템에 관해서 표시한다.

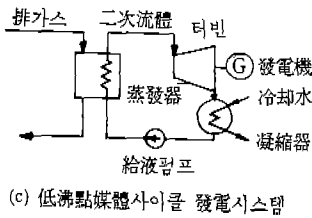
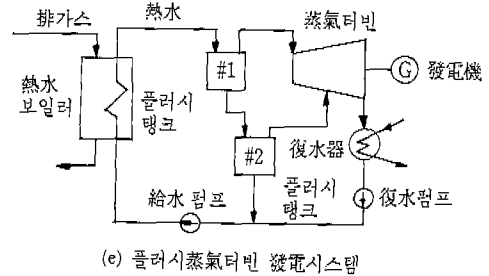
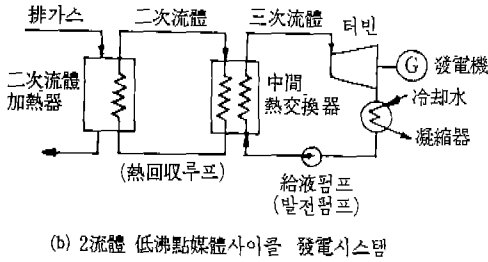
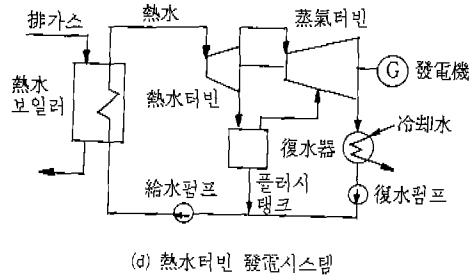
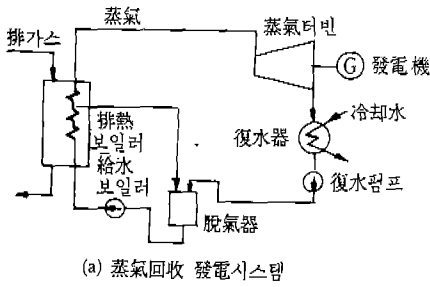
### (a) 蒸氣回收發電시스템

그림 1·50 (a)에 蒸氣回收發電시스템을 나타낸다. 어떤 시스템에 있어서는 最大出力을 얻기 위해서는 作動媒體의 蒸發量과 原動機에 있어서의 熱落差의 積을 最大로 할 필요가 있으며, 作動媒體가 「물」(水)인 경우 中溫排熱범위에서는 蒸氣壓力(飽和)이 낮아지고 原動機入口壓力이 저하하여 熱落差가 감소함과 동시에 比體積이 커져, 原動機가 대형화되는 결점이 있다.

### (b) 低沸點媒體사이클發電시스템

中低溫排熱發電에 있어서는, 「물」보다는 낮은 온도에서 높은 蒸發壓力이 얻어지는 低沸點媒體를 作動媒體에 이용하는 低沸點사이클發電시스템이 고려되고 있다.

低沸點媒體의 바람직한 일반적 성질은 다음과 같다.



<그림 1·50> 排熱回收發電 各種시스템

- (i) 中低溫熱源에 대하여 높은 壓力(10~30kg/cm<sup>2</sup>)이 얻어질 것.
- (ii) 蒸氣潛熱이 작고, 동시에 蒸發·凝縮溫度差가 큰 熱落差가 얻어질 것.
- (iii) 比熱, 熱傳導率 및 密度가 클 것.
- (iv) 폭발성, 독성이 적고 열가로 용이하게 입을 할 수 있을 것.

