



열병합발전 시스템과 에너지환경Ⅱ

-일본 열병합 발전 심포지움을 다녀와서-

글/도 유 봉(에너지관리공단 과장/기술사)

- 목 차 -

1. 서 론
2. 심포지움 동정
3. 현장기술 답사
4. 화학섬유 공장에서의 열병합발전 실적
5. 배기재연소형 산업용 Repowering system
6. 인산형 연료전지의 개발상황
7. 결 론

5. 배기재연소형 산업용 Repowering system

가. 머리말

당사는 종이와 종이가공품의 종합메이커로서, 東京공장은 신문이나 단보루, 잡지 등의 고지(古紙)를 재이용하여 단보루 등의 재료로되는 판지를 생산하고 있다. 종이의 제조공정에서는 원료의 조성설비와 대형 초지기를 가동하기 위한 전력, 종이건조용 고온증기 등 다량의 에너지가 필요하게 된다.

당공장의 보일러·증기터빈 설비는 '67년에 설치된 이래 약 26년간 운전되어 공장조업에 기여하고 있다. 이 자가용 발전설비는 병커C유를 연료로 하여 사용(배연탈황장치付)하고 있었으나, 東京都에서 '91년에 시행된 “보일러 질소 산화물 배출저감 지도요령”에 따라 기설 보일러의 도시가스화를 검토하기 시작하였다.

이러한 배경에는 환경부하의 저감, 자기발전 비율의 향상 또는 에너지 코스트절감 등에 대해서 종합적으로 판단하여, 기설보일러 연료의 가스전환을 실시하는 동시에 리파워링시스템을 도입하기로 결정하였다. 이 리파워링시스템은

- 1) 생에너지
- 2) CO₂, NO_x의 저감
- 3) 발전출력의 증가
- 4) 에너지코스트의 절감

등의 특징을 가지고 있어, 당공장이 지향하는 목표에 부합되는 시스템이라고 할 수 있다.

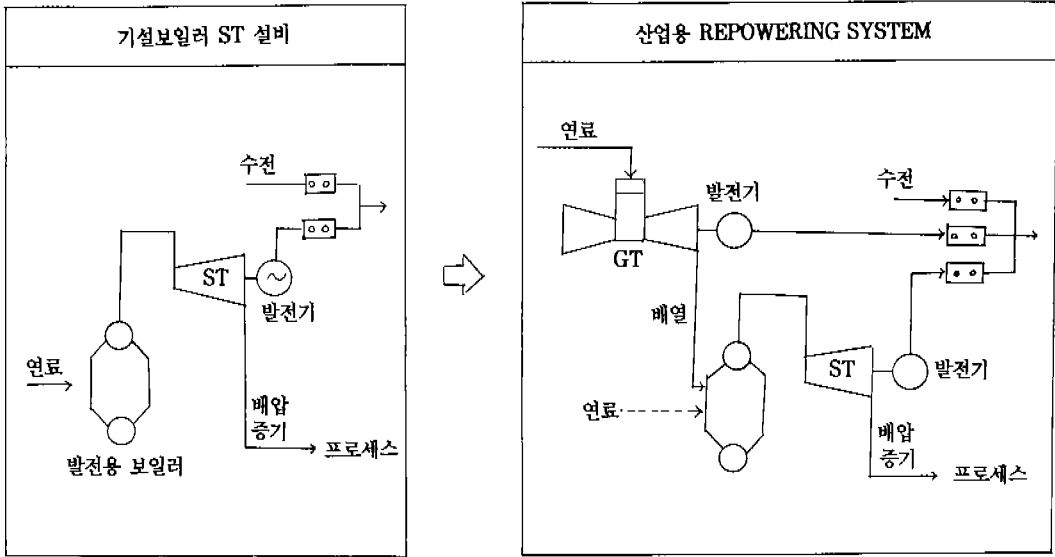
나. 리파워링 시스템

리파워링(Repowering)이라함은 기설발전소의 효율개선에 따라 발전능력을 증가시키는 것으로, 가스터빈을 이용한 리파워링은 가스터빈의 배열을 기설 발전소(보일러·증기터빈)에 사용하는 복합사이클(Combined cycle)로 구성하여 생에너지와 가스터빈에 의한 발전출력을 증가시킬 수 있는 것으로, 특징은 다음과 같다.

