

# 에너지절약 기법 및 사례

경기지사 김진수

(031) 260-4617

gemjin@kemco.or.kr



에너지관리공단

# 차 례

- ❖ 보일러의 열효율
- ❖ 보일러의 에너지절약 방법
- ❖ 배기가스 관리
- ❖ 응축수 회수
- ❖ 대수제어 시스템



# 보일러의 열효율

## 정의

보일러에 들어간 열(연료)이 온수/증기를 만드는데 얼마큼  
이용되는가를 나타낸말

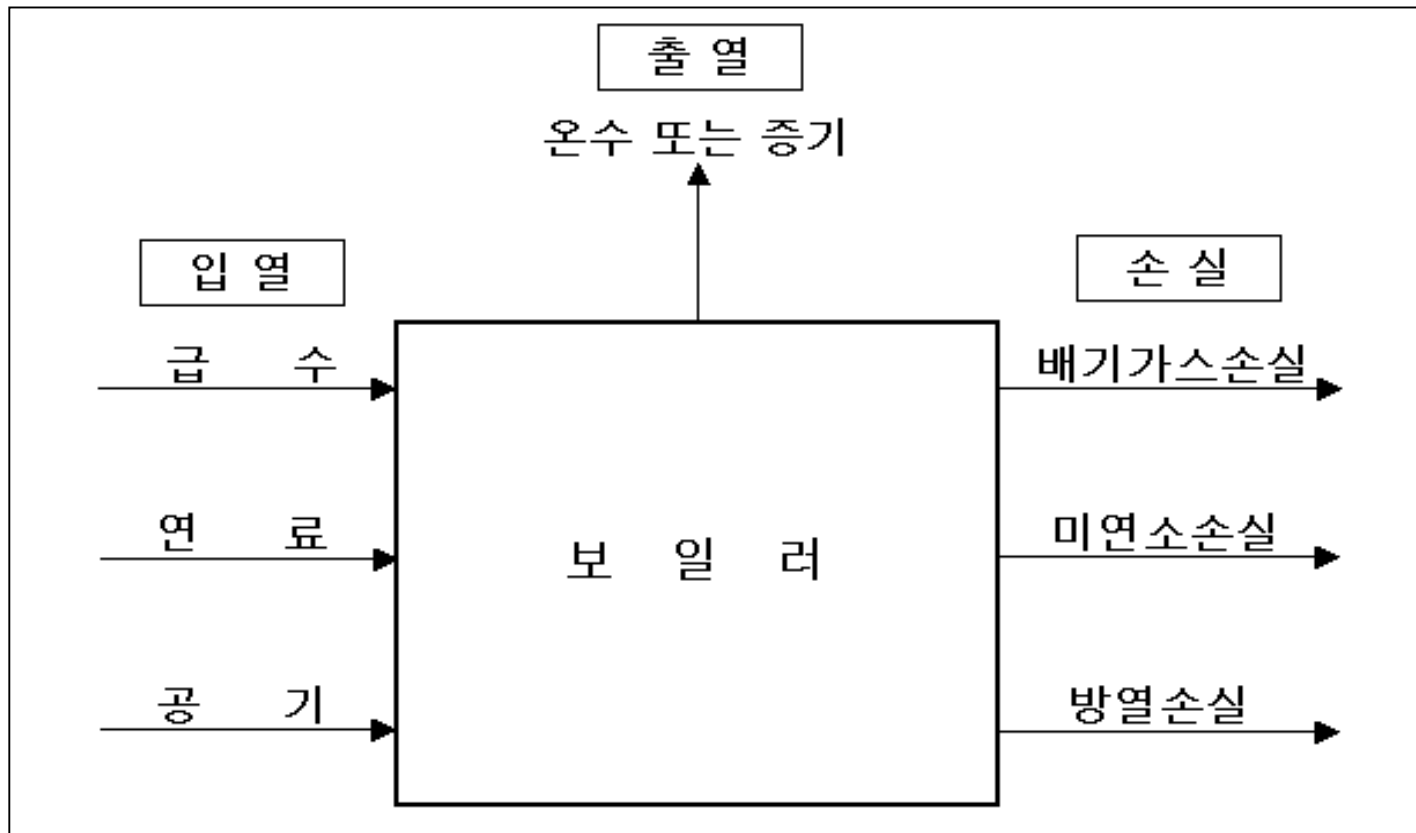
## 계산식

$$\text{보일러 열효율(\%)} = \frac{\text{유효출열량}}{\text{총입열량}} \times 100 \quad (\text{입출열법})$$

$$\text{보일러 열효율(\%)} = \left( 1 - \frac{\text{총손실량}}{\text{총입열량}} \right) \times 100 \quad (\text{열손실법})$$

