

### 3 環境親和의 코제너레이션 시스템

코제너레이션이란 Co(공동의)와 Generation(발생한다)의 복합어로 이것을 시스템업한 것을 코제너레이션 시스템이라 한다.

코제너레이션 시스템은 전기와 열을 동시에 생산하는데서 열(熱)병합 발전시스템이라고도 하며, 종래 대기 가운데 방출되고 있던 엔진배열(排熱)을 회수하여 발전함과 동시에 이것을 활용하여 종합에너지효율을 75% 전후로까지 높이는 시스템이다.

배열 이용으로 보일러 운전시간을 단축시켜 연료소비량을 줄일 수 있게 되어 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 삭감할 수 있는 외에, 연료를 연소시킴으로써 발생하는 질소산화물(NO<sub>x</sub>)에 대해서도 그 저감기술이 여러 가지 개발되고 있어 국가에서 정한 기준치 이하로 억제할 수 있게 되었다. CO<sub>2</sub>에 대해서는 지구 온난화방지 교토회의에서 1990년 대비 6% 삭감에 합의가 이루어졌으며, 이것을 해결할 수 있는 에너지효율화 환경기기로서 코제너레이션 시스템은 이제부터 보급이 가속화될 것으로 생각된다.

이에 배기가스가 클린한 도시가스를 사용한 가스 코제너레이션 시스템에 대하여 소개한다.

## 1. 머리말

산업계는 사업의 확대와 더불어 순차적으로 설비투자도 확대하여 오고 있으나, 오늘에 이르러서는 지구적인 관점에서 환경문제가 크게 부상하고 있다. 이 가운데서 CO<sub>2</sub>에 대해서는 지구온난화방지 교토회의에서 '90년 대비 6% 삭감에 이미 합의를 보았으며, 이는 긴급한 과제가 되고 있다.

“생산과 환경보호”라는 일견 모순되는 문제를 해결할 수 있는 환경기기로서 코제너레이션 시스템을 들 수 있다.

전력과 열에너지를 얻을 수 있음과 동시에 CO<sub>2</sub>를 삭감하고 또 연료의 연소로 생성되는 NO<sub>x</sub>도 삼원촉매(三元觸媒)방식과 희박연소(希薄燃燒)방식 등의 기술개발

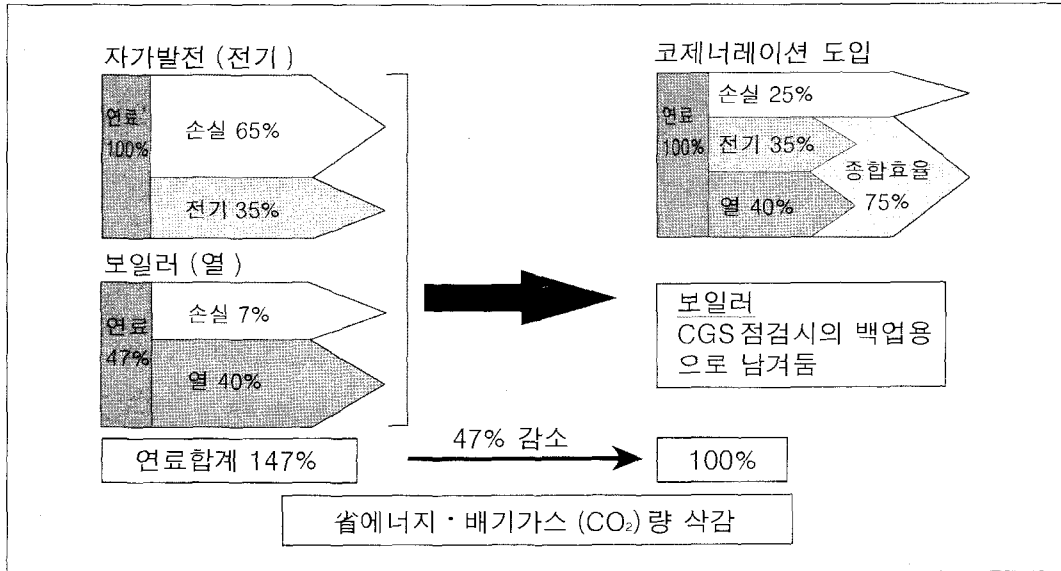
로 국가의 기준치를 하회할 수 있게 되었다.