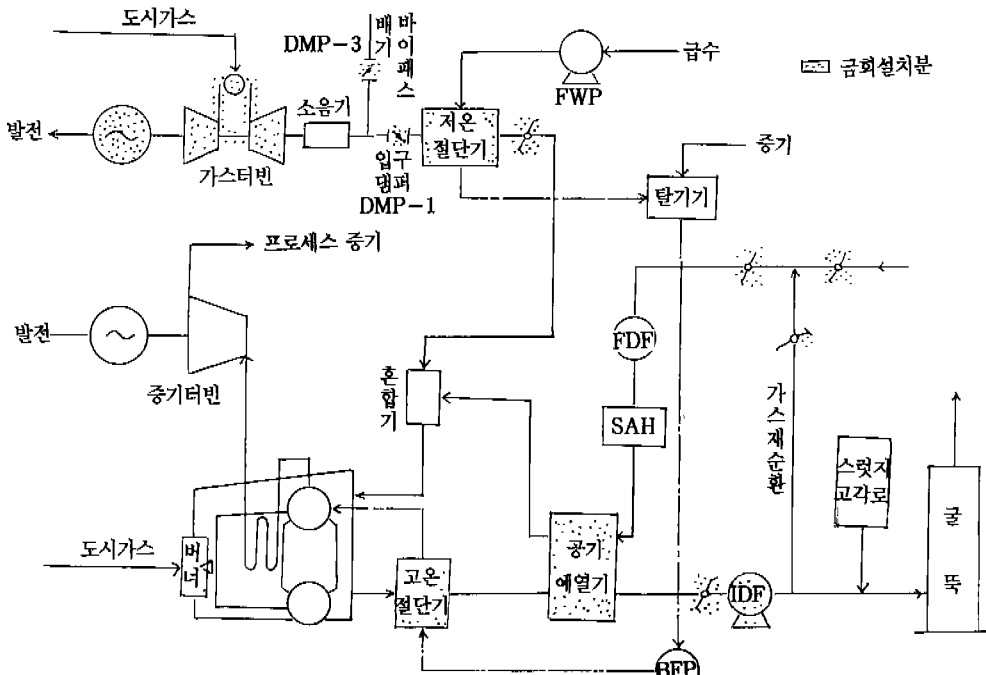
1) 에너지를 다단적으로 유효하게 이용(케스케이드 이용)할 수 있고, 종래 보다도 10~30%의 생에너지를 도모할 수 있다

2) 환경면에 있어서는 생에너지효과에 의하여 CO₂, NO_x의 저감을 도모할 수 있다.

3) 부설한 가스터빈분의 발전출력 증가를 가져올 수 있다.



<그림 3> 산업용 리파워링 시스템 개념도



<그림 4> 배기 재연소형 Repowering 시스템 계통도

4) 생(省)에너지에 의하여 공장의 에너지 코스트 저감을 도모할 수 있다.

그림 3은 가스터빈을 사용한 리파워링 시스템의 개념도이고, 당공장에서 채용한 배기재연소 방식은 기설보일러를 유효하게 이용할 수 있으며, 배가스량

의 증가가 적어서 기존 굴뚝을 이용할 수 있는 등 기존설비를 최대한 유효하게 이용하는 방식이다.

다. 시스템 개요

그림4는 당공장에서 채용된 리파워링 시스템의 계

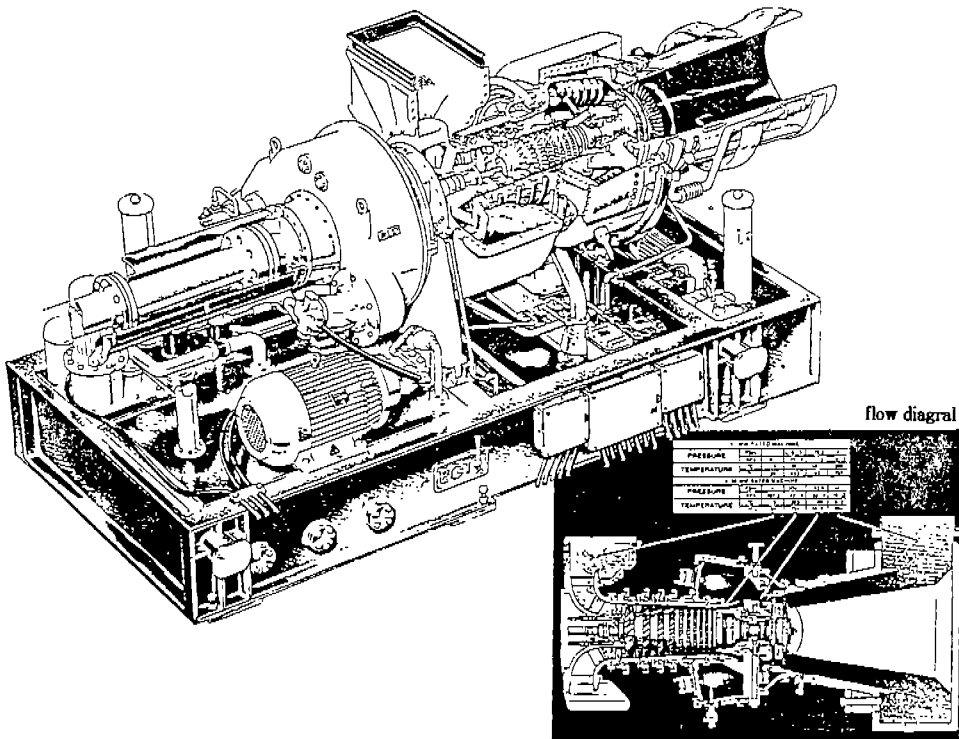
통도로서 주요기기 사양은 표3과 같다. 신설한 가스 터빈의 구조도는 그림5에 나타내고 있으며 히타치제작소가 Pactcasing을 하고 있는 영국 EGT(European Gas Turbines)의 산업용 가스터빈으로서, 고효율·신뢰성·보수성이 우수한 기종을 선정하였다.