# 보일러의 열효율

## ❖ 보일러의 입출열 및 손실열



# 보일러의 열효율

## ⊕ 입출열 및 손실열 세부항목

$$\text{총입열량} = \text{유효출열량} + \text{손실열량}$$

### 1. 입열량

- 연료의 발열량
- 연료의 현열량
- 공기의 열량
- 급수의 열량

### 2. 출열량

- 온수열량(온수보일러) or
- 스팀열량(증기보일러)

# 보일러의 열효율

## ⊕ 입출열 및 손실열 세부항목

$$\text{총입열량} = \text{유효출열량} + \text{손실열량}$$

### 3. 손실열량

- 배기가스에 의한 손실열량
- 미연소 손실열량
- 방열손실열량

# 보일러의 열효율

## [참고]

- **현열(Sensible heat) :**  
가열된 물질이 상태변화가 없는 경우 보유하고 있는 열량
- **잠열(Latent heat) :**  
물질이 온도·압력의 변화를 보이지 않고 평형을 유지하면서 한 상[相]에서 다른 상으로 전이할 때 흡수 또는 발생하는 열.  
예) 융해열, 증발열

# 보일러의 열효율

✦ **연료의 입열량**      (= 연료의 발열량 + 연료의 현열량)

➤ **연료의 발열량(1) = 연료사용량 × 연료의 발열량**

예)  $5\text{Nm}^3/\text{h}$ 의 LNG를 소비하는 보일러에 공급되는 연료의 발열량은  
몇 kcal/h인가?

답) (연료의 발열량) =  $5\text{Nm}^3/\text{h} \times 9,540\text{kcal}/\text{Nm}^3$

(참고)

- 발열량은 총발열량(=고위발열량), 진발열량(=저위발열량)등으로 구분
- 총발열량(고위발열량) : 연소에 의해 생성된 물이 모두 응축한 경우의 발열량으로서 수증기의 응축잠열을 가산한 값
- 진발열량(저위발열량)은 총발열량에서 수증기의 응축잠열을 뺀 값

# 보일러의 열효율

- **연료의 현열량(2) = 연료량 × 연료의 비열 × (연료의 온도 - 기준온도)**

예) 34 °C , 5N<sub>m</sub><sup>3</sup>/h의 LNG를 소비하는 보일러에 공급되는 연료의 현열은 몇 kcal/h인가?

답) (연료의 현열량) = 5N<sub>m</sub><sup>3</sup>/h × 0.38kcal/ N<sub>m</sub><sup>3</sup> °C × (34 °C - 24 °C)

## ❖ 공기의 입열량

- **공기의 열량 = 공기량 × 공기의 비열 × (공기의 온도 - 기준온도)**

예) 34 °C의 1000N<sub>m</sub><sup>3</sup>/h 공기를 소비하는 보일러에 공급되는 공기의 열량은 몇 kcal/h인가?

답) (공기의 입열량) = 1000N<sub>m</sub><sup>3</sup>/h × 0.31kcal/ N<sub>m</sub><sup>3</sup> °C × (34 °C - 24 °C)

# 보일러의 열효율

## ❖ 급수의 입열량

➤ **급수의 열량 = 급수량 × (급수의 온도 - 기준온도)**

예) 60 °C의 물을 100 ℓ /h 로 보일러에 공급할 경우 보일러에 공급되는 급수의  
입열량은 몇 kcal/h인가?

답) (급수의 입열량) = 100 ℓ /h × 1kcal/kg °C × (60 °C - 24 °C)

# 보일러의 열효율

## ⊕ 유효출열량

### ➤ 유효출열량(온수보일러의 경우)

$$= \text{온수량} \times \text{온수의 비열} \times (\text{온수온도} - \text{급수온도})$$

예) 20 °C 의 급수를 공급하여 70 °C 의 온수 5t/h을 발생하는 보일러의 유효출열량은 몇 kcal/h인가?

$$\begin{aligned} \text{답) (유효출열량)} &= 5000\text{kg} \times 1\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C} \times (70^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) \\ &= 250,000 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