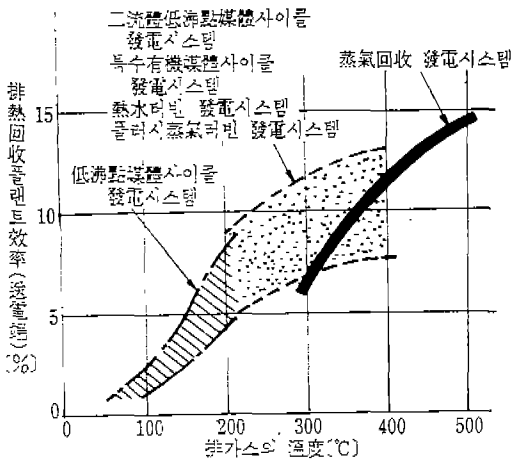
이상의 조건을 만족하는 것으로는 부탄, 펜탄, 프론 등 특수한 有機媒體를 생각할 수 있으나, 어느 媒體도 일장일단이 있으며 현실적으로는 종합 판단에 의해서 선정이 되고 있다.

그림 1·50 (b)는 「熱回收루프」와 「發電루프」의 2流體사이클에 의한 이상에 가까운 低沸點媒體

發電시스템이며, 그림 1·50 (c)는 低沸點媒體의 1流體사이클이다.

(c) 熱水 또는 플래시蒸氣터빈 發電시스템

그림 1·50 (d)에 熱水터빈 發電시스템, 그림 1·50 (e)에 플래시蒸氣터빈 發電시스템을 표시하였다. 이들 시스템은 中溫排熱範圍에서의 發電시스템으로서 유망하지만, 熱水보일러에 蒸發部가 없기 때문에 간소화된 반면에 作動媒體를 加壓하는데 많은 動力을 필요로 하는 것과 熱水터빈의 內部效率이 아직 확인되지 않고 있는 문제가 있다.



<그림 1·51> 各種 排熱回收 發電시스템 性能의 傾向

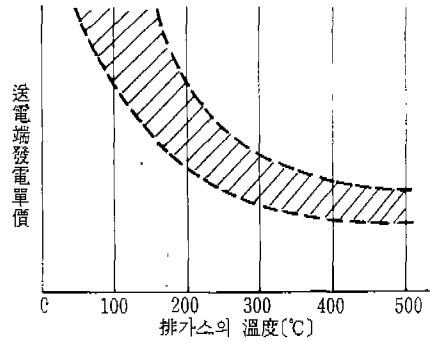
### (3) 各種시스템의 종합평가

그림 1·51에 各種 排熱回收 發電시스템 性能의 傾向을 나타내고 있으며, 약 400°C 이상에서는 蒸氣回收 發電시스템이 플랜트 효율이 좋고, 200~400°C의 中溫域에서는 熱水터빈 또는 특수한 低沸點煤體 發電시스템이 적합하며, 200°C 이하에서는 低沸點煤體사이클 發電시스템이 되지만 플랜트 효율은 좋지 않다.

그림 1·52에 排熱回收 發電시스템의 경제성 傾向을 나타내고 있으며, 高溫일수록 發電單價는 싸지고, 低溫域에서는 플랜트 효율이 낮고 熱交換器가 대형화하기 때문에 發電單價는 극단으로 비싸진다.

이상 그림 1·51과 그림 1·52에 의하여 종합적으로 볼 때 400°C 이상의 排熱源에서는 蒸氣回收가 경제적이며, 400°C 이하에서는 앞으로의 에너지價格 등의 動向에 따라 각기의 産業플랜트에 적합한 最良의 發電시스템을 선정하여야 할 것이다.

### 1·5·2 既設發電設備의 개선



<그림 1·52> 排熱回收 發電시스템의 經濟性傾向

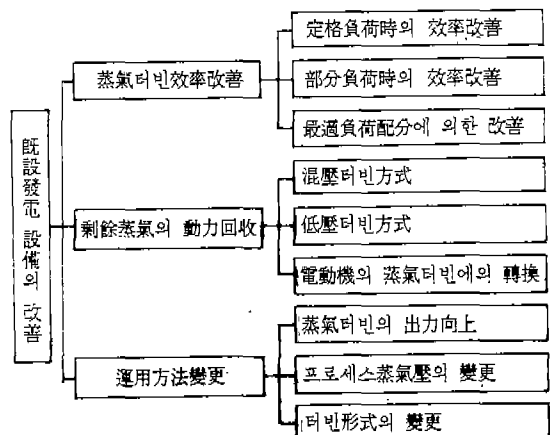
그림 1·53은 既設發電設備를 최대한으로 활용하는 에너지利用合理化 대책으로서