<표 3> 주요기기의 사양

기기 명칭	사 양	비 고
1. 가스 터빈	<ul style="list-style-type: none"> • 형식 : 단순개방 사이클 1축형 • 구조 : 컴프렛서 축류 10단 터 빈 축류 2단 • 출력 : 4,300kW(대기온도 7℃일때) • 회전수 : 16,500rpm • 연료 : 도시가스 • NOx저감방법 : 물분사 	신 설
2. 스팀 터빈	<ul style="list-style-type: none"> • 형식 : 증동식 배압 터빈 • 구조 : 임펠스 12단 • 출력 : 8,000kW • 회전수 : 3,000rpm • 배압 : 4.5kg/cmG 	기 설

3. 보일러	개 조 전	개 조 후	기 설 개 조	
	수관식 자연순환형			
	바브록 Hitachi PF1형(1967년)			
•종 류	72T/H	62T/H		
•형 식				
•최대연속 증발량	93kg/cmG	좌 동		
•최고 사용 압력	83kg/cmG	“		
•증기 압력	483℃	“		
•증기 온도	150℃	“		
•급수 온도	압입 통풍	평형 통풍		
•통풍 방식	C중유 전소 대기 연소	도시가스전소 대기연소 및 GT배기연소	연료 전환	
•연소 방식	Mg(OH) ₂ 법 배연탈초	없 음		
•탈초 방식	저NOx버너 (2단연소)	좌 동		
•저NOx대책				

보일러는 기설 중유연소방식을 도시가스 연소방식으로 교체하였으며, 이 도시가스 연소 개조공사를



<그림 5> 가스터빈 구조도

병행시켜 가스터빈 배기재연소가 가능하도록 구성하였다. 이것에 의하여 가스터빈 발전설비와 증기터빈 발전설비의 협조운전을 함으로써 배가스량의 증가가 적어지게 되어 환경오염을 최소화 하였다. 또 본보일러는 단독 및 가스터빈 배기재연소 등 어떠한 모드에서도 운전이 가능하며, 증기터빈은 기존설비를 그대로 이용하고 있다. 시스템의 전체적인 배치는 기존 증유연소 관련설비(증유탱크, 탈초장치 등)의 부지를 이용하여 가스터빈·발전기 등을 설치함으로써 스페이스 절감을 도모하고 있다.

라. 시스템의 특징

당공장에서는 그 제조공정에서 다량의 건조증기를 사용하기 때문에 프로세스공기의 안정공급, 즉 보일러의 안정연속운전이 중요한 과제이다. 구체적으로는 프로세스증기의 하계·동계 등의 부하변동, 라인의 정기보수시 등의 저부하, 경우에 따라서는 트러블에 의한 부하급변 등의 다종다양한 운용에 대응할 수 있는 시스템을 확립할 필요가 있다. 생에너지와 동시에 신뢰성과 운용성을 배려하면서 아래와 같은 점에 특히 유의하여 시스템을 건설하였다.

1) 리파워링 시스템의 채용

본 플랜트에서는 신설하는 가스터빈의 배가스량과 보일러의 연소용공기량이 거의 일치하기 때문에 종합열효율이 좋고, 더욱 기존설비의 최소개조로 달성 가능하므로 초기투자비를 절감할 수 있는 배기재연

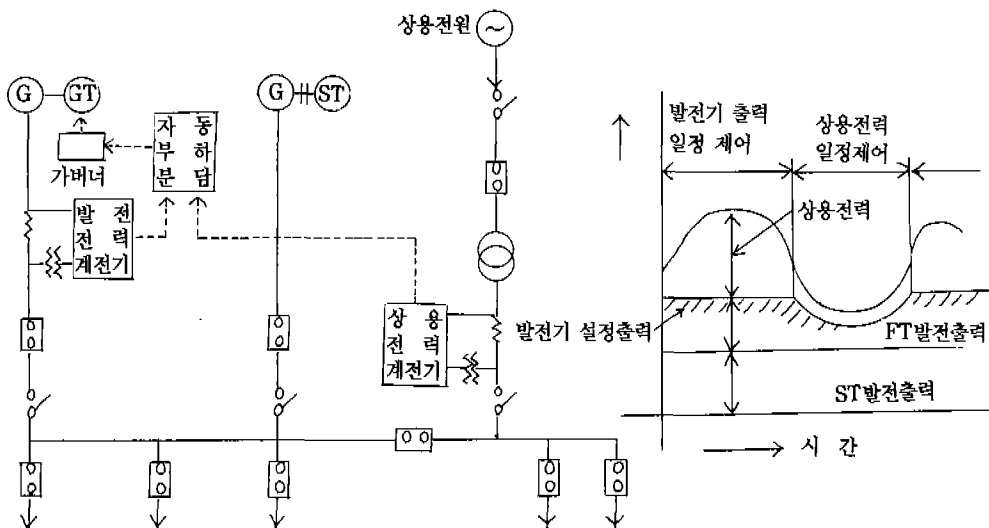
소 방식의 리파워링 시스템을 채용하였다. 이제까지 국내에서의 리파워링 시스템을 전부 급수기열방식 또는 배열회수 보일러를 신규로 설치하는 방식이었다. 그 이유중의 하나가 배기재연소형에서는 기설 보일러 개조공사 기간이 길어서 장기간 보일러를 정지시켜야 한다는 점을 들 수 있다. 이번에 이 시스템 도입에 있어서는 보일러 정기검사에 맞추어서 약1개월간의 공기로 개조를 수행하였다.