### ➤ 유효출열량(스팀보일러의 경우)

$$= \text{증발량} \times (\text{증기의열량} - \text{급수의열량})$$

예) 65 °C 의 급수를 공급하여 665 kcal/kg의 열량을 갖는 증기 5t/h을 발생하는 보일러의 유효출열량은 몇 kcal/h인가?

$$\begin{aligned} \text{답) (유효출열량)} &= 5000\text{kg/h} \times (665 - 65)\text{kcal/kg} \\ &= 3,000,000 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

# 보일러의 열효율

## ⊕ 배기가스 손실열량

➤ 배기가스의 손실열량 = 배기가스량 × 배기가스의 비열 × (배기가스 온도 - 기준온도)

\* 일반적인 배가스비열 :  $0.33 \text{ kcal/ Nm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$

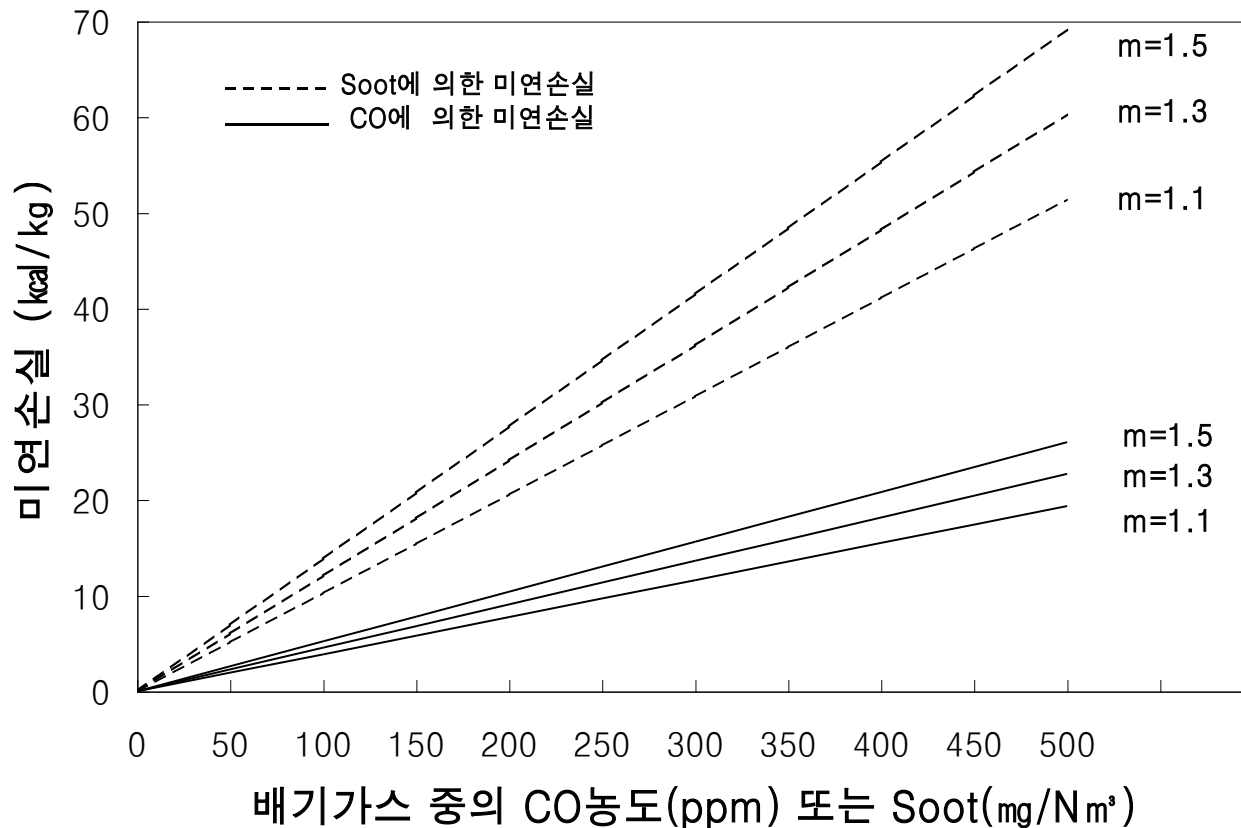
예) 어떤 보일러에서 측정한 배기가스 온도가  $220^\circ\text{C}$  이고, 배기가스량이  $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 이었고, 대기온도는  $24^\circ\text{C}$  이었다. 이 보일러에서 굴뚝으로 배출되는 배기가스 손실열량은 얼마인가?

