



# 消化가스를 연료로 하는 마이크로가스터빈 코제너레이션 시스템

에너지와 환경을 조화시킨 자원순환형 사회의 실현을 위해 하수처리장에서도 하수열이나 소화가스 등의 미이용(未利用)에너지의 유효활용이 기대되고 있다.

소화가스는 하수처리장에서 발생하는 에너지 중에서는 큰 비중을 차지하고 있으나 소화조의 가운을 위해 사용되고 있는 정도로 반드시 유효하게 활용되고 있다고는 말할 수 없다. 또 가스엔진의 코제너레이션에 의해 유효하게 활용되고 있는 처리장도 있으나 메인テナンス 비용 등의 문제로 보급되고 있지 않은 것이 실제의 상황이다. 한편, 마이크로가스터빈은 그 구조의 심플성 때문에 가스엔진과 비교하여 메인テナンス 비용의 저감이 기대되고 있어, 소화가스를 연료로 하는 코제너레이션 시스템으로서 앞으로의 보급이 기대되는 발전시스템이다.

그래서 소화가스의 마이크로가스터빈용 연료로서의 적용을 위한 검증과 운용상의 과제를 밝힐 것을 목적으로 北見市 精査センター의 처리장 내에 설치하여 실증시험을 하고 있다.

지금까지 약 4,000시간의 운전실적에서 소화가스에 기인하는 본질적인 문제도 없고 시스템이 안정되게 동작하는 것을 확인하였다.

또한 실증시험설비에는 마이크로가스터빈의 운전상태를 24시간 리모트 감시하는 리모트감시장치를 설치하고 있는데, 운전데이터의 파악과 이상 발생시의 고장진단/기술검토에 유효하게 사용되었다.

## 1. 머리말

지구온난화 등 지구환경문제가 21세기의 중요한 과제로 되어 있어 에너지와 환경을 조화시킨 성(省)자원·성(省)에너지형 사회와 자원순환형 사회의 실현이 요청되고 있다.

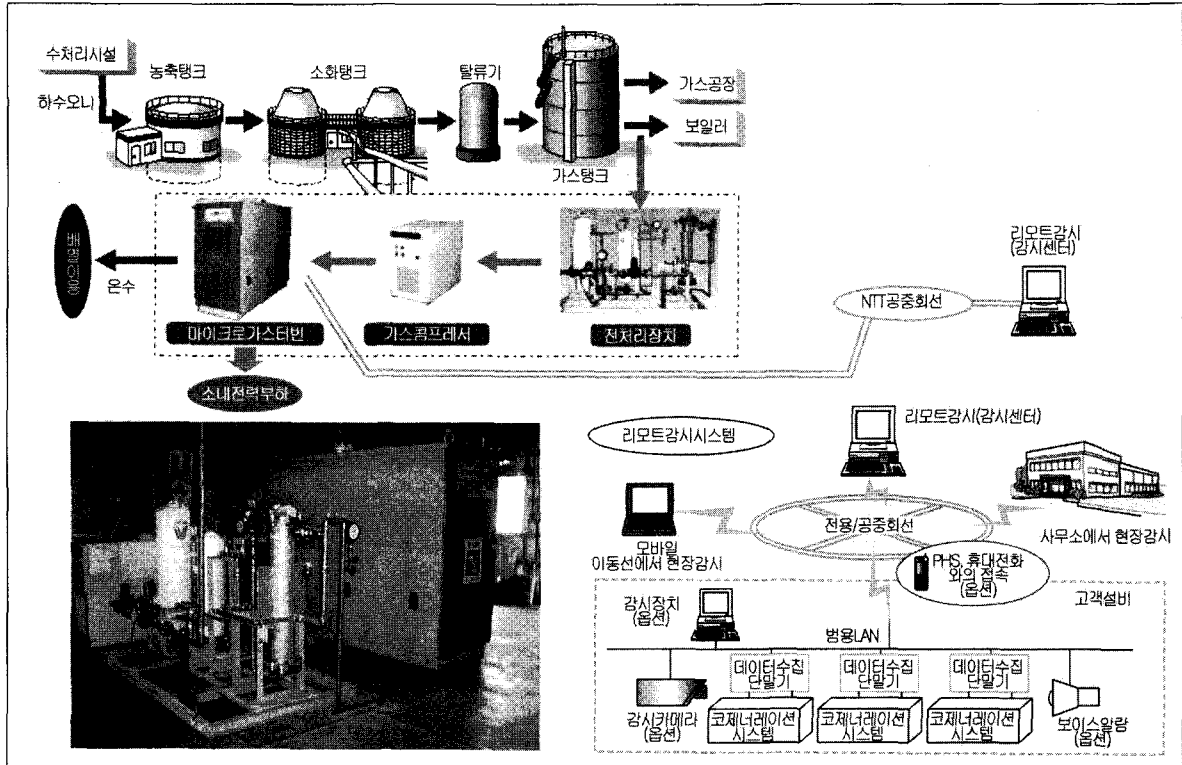
하수처리장에서의 소비전력은 일본 국내 총 소비전력의 약 0.6%를 점하고 있으며, 하수도 보급률의 향상과 고도처리의 도입 등으로 전력소비량이 앞으로 더욱 증가할 것으로 예상된다. 이 때문에 하수처리장에서는 하수도 플랜트가 갖는 하수열과 소화가스 등의 잠재적 에너지를 유효하게 활용함으로써 지구환경문제에 공헌할 것으로