2) 프로세스 증기의 확보

위에서 서술한바와 같이 보일러의 안정연속운전은 공장생산에 직접 영향을 주기때문에 만일 가스터빈에 이상이 발생하여 트립되어도 보일러의 정지는 용납할 수가 없다. 그러므로 가스터빈 트립시에는 단시간에 아주 확실하게 보일러측의 연료증가와 연소용공기의 절환을 할 수 있는 긴급제어 시스템을 검토하여 적용하였다.

3) 전력역조 방지

신설한 가스터빈 발전기는 기설 증기터빈 발전기와 같이 상용계통과 연계하지만 조류역류현상(발전된 전기가 공장외부로 흘러나가는 현상)이 일어나지 않도록 운용하게 된다. 이렇게 하기 위해서 공장의 전력부하가 저하하게 되면 통상적으로 자가발전량이 전력부하 보다도 낮아지도록 증기터빈보다도 속응성이 있는 가스터빈 발전량을 변화시켜 상용계통으로의 역조를 방지한다. 구체적으로는 가스터빈의 제어에 자동부하 분담장치를 그림 6 과 같이 설치하



<그림 6> 전력 역조 방지 대책

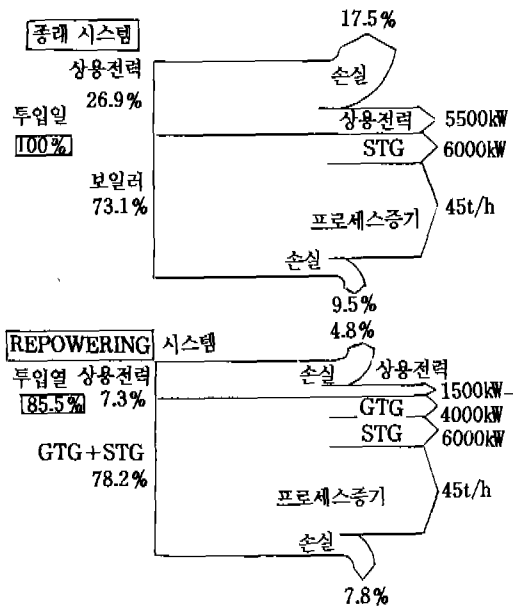
여 전력부하변동에 대해서 상용전력 일정제어 및 발전기출력 일정제어를 자동으로 전환 되도록 하였다.

마. 운전 실적

본시스템은 금년 8월에 사용전 검사를 받고 상업운전을 하고 있다. 다음은 시운전 하였을때 얻어진 운용상 데이터를 나타낸다.

1) 종합에너지효율

그림 7 에 본 시스템도입 전후의 열평형도(1차 에너지환산치)를 나타낸다. 종래의 C중유연소 보일러-증기터빈 시스템에 비해서



<그림 7> 열 평형도

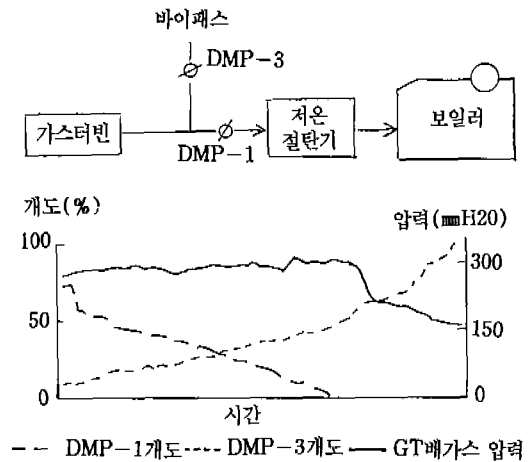
- ① 1차에너지 환산으로 약 14.5%의 생에너지를 달성
- ② 발전출력은 약 4,000kW 증가되어 자가발전비율이 87%까지 향상 되었다.

2) CO₂, NO_x저감

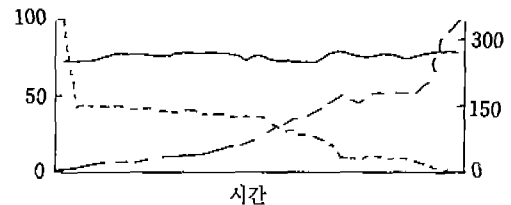
NO_x는 연료전환(C중유에서 도시가스) 및 리파워링 시스템도입에 의한 생에너지에 의하여 30% 이상 저감되었고, CO₂에 대해서도 종래 시스템에 비해 약 30%의 저감을 도모하였다.