아래에 배기가스가 클린한 도시가스를 주연료로 하는, 환경에 친근한 코제너레이션 시스템의 환경관련사업에 대한 추진현황에 대하여 기술한다(표 1, 2, 그림 1, 2 참조).

## 2. CO<sub>2</sub> 削減

그림 3에 연료가 연소함으로써 발생하는 화석연료별 발생성분을 비교 표시하였다.

그림에서 나타내는 바와 같이 화석연료 중에서도 천연가스는 CO<sub>2</sub>의 발생이 적어, 환경규제가 엄한 도시부에서의 코제너레이션 시스템 연료로서 널리 보급되게 되었다.



〈코제너레이션 시스템의 에너지 효율〉

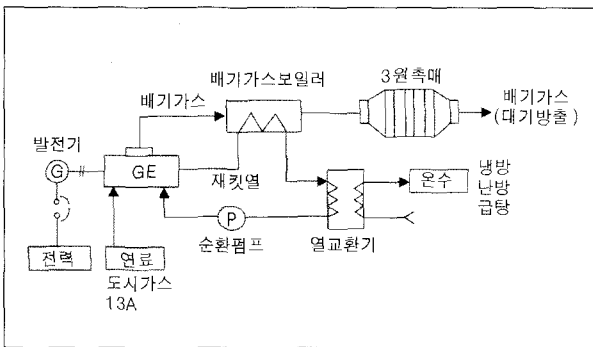
코제너레이션 시스템은 엔진의 배열을 회수하여 그 열을 발전한 전력과 함께 생산라인 등의 설비에 이용함으로써 종합에너지 효율을 75% 전후로까지 높이는 시스템이다. 또 보일러의 운전시간 단축으로 연료소비를 줄일 수 있어, CO<sub>2</sub>가 삭감되는 환경에도 친근한 시스템이다.

〈표 1〉 코제너레이션 시스템 도입현황

구분	DE	GE	GT	계	1대당 평균용량
민생용	28%	70%	2%	133대	608kW
업무용	47%	23%	30%	77대	3,342kW

(일본 코제너레이션협회 1997년도 실적)

DE : 디젤엔진, GE : 가스엔진, GT : 가스터빈

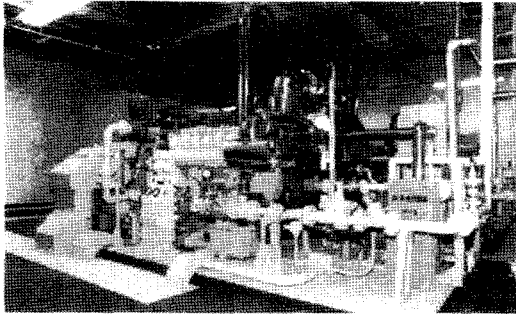


〈그림 1〉 가스엔진 코제너레이션 시스템 플로(온수 회수)

〈표 2〉 코제너레이션 시스템 납품사항

일반적인 가스엔진 CGS 사양(듀얼)