기대되고 있다.

소화가스는 하수처리장에서 발생하는 에너지 중에서는 큰 비중을 차지하고 있으나 현재는 소화조의 가운용연료로 사용되고 있는 정도로 반드시 유효하게 활용되고 있다고는 할 수 없다. 또 가스엔진에 의한 코제너레이션으로 유효하게 이용되고 있는 예도 있으나 메인テナンス비용 문제 등으로 반드시 보급되어 있지 못한 실정이다.

한편, 마이크로가스터빈은 그 구조의 심플성 때문에 가스엔진과 비교하여 메인テナンス 비용의 저감이 기대되고 있어, 소화가스를 연료로 하는 코제너레이션 시스템으로 앞으로 보급이 기대되는 발전시스템이다.

그래서 소화가스의 마이크로가스터빈용 연료로서의 적



〈消化가스사양 마이크로가스터빈(MTG-28)과 리모트 감시시스템〉  
 소화가스사양 마이크로가스터빈 발전시스템은 하수처리장에서 발생하는 소화가스를 유효하게 활용하는 코제너레이션 시스템이다. 코제너레이션 시스템을 24시간 리모트 감시하는 리모트감시장치와 조합함으로써 감시업무의 경감과 이상발생시의 신속한 대응이 가능하게 된다.

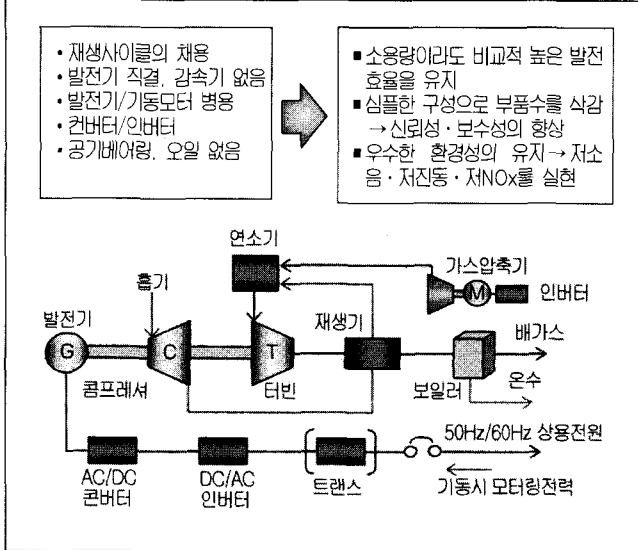
용에 대하여 검토할 목적으로 2002년 7월부터 北見市 正화센터에 28kW급 소화가스이용 마이크로가스터빈 발전 시스템을 설치하여 실증시험을 하고 있다. 실증시험설비에는 마이크로가스터빈의 운전상태를 24시간 리모트 감시하는 리모트감시장치를 설치하여 운전데이터의 파악과 이상 발생시의 고장진단/기술검토를 지원할 수 있는 시스템으로 하였다.