답) (배기가스의 손실열량) =  $100 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0.33 \text{ kcal/ n m}^3 \text{ } ^\circ\text{C} \times (220 - 24) ^\circ\text{C}$   
= 6,468 (kcal/h)

# 보일러의 열효율

## 미연소 손실열량

불완전 연소에 의한 손실량 > CO, soot



# 보일러의 열효율

## ❖ 방열 손실열량

➤ 보일러외면에서 외부로 열이 전달되어 생기는 손실열량

| 보일러용량(t/h) | 5   | 10  | 50  | 100 |
|------------|-----|-----|-----|-----|
| 방열손실[%]    | 2.0 | 1.4 | 0.8 | 0.5 |

# 보일러의 열효율

## ✚ 효율계산 예

### ➤ 온수보일러의 효율

예) 발열량이 10,000 kcal/kg인 기름을 사용하는 보일러에서 시간당 연료사용량 10 kg/h이고, 연료와 급수의 온도는 대기온도와 같이 10 °C이었다. 이 보일러에서 온도가 85 인 온수를 1,000 kg/h 발생하는 경우 보일러의 열효율은 얼마나 되겠는가?

$$\text{답) (총입열량)} = (\text{연료사용량}) \times (\text{발열량})$$

$$= 10 \times 10,000 = 100,000 \text{ (kcal/h)}$$

$$(\text{유효출열량}) = (\text{온수량}) \times (\text{온수의 온도}) - (\text{급수의 온도})$$

$$= 1,000 \times (85 - 10) = 75,000 \text{ (kcal/h)}$$

$$(\text{열효율}) = (\text{유효출열량}) / (\text{입열량})$$

$$= 75,000 / 100,000 = 75 \text{ (\%)}$$

# 보일러의 열효율

## ➤ 증기보일러의 효율

예) 발열량이 10,000 kcal/kg인 기름을 사용하는 보일러에서 시간당 연료사용량이 80 kg/h이고, 연료와 급수의 온도는 대기온도와 같이 15℃ 이었다. 이 보일러에서 열량이 655 kcal/kg인 증기 1,000 kg/h 발생하는 경우 보일러의 열효율은 얼마나 되겠는가?

$$\begin{aligned}\text{답) (총입열량)} &= (\text{연료사용량}) \times (\text{발열량}) \\ &= 80 \times 10,000 = 8,000,000 \text{ (kcal/h)} \\ (\text{유효출열량}) &= (\text{증발량}) \times (\text{증기의 열량}) - (\text{급수의 온도}) \\ &= 1,000 \times (655 - 15) = 640,000 \text{ (kcal/h)} \\ (\text{열효율}) &= (\text{유효출열량}) / (\text{입열량}) \\ &= 640,000 / 800,000 = 80 \text{ (\%)}\end{aligned}$$

# 보일러의 열효율

## ❖ 보일러 연소효율(vs 열효율)

- 연료의 화학에너지(발열량)가 연소과정에서 얼마나 열로 변환되는가를 의미함

$$\text{연소효율(\%)} = \frac{\text{연소에 의한 발생열량}}{\text{연료의 고위발열량}} \times 100$$

- [연소효율] = 100 – [미연소손실율]
  - 미연소손실열량은 대부분 CO에 의한 손실

# 보일러의 에너지절약 방법

- ❖ 연소방법 개선
- ❖ 전열개선(방열손실줄임, 전열관의 열저항줄임)
- ❖ 폐열회수(배가스회수, 블로우다운수/응축수활용)
- ❖ 전력소모 줄임
- ❖ 운전관리

# 보일러의 에너지절약 방법

## ✦ 연소방법 개선

- 적은 과잉공기로 연료의 완전연소 : O<sub>2</sub> trimming 장치

## ✦ 전열 개선

- 단열이나 보온을 통한 방열손실 억제
  - 적절한 보온재 선정
  - 적절한 보온두께 선택
- 보일러 전열관의 전열촉진
  - 배가스측의 soot나 회분 제거
  - 물 또는 증기측의 스케일방지(수처리 실시)

# 보일러의 에너지절약 방법

## ❖ 폐열회수

### ➤ 배기가스열 회수

- 공기에열기(연소용공기 예열)
- 절탄기(급수예열)