형식		코제너레이션 시스템	
정격출력	형식	가스모드 500kW, 디젤모드 380kW	
	극수	에너지 회수효율 32%	
정격전압	엔진	형식 멀티퓨얼엔진	
정격역률	사용상태	상시 : 도시가스 13A, (저위발열량 9,940kcal/Nm <sup>3</sup> ) 비상시 : 상용정전시 輕油	
발전기	연료소비량	149Nm <sup>3</sup> /h (총발열량 1,481Mcal/h)	
	형태	배기가스보일러	재킷열
	열회수	증기	온수
	회수열량	457kg/h(급수 60°C, 증기압 8kg/cm <sup>2</sup> G)	
	회수역률	(296Mcal/h) 상당 20%	
	회수역률	25%	
종합역률	77%		
운용형태	상시 : 계통연계 상용정전시 : 자립단독운전		
탈초장치	삼원촉매방식 도료의 예 200ppm 이하(0% O <sub>2</sub> )		
코제너레이션실 치수	12m×13m× 높이 5.4m		



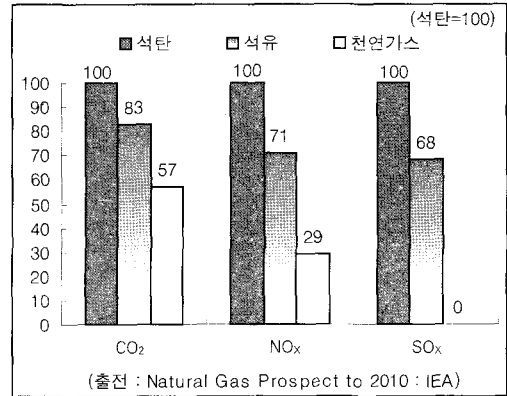
〈그림 2〉 가스엔진 코제너레이션 시스템 설치 예

### 가. 발전설비 사양

용량 : 500kW  
 연료사용량 : 149Nm<sup>3</sup>/h(도시가스 13A)  
 도시가스 1Nm<sup>3</sup>로 3.36kWh를 발전  
 연간운전시간 : 12h×300일=3,600h  
 총발전량 : 500kW×3,600h=1,800,000kWh  
 (전력사용량의 약 반을 코제너레이션 발전으로 충당)

### 나. CO<sub>2</sub> 삭감효과

전력을 1kWh 삭감한 경우의 CO<sub>2</sub> 배출량(전력 CO<sub>2</sub> 배출원단위 kgC/kWh)에 대해서는 통일된 산출기준이 없기 때문에 각 전력회사와 電機工業會, 經團連 등이 각 연도별 원단위 실적치를 사용하여 산출하고 있다.



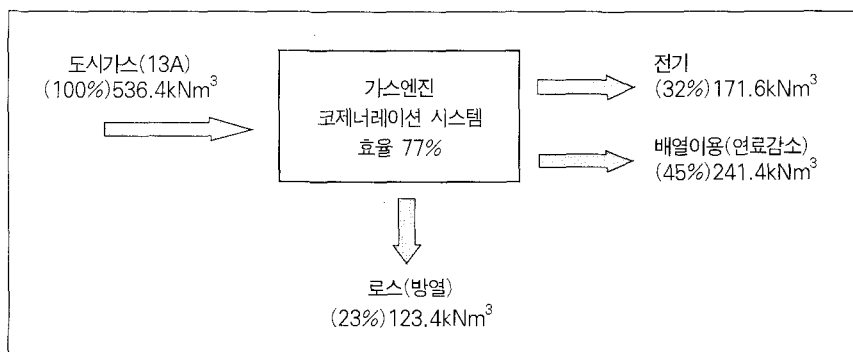
〈그림 3〉 화석연료의 CO<sub>2</sub> 등 발생량 비교

코제너레이션을 도입한 경우에는 전력회사로부터의 매입전력과 차를 효과적으로 삭감한다는 생각(방법)을 채용하고 있다.

계산식 : 각 사업장별로 공급을 받고 있는 전력회사의 각 연도의 원단위를 사용하여 산출한다.

$$\text{전력의 CO}_2 \text{ 배출량(kgC)} = \text{전력사용량(kWh)} \times \text{전력 CO}_2 \text{ 배출원단위(kgC/kWh)}$$

그림 4에 열수지(熱收支)(연간)의 일례를 표시한다. 소비전력의 1/2을 코제너레이션 발전으로 충당하는 것으로 하여 연간 CO<sub>2</sub> 삭감량을 계산하다. 설계조건은 다음과 같이 하였다.