본고에서는 마이크로가스터빈의 구성과 특징, 그리고 리모트감시장치에 대하여 소개함과 동시에 소화가스를 연료로 하는 마이크로가스터빈 발전시스템 실증시험의 개요와 지금까지 얻은 지식에 대하여 기술한다.

## 2. 마이크로가스터빈의 構成과 特徵

마이크로가스터빈은 소형 경량이며 환경 특성이 우수한 소용량의 발전장치로서 소형 분산전원으로서의 도입이 기대되고 있다. 또 배열회수가 용이하여 열이용을 포함한 종합효율은 70% 이상이 기대되고 있다.

마이크로가스터빈은 기본적으로 대형 가스터빈과 같은 원리에 기초하고 있으나 재생사이클의 채용으로 소용량이지만 비교적 높은 발전효율을 유지하고 있다. 또 공기베어링의 채용으로 윤활유 관련 장치의 생략, 발전기 직결로 감속기의 생략 등의 구성에 의하여 부품수를 삭감하여 신



〈그림 1〉 마이크로가스터빈의 구성과 특징

뢰성·유지보수성이 향상되어 있다.

그림 1에 마이크로가스터빈의 구성과 특징을 표시한다.

리얼타임으로 감시가 가능하며 그래픽 표시, 커런트 표시 또는 트렌드그래프 표시로 상황을 파악할 수가 있다. 또 매정시(每正時)의 데이터를 자동수집하여 일보·월보·연보의 장표데이터로서 편집 출력을 할 수가 있다.

### (2) 이상 발생의 대응

설비측의 데이터 수집장치가 설비의 이상을 검출하면 감시센터에 대하여 자동으로 경보를 발신하여 통지한다. 그림 3에 이상 발생시의 일련의 액션플로를 표시한다.

센터에서 경보를 수신하면 감시 PC서버는 이상 발생시점 전후의 운전데이터를 자동수집하여 경보정보와 함께 데이터베이스에 격납(格納)한다. 이 데이터는 담당기술자의 상황분석·진단과 처치 검토를 위하여 고장트렌드그래프로 표시할 수가 있다. 또 데이터베이스에 격납·저축된 과거의 데이터는 이상 진단을 하기 위한 과거 사례와의 비교 검토용 데이터로 활용된다.

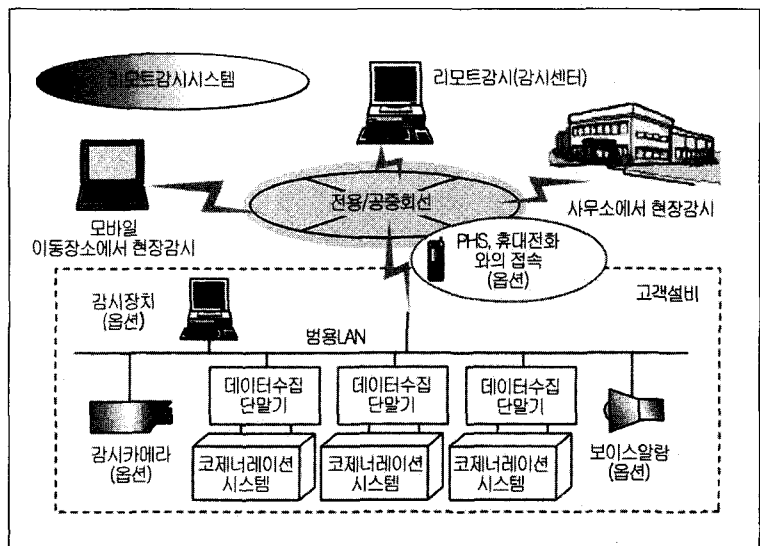
## 3. 리모트 監視装置

리모트감시장치는 마이크로가스터빈과 같이 소용량의 코제너레이션 시스템을 서비스센터에서 24시간 리모트 감시하기 위한 시스템이다.