### ➤ 블로우다운수열 회수

- 스케일 방지를 위해 배출되는 블로우다운수열 회수

### ➤ 응축수 회수

- 스팀으로 공급될 경우 응축수 발생 : 직접급수로 활용, 급수예열(오염이 될경우)

# 보일러의 에너지절약 방법

## ✚ 전력소모 줄임

### ➤ 적정용량 선정

- 송풍기, 펌프류의 적정용량 선정

### ➤ 고효율기기 선택

- 효율이 뛰어난 기자재 선택

### ➤ 에너지절약설비 도입

- 인버터 등

# 배기가스 관리

## ❖ 공기비 관리

- 보일러가 적정공기비에서 운전되도록 조정
- 공기비가 클 경우 배기가스량 증대로 효율저하
- 공기비

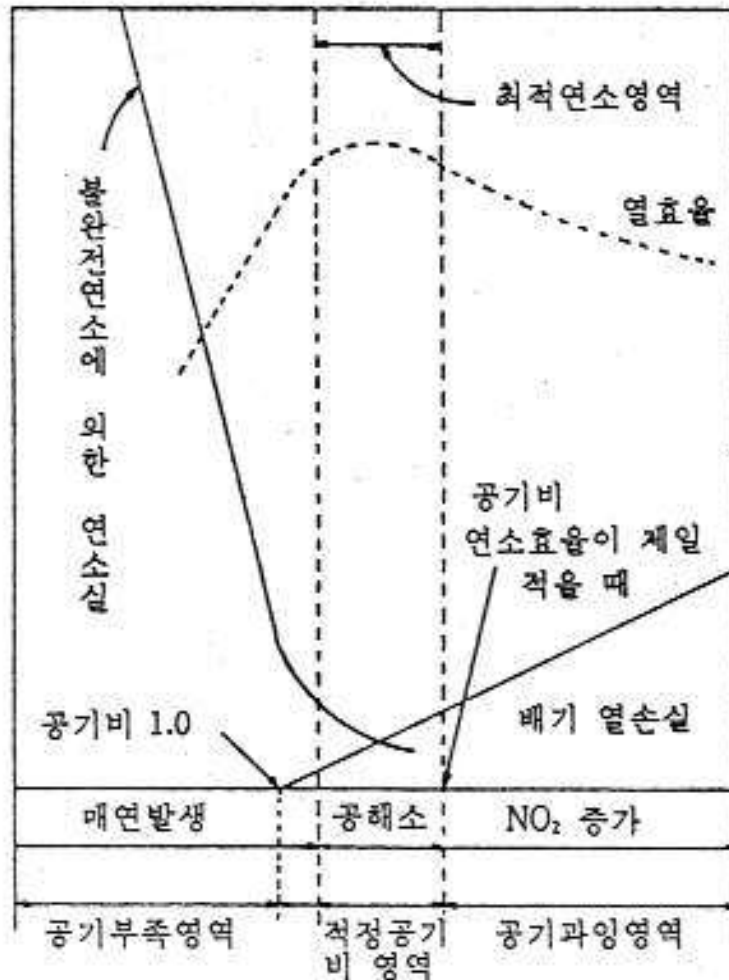
$$m = \frac{21}{21 - O_2} \quad m = \frac{CO_{2MAX}}{CO_2}$$