3) 가스터빈·보일러 단독운전/조합(배기재연소) 운전의 전환

댐퍼전환은 운전상태를 확인하면서 원격조작에 의하여 수동전환을 행한다. 그림 8 과 그림 9 에 가스터빈·보일러 단독운전/조합(배기재연소) 운전 전환시 댐퍼의 추종성 및 가스터빈 출구 배가스압력 상태를 나타내고 있으며, 계획한 댐퍼조작에 의하여 가스터빈 및 보일러의 운전이 안정되어 있음을 확인 하였다.



<그림 8> GT/보일러 절리시 댐퍼 조작



<그림 9> 보일러로 배가스 송입시 댐퍼 조작

4) 가스터빈 트립시에 보일러 단독운전으로의 이행
가스터빈 트립이 발생한 경우에는 자동으로 댐퍼 전환을 한다. 가스터빈 트립시험을 하였을 때에 보일러 주증기압력·온도·증기발생량의 변동이 거의 없었으며, 계획한 댐퍼의 전환제어에 의하여 가스터빈 트립시에도 공장프로세스에 영향을 주지않고, 조업을 계속할 수 있음을 확인하였다.

바. 맺음말

본 시스템은 '93년 8월10일부터 상업운전에 들어가 순조롭게 운전을 계속하고 있으며 누적운전시간은 약 3000시간으로 되어 있다. 앞으로도 생에너지

에 의한 에너지코스트 절감을 위하여 운전방법의 개선, 운전원의 운전기술향상에 의한 안정성 확보, 환경 오염 저감설비로서 운전관리기술을 축적해 나아가갈 것이다.

6. 인산형 연료전지의 개발상황

가. 머리말

에너지수요의 확대, 증장기적인 자원제약 등에 따라서 에너지 안정공급 확보의 필요성이 한층 높아지는 한편, 에너지 소비증대에 의한 지구환경의 오염, 온난화 등이 세계적인 문제로 되어 있다.

이에 따라 새로운 생(省)에너지 및 신에너지 기술 개발의 기운이 고조되어 가고 있다. 특히 연료전지는 고효율로서 배가스가 거의 없어 환경적합성에 우수한 발전장치로 실용화가 기대되고 있다.

종래의 발전기술, 예를들면 화력발전의 경우, 연료가 가진 에너지를 열에너지로 변화하여 터빈에서 기계적 에너지를 전기에너지로 얻는 것에 대하여 연료전지는 화학작용에 의하여 연료가 가진 에너지를 직접 전기에너지로 변환시켜 직접 발전하는 장치이다.

나. 연료전지 개요

연료전지는 천연가스 등의 연료를 개질(改質)하여 얻어지는 수소와 공기 중의 산소를 전기화학적으로 반응시켜 직접 발전하는 것으로 소위 화학발전이라고도 불리는 것이다.

1) 연료전지의 종류

연료전지는 전해질의 종류에 따라 인산형, 용융탄산염형, 고체전해질형, 알카리형 및 고체고분자막형

등으로 분류되어 있다. 표 4에 현재 개발이 진행되고 있는 각종 연료전지의 비교를 나타낸다.

알카리형은 100°C 이하의 온도에서 기동할 수 있는 것임에도 불구하고 높은 효율이 얻어지기 때문에 가장 먼저 실용화 연구가 되어 왔지만, 연료로서 순수한 수소를 사용하지 않으면 안되는 제약으로 우주선이나 잠수함용의 전원과 같이 특수 용도로서만 개발되어 왔다. 이것에 비하여 천연가스, LPG, 메탄올, 나프타 등 다양한 연료를 사용할 수 있는 산업용 연료전지로서 개발이 진행되어 온 것으로는 인산형이 있다.

이 전지는 5가지 종류 중에서 발전효율은 가장 낮지만 동작 온도가 200°C 정도로 비교적 취급이 용이한 온도로서, 사용되는 재료에 대해서도 그다지 커다란 제약을 받지 않기 때문에 실용화를 향한 개발이 정력적으로 이루어지고 있다.

한편 용융탄산염형이나 고체전해질형은 고효율이지만 동작온도가 높기 때문에 재료면 등에서 기술개발 과제가 남아있어 그 실용화는 2,000년 이후에 되는 것으로 생각되어지고 있다. 고체고분자막형은 최근 고성능인 고체고분자막이 개발된 것과 출력밀도가 크기 때문에 연구가 활발하게 진행되고 있다.

2) 연료전지의 발전원리

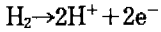
발전의 원리는 물의 전기분해 역반응, 즉 수소와 산소의 결합에 의하여 전기와 물이 발생하는 것을 이용한 것이다. 그림 10에서는 대표적인 예로서 인산형 연료전지의 발전원리를 나타낸다. 전지는 ⊕극, 전해질, ⊖극의 3개의 부분으로 구성되어 있다.