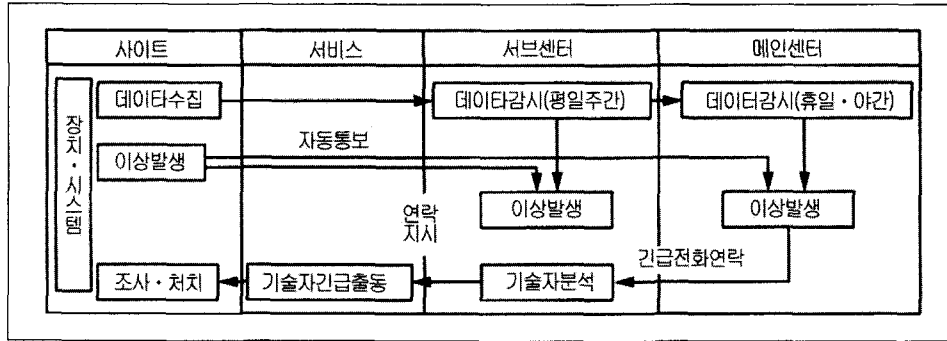
리모트감시 시스템의 구성을 그림 2에 표시한다. 리모트감시의 내용은 설비규모, 설비사양, 고객의 요망에 따라 다르나 감시서비스의 내용으로는 다음의 3가지가 있다.

### (1) 온라인모니터, 데이터 수집 기능

설비의 운전상황은 감시센터에서 수시



〈그림 2〉 리모트 감시시스템의 구성



〈그림 3〉 리모트 감시 이상시의 운용

**(3) 운전·유지보수 서비스 기능**

설비의 사양, 상황에 따라서는 서비스 기술자를 현장에 파견하지 않고 원격으로 제어설정치의 변경, 기동·정지 조작, 리프트 조작 등이 허용되는 경우가 있다. 고객의 요구에 따라 이들 서비스에 대처할 수 있도록 분산원전 코제너레이션 시스템의 리모트감시 시스템에는 원격운전·제어기능을 구비할 수가 있다. 마이크로가스터빈 설비에 대해서는 고장·복구 동작의 확인 등을 위해 원격으로부터의 기동·정지 및 리프트조작 기능을 표준장비화하고 있다.

**4. 實證試驗의 개요**

**가. 시험목적**

소화가스는 발열량이 천연가스계 도시가스의 약 1/2 정도로 낮고 가스조성(발열량)도 변동하며, 또 유해한 불순물 성분을 포함하는 등 마이크로가스터빈용 연료로 사용하기 위해서는 몇 가지 해결하여야 할 과제가 있다. 그래서 이 실증시험에서는 소화가스의 마이크로가스터빈용 연료로서의 적용의 검증과 적용상의 과제를 밝히는 것을 목적으로 하여 다음의 검증항목을 설정하였다.

- ① 소화가스에 의한 안정동작의 검증  
(목표운전시간 : 8000시간)

- ② 소화가스 사양기기(전(前)처리장치, 가스컴프레서)의 안정동작의 검증
- ③ 발전효율, 배열회수율의 확인(설계치와의 비교 검토)

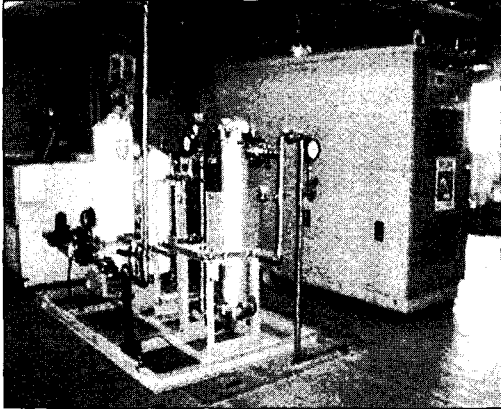
**나. 실증시험설비의 기본사양**

실증시험설비의 기본사양을 표 1에 표시한다. 또 외관 및 시스템플로를 그림 4와 그림 5에 표시한다.