## ❖ 배기가스 온도관리

- 최종 배기가스온도를 적정수준으로 관리
- 배기가스 온도가 20~25℃ 낮아지면 보일러효율 1% 상승

# 배기가스 관리

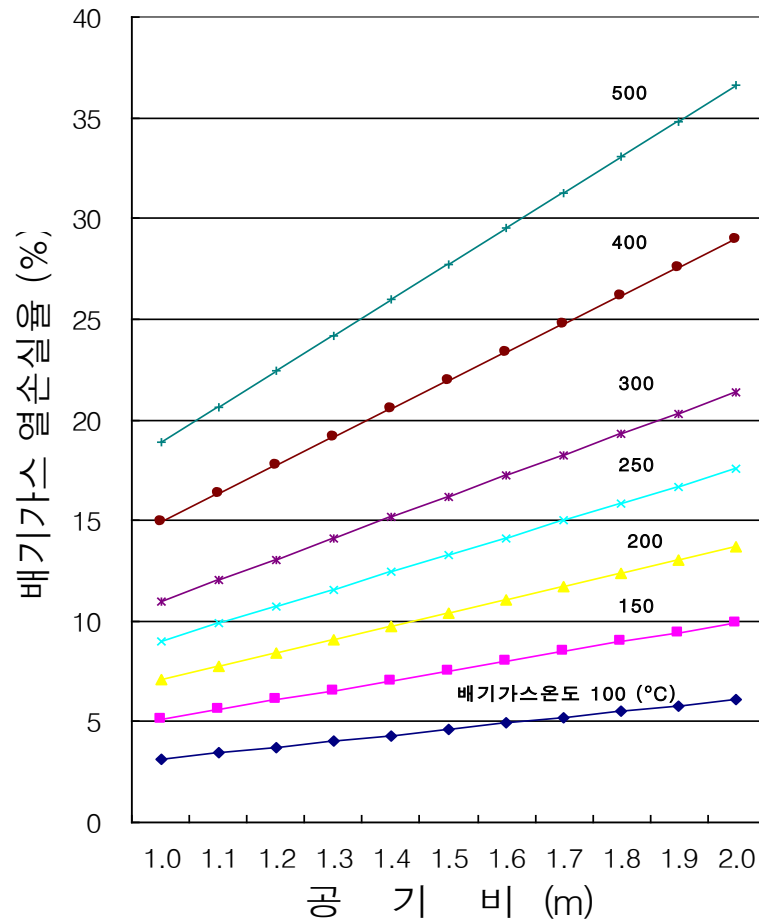
## ❖ 적정 공기비관리



■ 관리기준 : 1.1~1.2

# 배기가스 관리

## ❖ 배기가스 온도관리



# 응축수 회수

## ❖ 응축수란?

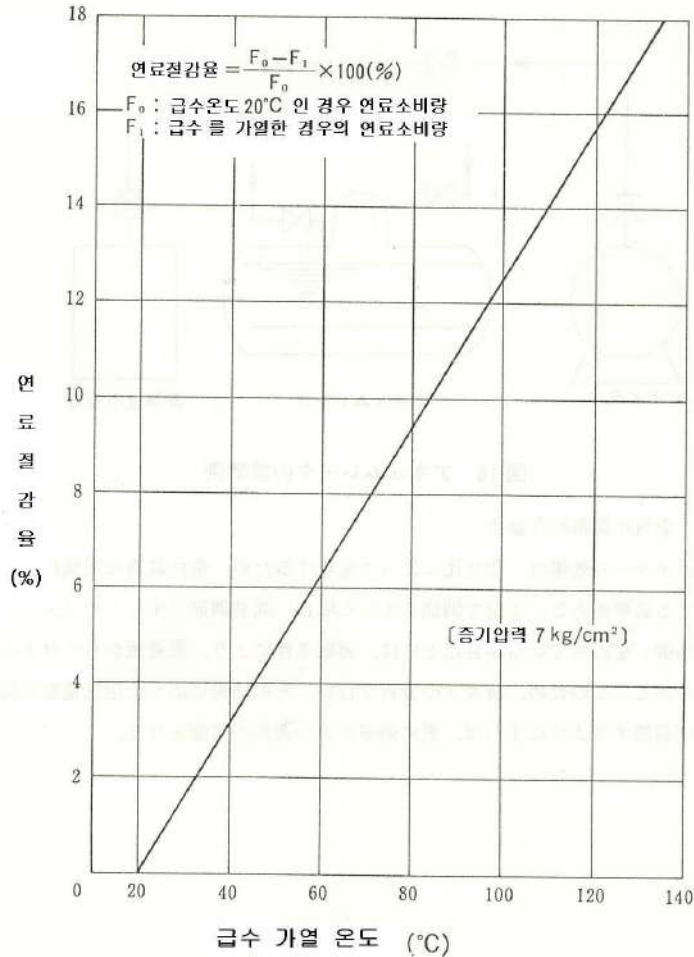
- 증기보일러에서 발생한 증기가 열사용처에서 열을 빼앗기고 응축하여 생기는 물
- 응축수는 1kg당 약 100kcal의 열량 보유