⊕극의 활성 물질은 산화제, ⊖극의 활성물질은 환원제, 전해질은 이온형으로 전하를 수송하는 물질이다. ⊕극, ⊖극은 다공성(多孔性)전극이라고 불

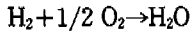
<표 4> 각종 연료전지의 비교

구 분	인 산 형	용융탄산염형	고체전해질형	알카리형	고체고분자막형
전 해 질	인 산	용융탄산염	안정화	수산화 칼륨	고분자막
이온 전도체	H ⁺	CO ₃ ²⁻	지르코늄O ²⁻	OH ⁻	H ⁺
동작온도(°C)	160~220	600~700	~1000	상온~100	상온~100
연 료	H ₂	H ₂ , CO, 탄화수소		H ₂	H ₂
원 연 료	천연 가스, 메탄올, 나프타 LPG, 경질유	천연가스, LPG, 메탄올, 석유, 석탄가스		순수 수소	천연 가스 메탄올, 나프타, LPG
실용화 시기	1990년대	2000년 전후	2000년 이후	H ₂ 에너지 시대	?
효 율	35~45%	45~60	50~60	45~60	45~60

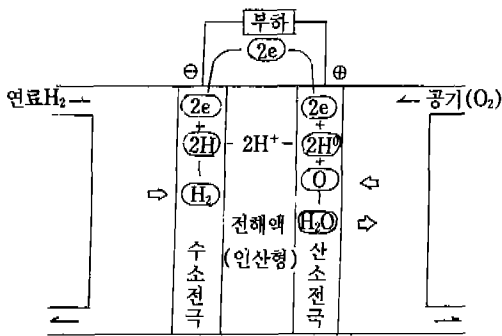
리며, 1면은 전해질(인산)과 접해있고 다른면에는 반응가스(수소 : ⊖극, 산소 : ⊕극)가 접촉하게 되어 있다. 기전(起電)반응은 전극(고체), 인산(액체), 수소 또는 산소(기체)의 3상이 접해지는 계면(3상 계면)에서 발생한다. ⊖극에서는



의 반응에서 전자를 방출하고 H^+ 이온이 생성되며, ⊕극에서는 $1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$ 의 반응이 생긴다. 전자(電子)는 외부부하를 통해서 ⊖극에서 ⊕극으로 향해 흐르게 되고, ⊖극에서 생성한 H^+ 이온은 전해질을 통해서 ⊕극으로 도달한다. 전체 반응으로서는



로 된다. 그러므로 연료전지의 기전반응은 물의 전기분해 역반응으로서 이 전자의 흐름을 전기로서 발생시키는 것이 연료전지이다.



<그림 10> 인산형 연료전지의 원리

3) 연료전지 발전시스템 구성

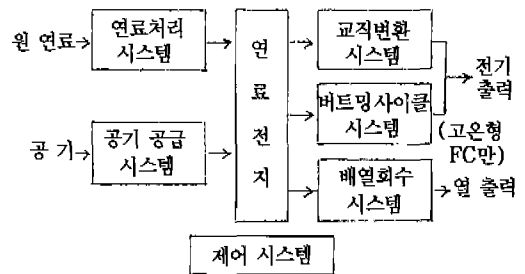
연료전지 발전플랜트는 연료전지 본체 이외에 몇 개의 서브(Sub)시스템으로 구성되어 있으며, 이것을 조합시킨 연료전지 본체의 형식 및 사용하는 연료나 용도에 따라 다르게 된다. 주요 서브시스템으로는 연료처리시스템, 공기공급시스템, 교직변환시스템, 배열회수시스템, 제어시스템 등이 있다. 또 고온형연료전지(용융탄산염형, 고체전해질형)에서는 이외에 버트밍사이클(Bottoming cycle) 시스템이 부가된다. 그림11에 연료전지 발전플랜트의 시스템구성 개념을 나타낸다.

A) 연료처리 시스템

원 연료를 연료전지에서 사용할 수 있는 수소를

주성분으로 하는 연료로 전환하는 시스템이다. 탄화수소계의 기체연료(천연가스 등) 또는 액체연료(메탄올, 나프타, 등유)에 있어서는 수증기 개질에 의하여 수소가스를 제조한다.

인산형 연료전지 발전장치에서의 연료처리 시스템에는 원 연료를 연료전지에서 사용할 수 있는 수소로 전환시키는 개질기(改質器)와 원 연료중에 포함되어 있는 유황성분을 제거하는 탈유기(脫硫器), 일산화탄소를 이산화탄소로 전환시키는 CO변성기(變成器)로 구성되어 있다. 또 석탄 이용에서는 석탄가스화 반응에 의하여 수소와 일산화탄소를 주성분으로 하는 기체연료를 제조한다.



<그림 11> 연료 전지 발전 플랜트의 시스템 구성도

B) 공기공급 시스템

연료전지의 반응공기를 공급하는 시스템으로 전동기구동의 송풍기 또는 공기압축기를 사용하거나 가압플랜트 등에서는 배기가스로부터 동력을 회수하는 배기가스터빈식 압축기(Turbo compressor)를 이용하는 것이 일반적이다.