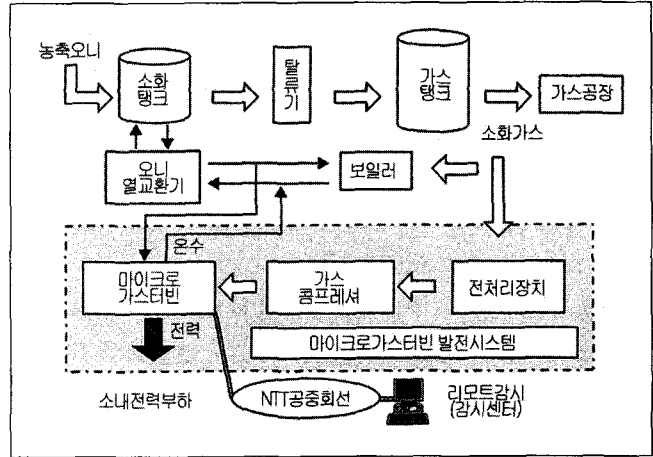
실증시험설비는 28kW급 마이크로가스터빈 본체와 배열회수장치를 패키지화한 마이크로가스터빈 코제너레이션시스템 패키지(상품명 : 마이크로에코터보 MTG-28), 소화가스 중의 불순물을 제거하는 전(前)처리장치, 연료를 소정의 압력으로 가압하는 가스컴프레서 등으로 구성되어 있다. 또 마이크로가스터빈의 운전상태를 24시간 리모트 감시하는 리모트감시장치를 설치하여 만일에 고장

〈표 1〉 실증시험설비의 기본사양

항 목	사 양
정격출력	28kW 발전단(흡기온도 15℃)
전 압	200V 3상 3선식
주 파 수	50Hz
발전효율	26% LHV, 발전단(흡기온도 15℃)
열 출 력	54kW 온수(60/70℃)
종합효율	74~79%
외형치수	(W)790×(L) 2,500×(H) 1,850(mm)
질 량	1,600kg



〈그림 4〉 실증시험설비의 외관



〈그림 5〉 실증시험설비의 시스템플로

이 발생한 경우에도 신속하게 대응할 수 있는 시스템으로 하였다. 또한 마이크로가스터빈의 배열은 기설의 온수계통에 접속하여 소화탱크의 가운을 위해 사용토록 하였다.

### 다. 실증시험 결과

#### (1) 운전실적

실증시험설비는 2001년 7월에 설치·조정을 완료하여 7월 30일에 첫 발전을 실시하였다. 10월 중순까지 단독운전(저항부하)에 의한 조정운전을 한 후 계통연계운전에 의한 24시간 연속운전시험으로 이행하였다.

표 2에 운전실적을 나타내었다. 누적운전시간은 4090시간으로 평균부하는 26.6kW이다. 그 동안 소화가스에 기인하는 본질적인 문제도 없고 시스템이 안정되게 동작하는 것을 확인하였다.

#### (2) 발전효율에 미치는 흡기온도(吸氣溫度)의 영향

마이크로가스터빈에서는 발전효율에 대해 흡기온도의 영향이 있음이 알려져 있다. 그래서 실운전상태에서의 실내온도 변화에 따른 발전효율에의 영향을 검토하였다.

그림 6에 발전출력, 연료유량 및 발전효율에 미치는 흡기온도의 영향을 나타내었다. 그림

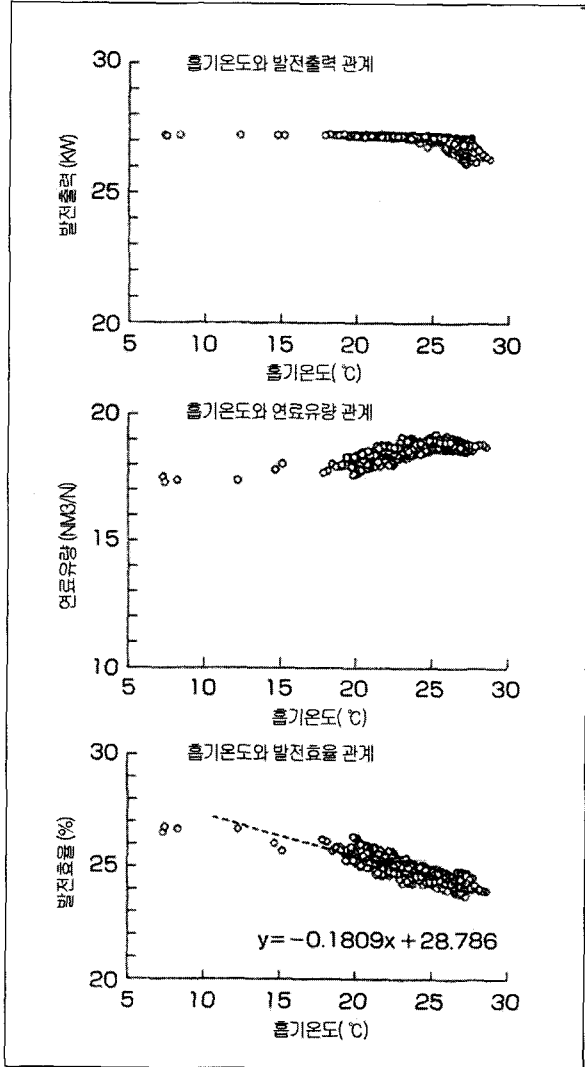
에서 발전출력은 흡기온도가 약 25℃ 부근까지는 흡기온도의 영향이 적으나 그 이상에서는 온도상승과 함께 발전출력이 저하하는 것을 알 수 있다. 또 연료유량도 약 25℃까지는 흡기온도 상승과 함께 증가하나 그 이상에서는 포화하는 경향이 보인다. 그 결과 발전효율은 흡기온도의 상승과 함께 저하하며 그림에 표시하는 근사식이 성립한다. 이 근사식을 사용하여 설계온도 15℃에서의 발전효율을 구하면 26.1%로 설계치와 일치하는 것이 확인되었다.