## ❖ 응축수 회수

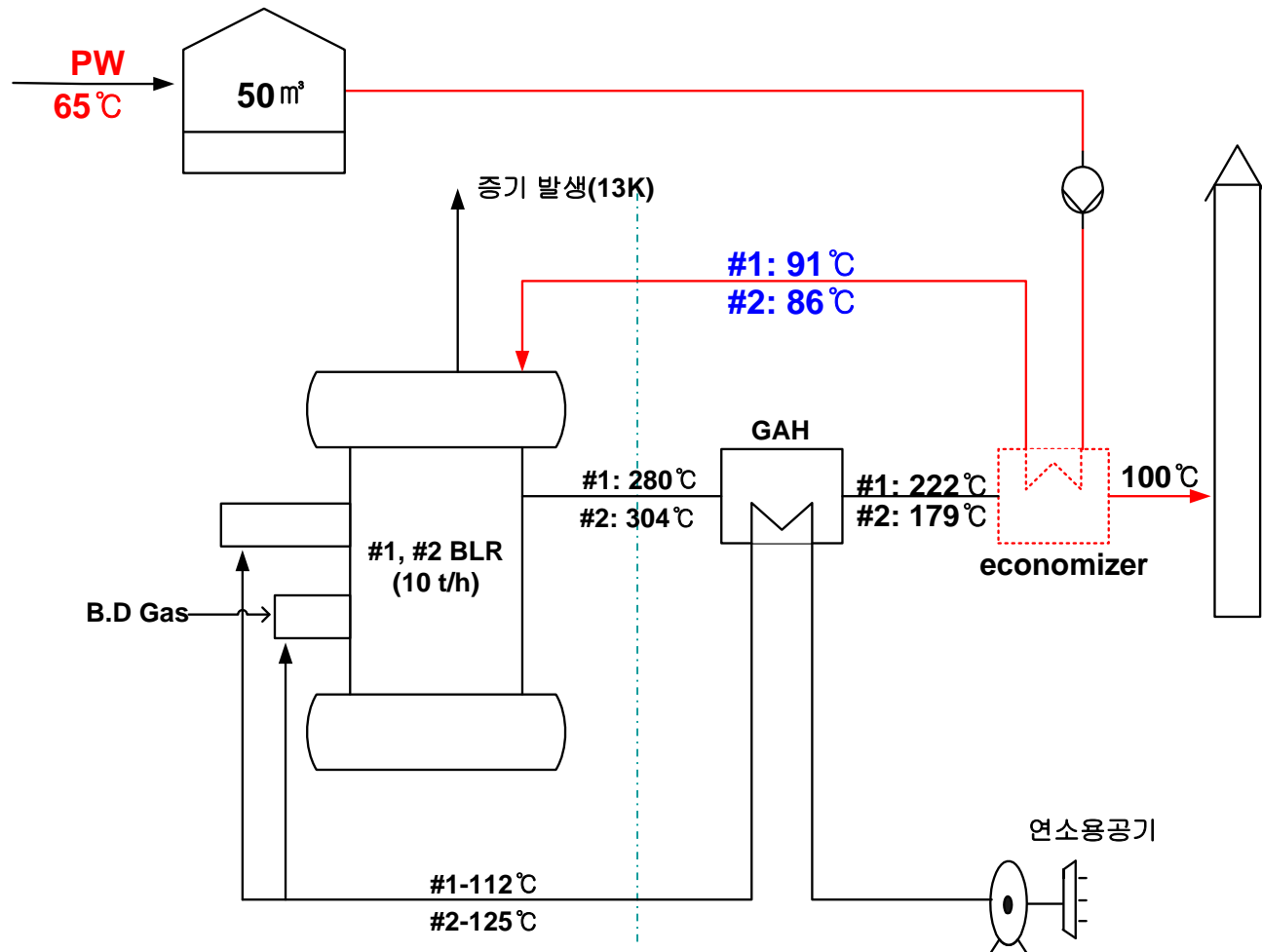
- 보일러 급수로 직접회수 또는 간접열교환 회수[오염될 경우]
- 급수온도가 6~7℃ 상승되면 에너지가 약 1% 절약

# 응축수 회수

## ✦ 응축수회수에 의한 급수가열 효과



# 보일러 폐열회수 시스템[예시]



# 대수제어 시스템

## ✦ 대수제어 시스템이란?

- 여러대의 소형보일러를 병렬로 설치하고 부하에 따라 적절히 운전하는 것을 대수제어라 함

예) 5t/h 보일러 1대를 1t/h 보일러 5대로 제어 운전

## ✦ 대수제어 시스템의 효과

- 부하변동이 심할경우 부분 부하시의 효율저하로 연료소모량 증가(방열손실 증대 등) 예방
- 대수제어시 각각의 보일러가 100% 부하에 근접한 운전가능으로 효율 극대화



**에너지절약**

**감사합니다!**