C) 교직변환 시스템

전지본체에서 발생한 직류전기를 교류로 변환시키는 장치이다.

D) 배열회수 시스템

연료전지 발전플랜트에 있어서 발생하는 열을 회수하여 급탕·난방·냉방으로 이용하는 시스템으로, 회수열에는 배기가스로부터 회수하는 고온배열과 냉각계통에서 회수하는 저온배열의 2종류가 있다.

E) 제어 시스템

연료전지 발전플랜트에 기동·정지 및 부하운전 조작을 가능하게 하는 제어장치로서, 제어연산용 컴퓨터와 계측·제어기기로 구성되어 있다.

F) 버트밍사이클 시스템

고온형연료전지 발전플랜트에서는 전지 배열온도가 높기때문에 가스터빈이나 증기터빈을 사용한 버트밍사이클을 구성하는 것이 가능하게 된다.

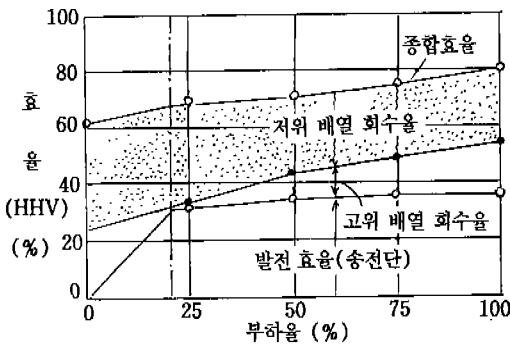
연료전지 발전플랜트 구성기기로서는 이외에 수냉식인 경우에는 전지냉각용 수처리장치, 탱크, 배관, 계폐지용 질소공급설비가 필요하다.

다. 연료전지 발전장치의 특징

연료전지 발전장치는 다음과 같은 우수한 특징을 가지고 있다.

1) 발전효율이 높고, 배열을 이용하게되면 종합효율이 80% 이상 되며, 부분부하에서도 높은 효율이 얻어진다. 그림12에 발전효율 및 배열회수효율의 부하특성을 나타낸다.

2) 배기가스에 의한 대기오염이 거의 없으며, 진동·소음이 작다.



<그림 12> 발전효율 및 배열 회수 효율

3) 배열을 유효하게 이용할 수 있다 (증기 및 온수에 의한 냉난방, 급탕).

4) 다양한 연료사용이 가능하다 (천연가스, LPG, 메탄올, 나프타 등).

5) 빌딩내이나 도시부 등 전력소비처 근방에 설치 용이하다(분산전원으로 이용).

6) 기동시간이 길다 (천연가스를 연료로 한 것으로는 2~5시간, 메탄올의 소형전지에서는 30분정도).

7) 운전정지시에 전지스택(Stack)의 보온이 필요하다 (인산의 결정화방지를 위한 것으로 인산형연료전지에 한한다).

라. 연료전지의 환경특성

1) 질소산화물(NOx)

표 5에 각종 용도의 연료전지 발전장치 및 가스터빈, 디젤엔진 등의 발전장치에서의 질소산화물 배출량을 나타낸다. 인산형연료전지 발전장치에서의 질소산화물 배출량은 디젤엔진대비 2행이상, 가스터빈대비 1행정도 작은 수치이다. 연료전지에서 질소산화물 배출량이 적은 이유는 연료를 개질하여 수소로 만든 다음, 연료전지내에서 수소의 약 80%를 발전에 소비한 저칼로리 가스와, 동일한 전지내에서 약 50%를 소비한 저산소의 공기로 연소시키기 때문에 연소온도가 낮으므로 본질적으로 서멀 NOx가 발생하기 힘든 것과 사용하는 연료에 질소가 포함되어 있지 않아 연료 NOx가 발생하지 않는 것에 기인한다.

<표 5> 각종 발전장치의 NOx 배출량

연료전지 발전 장치			
용 도	용 량	연 료	NOx(ppm)
전 력 용	1000kW	LNG	11
자가발전용	50kW	도시가스	2
도 서 용	200kW	메탄올	2
차 량 용	25kW	메탄올	<1

재래의 발전 플랜트	
발전 프랜트	NOx(ppm)
디젤 엔진	1000이상
가스 엔진	300-500
가스 터빈	70-100
화력 발전	80이하

2) 유황산화물(SOx)

발생하는 SOx량은 실제적으로 연료에 포함되어 있는 유황분의 양에 의해 결정되어 진다. NOx와 같이 연소시키는 방법을 개선하여 감소시키는 것은 불가능하다. 연료전지의 경우는 배출 SOx량이 극히 적으므로 통상 검출한계 이하로 된다. 이것은 도시가스 등 유황성분이 적은 연료를 사용하며, 배열을 이용하여 탈황을 시키기때문이다.