〈그림 4〉 熱收支(연간)

- 일반 매입전력 CO<sub>2</sub> 배출원단위 0.115kgC/kWh (日本電機工業會 : 자주행동계획 추적치)
- 가스연료(13A)인 경우 CO<sub>2</sub> 배출원단위 0.616 kgC/Nm<sup>3</sup>
- 화력발전만인 경우 CO<sub>2</sub> 배출원단위는 각 전력회사와 사업단체 등에서 취하는 수치가 각각이므로 이번에는 도쿄電力의 “환경행동보고서” 1995년의 화력발전소만의 평균치 0.169kgC/kWh를 사용

**(1) 코제너레이션 導入前**

매입전력	배출 CO <sub>2</sub> 량
( * 1 ) 0.115kgC/kWh	
× 발전량 3,600,000kWh =	414톤
가스사용(보일러 등)	
( * 2 ) 0.616kgC/Nm <sup>3</sup> ×284KNm <sup>3</sup> =	175톤
합계 589톤 …… ①	

**(2) 코제너레이션 導入後**

매입전력	배출 CO <sub>2</sub> 량
( * 1 ) 0.115kgC/kWh	
× 발전량 1,800,000kWh =	207톤
가스사용(코제너레이션 발전+배열회수를 포함)	
( * 2 ) 0.616kgC/Nm <sup>3</sup> ×579kNm <sup>3</sup> =	357톤
합계 564톤 …… ②	

**(3) 削減量**

이와 같이 가스 코제너레이션을 도입함으로써 CO<sub>2</sub> 배출량이 감소하고 또한 발전소로서의 CO<sub>2</sub> 삭감효과는

코제너레이션 발전상당분을 전력회사(여기서는(\*1)의 日本電機工業會 채용치)의 화력발전 CO<sub>2</sub>분과의 차이를 감하여 산출하도록 되어 있으므로

$$\begin{aligned} & (*3) \quad (*1) \\ & (0.169\text{kgC/kWh}-0.115\text{kgC/kWh}) \\ & \text{코제너레이션 발전량} \\ & \times 1,800,000\text{kWh} = \quad 97\text{톤} \dots\dots ③ \end{aligned}$$

즉, 가스 코제너레이션을 도입함으로써 ② - ① - ③ = 122톤의 CO<sub>2</sub>를 도입전보다도 삭감할 수 있게 된다.

**3. NO<sub>x</sub> 削減**

**가. 三元觸媒**

가스엔진의 연소에는 주로 도시가스를 사용하기 때문에 액체연료인 경우 문제가 되는 배(排)가스의 배출물 중에서 유황산화물과 매진(煤塵) 등은 문제가 되지 않을 만큼 거의 없는 상태이다.

배기가스 배출에 따른 공해대책으로서는 질소산화물만이 남아 문제점의 하나로 취급되고 있다.

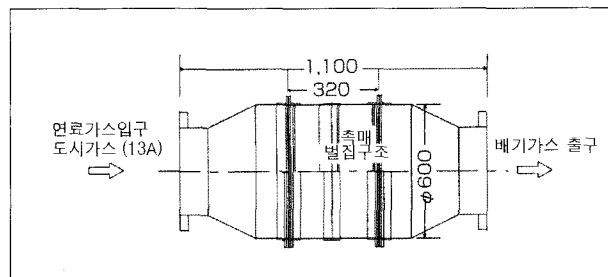
NO<sub>x</sub>는 대기 중에 방출되면 중간생성물(옥시던트)이 생기기 때문에 이를 방지하기 위해서는 삼원촉매(三元觸媒) 방식이 유효하다.

삼원촉매는 백금(Pt), 로지움(Ph), 파라듐(Pa)의 촉매로 배기가스 중의 NO<sub>x</sub>, HC, CO를 동시에 제거할 수가 있다(표 3, 그림 5 참조).