#### (3) 배열회수율에 대한 온수 회수온도의 영향

이번의 실증플랜트에서는 배열회수사양은 온수 입구온도 60℃, 온수 출구(회수)온도 70℃로 하였는데 처리장내의 보일러의 운전상태에 따라 출구온도가 영향을 받아 약 60℃에서 80℃까지 변화하였다. 그래서 배열회수율에

〈표 2〉 실증시험설비의 운전실적

항 목	내 용	비 고
1. 초발전	2001년 7월 30일	
2. 운전모드	• 7월 30일~10월 9일 : 단독운전(저항부하) • 10월 18일~ : 계통연계운전	8시간/일 24시간 연속
3. 운전실적	• 누적운전시간 : 4,090h • 누적발전전력량 : 108,800kW·h	2002년 6월 30일 현재

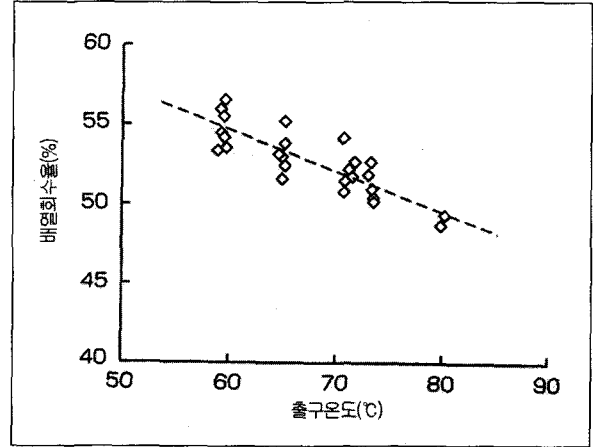


〈그림 6〉 발전출력·연료유량 및 발전효율에 미치는 흡기온도의 영향

미치는 온수회수온도의 영향에 대해 검토를 하였다.

그림 7에 배열회수율에 미치는 온수회수온도의 영향을 나타내었다. 그림에서 배열회수율은 출구온도의 상승과 함께 저하하는 것을 알 수 있다.

출구온도의 설계치 70°C에서의 배열회수율을 구하면 52%로 되어 설계치(50%)를 만족하고 있음을 확인하였다.



〈그림 7〉 배열회수율에 미치는 온수회수온도의 영향

### 5. 맺음말

소화가스의 마이크로가스터빈용 연료로서의 적용성의 검증과 적용상의 문제를 분명히 할 것을 목적으로 실제의 하수처리장에서 실증시험을 하고 있다. 지금까지 약 4000 시간의 운전실적에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

- ① 소화가스에 기인하는 본질적인 문제도 없이 시스템이 안정되게 동작하는 것을 확인하였다.
- ② 발전효율 및 배열회수율이 거의 설계치를 만족함을 확인하였다.
- ③ 운전성능에 미치는 흡기온도 등의 영향에 관한 지식을 얻을 수 있다.

앞으로 이번의 실증시험결과를 토대로 소화가스를 연료로 하는 마이크로가스터빈 코제너레이션 시스템의 실용화를 적극 추진할 생각이다. ■

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