연료전지 발전장치에서는 개질촉매가 유황에 의한 독성에 민감하기때문에 표준설비로서 탈황기가 설치되어 있고, 발전장치에서 대기중으로 SOx가 배출되지 않는다. 연료전지 발전장치에 설치되어 있는 탈황기에서의 탈황률은 약 99%이다.

즉 디젤엔진과 같이 액체연료인 경우에는 탈황이 어려워지고 이 설비로서 대응하는 것은 곤란하다. 따라서 필요한 경우에는 배가스탈황을 행하게 된다.

3) 탄산가스(CO₂)

탄산가스는 전혀 무해하기때문에 법적규제 대상으로 되어있지 않지만, 최근 지구온난화 원인의 하나로서 그 규제가 세계적으로 논의되고 있다. 이제까지 수치적으로 발표된 것으로는 '88년 6월 캐나다의 토론토에서 열린 국제회의에서 제안된 "2005년까지 1989년의 탄산가스 배출량수준의 약 20% 정도 감소시킨다"라고하는 안이 있다. 연소를 전제로하면 연료중에 포함되어 있는 탄소는 전부 CO₂로 변화한다. 따라서 발생하는 CO₂량을 감소시키려면 단위발열량당 탄소량이 적은 연료를 사용하든가 발전효율을 좋게하든가 또는 열병합발전에 의하여 열공급을 포함한 에너지이용 효율을 높이는 것 이외의 방법은 없다. 그림13에 발전장치별로 CO₂의 발생량을 나타낸다.

200kW발전 플랜트

기종과 연료	탄산 가스 발생량 비교
연료전지	100
가스엔지	140
디젤엔지	190

5MW 발전 플랜트

기종과 연료	탄산 가스 발생량 비교
연료전지	100
디젤엔지	140
가스엔지	150
가스터빈	220

<그림 13> 발전 장치별 탄산가스 발생량

마. 연료전지의 개발경과

연료전지는 1800년대 초에 영국에서 발명되었다. 1839년에 글로브경이 물의 전기분해 역반응으로 발전할 수 있는 것을 실험으로 증명하였다. 이후 100여년에 걸쳐 유럽을 중심으로 많은 사람들에 의해서 연구되어 왔지만, 기술이나 재료의 벽에 부딪쳐 실험실 영역을 벗어나지 못했다. 그러다가 영국의 배이컨경이 1952년에 현재의 연료전지의 원형이라고 할 수 있는 수소·산소형 전지의 기술을 개발한 것을

계기로 실용화를 향한 연구개발이 활발하게 전개되었다.

1) 미국에서의 실용화 개발

본격적인 실용화개발은 미국에서 이루어졌다. 먼저 우주선용 전원으로써 1961년 NASA에 의하여 연구가 개시되어, 1965년의 "제미니"나 1966년의 "아폴로"에 1kW급 알카리형 연료전지가 설치되었다. 이와같은 특수용도 이외에 산업용으로로서의 개발은 우주선용보다 약간 늦게 미국에서 착수하게 되었는데, 1967년 발족한 TARGET계획(소용량 연료전지개발)과 1971년에 발족한 FCG-1계획(대용량 연료전지개발)에 의한 정부의 재정지원으로 인산형을 주체로한 프로젝트가 시작되었다. 전자의 계획은 가스회사의 그룹이 중심이 되어 12.5kW의 발전시스템에서 40kW의 실증기(實證機)개발을 거쳐 200kW급을 개발하였고, 후자의 계획은 전력회사의 그룹이 중심이 되어 4.5MW의 실증기를 거쳐 11MW급을 개발하였다.

2) 일본에서의 실용화 개발

일본에서의 연료전지 개발이 본격적으로 시작된 것은 1981년도에 통산성 공업기술원의 문라이트(Moon light)계획 중에서 연료전지 프로젝트가 착수된 때이다. 문라이트 계획에서는 인산형 1000kW대 용량기 2대와 200kW소용량기 2대의 실증기 개발이 행해졌다. 본계획에서 인산형 연료전지에 대해서는 1991년을 기점으로하여 기본적인 기술개발을 종료시키고 그후로는 용융탄산염형, 고체전해질형 및 고체고분자막형 연료전지의 개발을 수행하도록 되어 있다.

인산형 연료전지는 정부의 프로젝트나 전력, 가스, 석유회사의 프로젝트용으로 수kW에서 11MW프랜트가 제작·시험되고 있다. 이러한 발전장치는 전력사업용, 자가발전용, 도서용, 차량용 등으로 다양하며, 연료도 천연가스, 도시가스, LPG, 메탄올, 나프타 등을 사용하는 것이 개발되고 있다. 그리고 자가발전용에 대해서는 정부의 프로젝트 일환으로서 관서 전력/오사카가스/미쯔비시전기가 개발한 200kW, 대형가스회사(동경/오사카/동방가스)와 후지전기가 공동으로 개발한 50kW/100kW급 및 미국의 ONSI(IFC와 도시바의 합병기업)가 개발한 200kW 등 많은 장치가 국내에서 현장시험 운전이 실시되고 있다.

<다음호에 계속...>