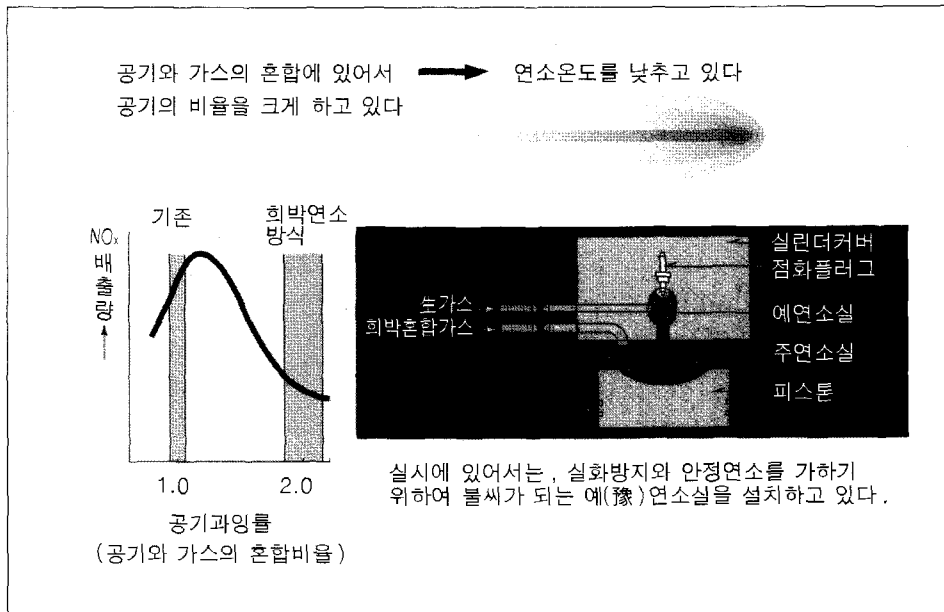
〈표 3〉 NO<sub>x</sub>의 저감동향

(단위 ppm)				
엔진	연료	방식	현재	2000년
디젤엔진	A중유	암모니아	50~300	현상유지
가스엔진	도시가스 13A	삼원촉매	150	~100
		희박연소	150~200	80~100
가스터빈	도시가스 13A	수·증기분사	100~150	80~100
		예혼합희박연소	100	40~100

(어느것이나 배기가스의 함유산소농도 0% 환산)



〈그림 5〉 삼원촉매 외형도



〈그림 6〉 가스엔진의 희박연소

## 나. 稀薄燃燒

가스엔진의 실린더의 헤드쪽에 예(豫)연소실을 설치하고 점화플러그에서 점화된 연소화염을 주연소실로 보냄으로써 완전연소를 하고, 이에 연소효과를 높임으로써 질소산화물을 줄이는 방법이 채용되고 있다.

연소시의 공기량을 증가시켜 연소온도를 낮춤으로써 서멀 NO<sub>x</sub>의 저감에 효과가 있음을 알고 있는데, 최근에는 공기과잉률 2.0을 초과하는 영역에서의 운전도 가능하게 되었다(그림 6 참조).

공기과잉률 2.0 근처 이상에서의 운전을 희박연소(稀薄燃燒)라고 한다.

## 4. 맺음말

에너지를 둘러싼 환경의 변화 가운데서 코제너레이션 시스템의 역할이 더욱더 높아져 앞으로 도입이 더욱 촉진될 것으로 전망되고 있다.

각종 규제완화가 진전되는 가운데, CO<sub>2</sub> 삭감효과가 큰 Cogeneration System, 특히 도시가스를 사용한 Gas Cogeneration은 도시지역에서는 더욱 도입이 가속화될 것이다.

환경에 친근한 코제너레이션 시스템의 기술확립을 도모하면서 환경관련사업의 향상에 공헌하고자 한다. ☒

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.