- (a) 蒸氣터빈의 효율개선
- (b) 잉여蒸氣의 動力回收
- (c) 플랜트 運用方法의 변경

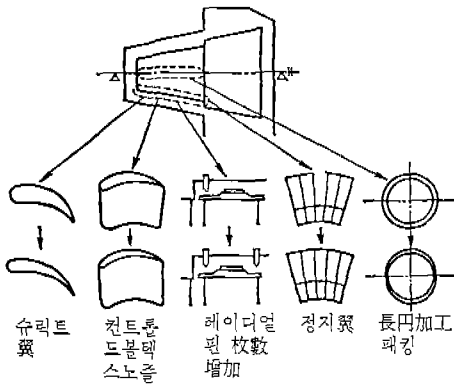
등의 구체적안에 關於하여 표시하고 있다.

#### (1) 蒸氣터빈의 효율개선

蒸氣터빈의 효율개선은 直接運轉코스트(燃料, 買電量)의 低減과 연결되어 있어 비교적 간단하게 실현 가능하게 된다. 改善의 方法은, 그 플랜트



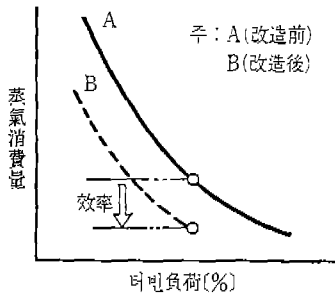
<그림 1·53> 既設發電設備의 改善



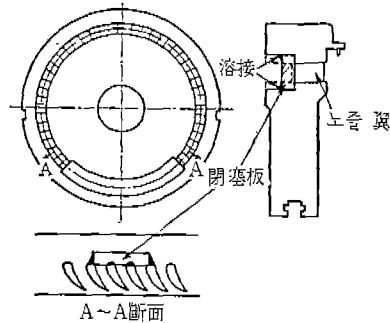
<그림 1·54> 蒸氣터빈定格負荷時의 效率改善例

트의 운전상황에 의하게 되지만 그림 1·54에 표시하는 바와 같이 定格負荷時의 效率改善方法으로는 高性能 改良날개의 사용, 間隙調整 등에 의해서 터빈內部效率가 2~4% 향상된다. 또한 그림 1·55에서와 같이 部分負荷運轉이 많은 플랜트에서는 스팀패스의 調整(減少)에 의하여 段落壓力配分을 적정하게 하여 效率를 향상시킬 수도 있다.

그림 1·56은 複數의 蒸氣터빈에 대하여, 예를 들면 總主蒸氣流量 및 總프로세스 抽氣量이 일정한 조건에서 각기의 터빈抽氣量 配分을 적정하게 하여 최대의 總發電量을 얻는 경우의 방법을 보

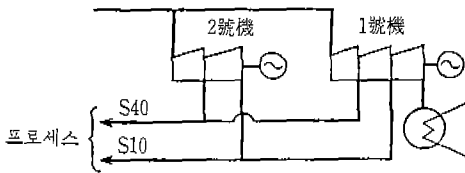


(a) 改造效果

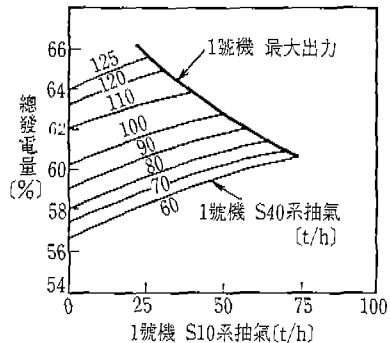


(b) 노즐閉塞方法

<그림 1·55> 蒸氣터빈 部分負荷時의 效率改善例



(a) 系統

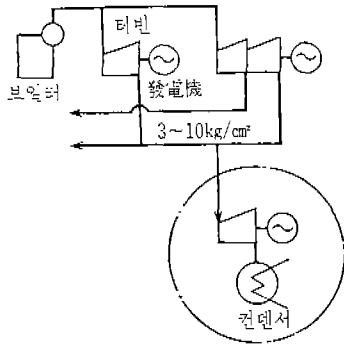


(注) S40(게이지壓力 40kg/cm<sup>2</sup> 蒸氣)

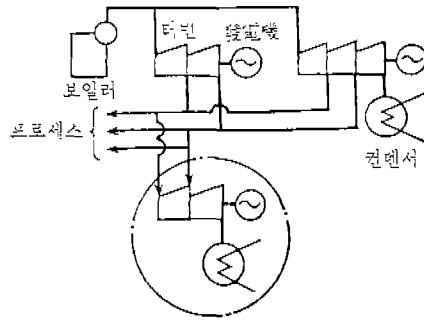
S10(게이지壓力 10kg/cm<sup>2</sup> 蒸氣)

(b) 抽氣量配分과 總發電量

<그림 1·56> 最適負荷配分의 效果



(a) 蒸氣터빈의 設置例



(b) 混壓터빈의 設置例

<그림 1·57> 剩餘蒸氣活用發電플랜트의 例

여주고 있다.

## (2) 잉여蒸氣的 動力回收

잉여蒸氣가 있는 경우에는 예를 들어 그림 1·57 (a)와 같이 3~10kg/cm<sup>2</sup>系의 低壓蒸氣源에 低壓터빈을 설치하여 잉여蒸氣的 動力回收를 기도한 예이며, 그림 1·57(b)는 잉여 프로세스蒸氣的 2系統混壓터빈을 설치한 예이다. 또한, 잉여蒸氣가 있고 플랜트로서의 電力이 부족하여 買電하고 있는 경우에는 電動機驅動的 펌프, 팬, 압축기 등의 動力을 蒸氣터빈으로 교체하는 것도 한가지 방법이다.

## (3) 運用方法의 변경

### (a) 蒸氣터빈의 出力 향상

生産프로세스의 합리화 또는 生産量의 변화 등에 의해 프로세스의 에너지需량이 변화함으로써 터빈의 抽氣壓力, 排氣壓力 등 운전조건이 변경될 때 프로세스蒸氣에 여유가 있을 경우에는 設蒸氣터빈의 스팀패스의 증가로 主蒸氣流量을 増量시켜 出力 향상을 꾀하는 방식이 있다.

통상 蒸氣터빈은 최대 10% 정도의 여유를 가지고 있으나, 다이어프램과 動翼의 強度를 확인하

고 나서 실시할 필요가 있다.

### (b) 프로세스蒸氣壓의 변경

프로세스側의 運用에 따라 許容이 되는 범위 안에서 터빈의 抽氣排氣系의 壓力에 변화가 생기는 경우에는 터빈段落의 熱落差에 變化가 발생한다. 이 變化가 排氣壓力의 低下, 또는 抽氣壓力 변화가 出力分担이 적은 畧선方向인 경우에는 터빈의 蒸氣消費率이 향상되어 出力이 증가하게 된다. 이 경우에도 터빈段落의 다이어프램, 動力의 強度등을 검토할 필요가 있다.

### (c) 터빈形式의 변경

이 방식의 전형적 예는, 프로세스에 蒸氣를 併呑하여, 抽氣複水式으로 發電設備을 背壓 내지는 抽氣背壓터빈으로 교체하는 것이다. 이것은 抽氣複數터빈設備에 있어서 複水器에의 潛熱廢棄의 減소를 감소시켜 터빈排氣蒸氣를 有效하게 利用하고자 하는 경우이다.

이상, 自家發電設備에 있어서의 에너지 利用合理化대책으로서, 排熱回收 發電設備의 各種시스템과 既設開發設備의 改善에 대하여 설명하였으나 어느것이든지 각기의 産業用플랜트의 사정에 따라서 계획하여야 할 것이며 구체적으로는 각각의 케이스에 대해 검토할 필요가 있을 것이다.

☛ 다음 호에 계속