

발전소	지역	단위용량	대	용량 [kW]	발전소	지역	단위용량	대	용량 [kW]
(주)포스코	광양	160,000	2	320,000	공향에너지(주)	인천	47,000	2	94,000
한국가스공사	인천	9,000	3	27,000					
여천NCC한화	여천	29,750	1	29,750	가스터빈 합계		39	대	1,717,968
현대대산복합	서산	104,000	4	416,000					
현대석유화학	서산	23,200	1	23,200	수력설비/풍력설비				
현대석유화학	서산	35,000	1	35,000	아산환경사업소	아산	36	1	36
사이스이천	이천	47,000	3	141,000	천안환경사업소	천안	15	1	15
호남석유화학	여천	25,000	1	25,000	천안환경사업소	천안	20	1	20
L G 칼텍스	여천	25,980	1	25,980	하늘공원풍력	서울	20	5	100
L G 칼텍스	여천	38,000	2	76,000					
LG석유화학	여천	26,990	1	26,990					
LG석유화학	여천	23,560	1	23,560	수력·풍력설비 합계			8대	171
(주)SK	울산	23,715	1	23,715	전체 합계			223대	5,970,629

기린맥주 고베공장의 바이오가스 열병합시스템

* 본 자료는 일본 열병합발전센터 자료에서 발췌·번역한 것임

1. 머리말

근래 산업폐기물 등을 처리하여 얻어지는 바이오가스를 에너지로 이용하는 예가 증가하고 있다. 특히 공장배수를 혐기처리(嫌氣處理)하여 소화(消化)가스를 회수하는 고속처리기술의 발달에 따라 맥주공장으로 대표되는 식품공정을 중심으로 급속히 보급되고 있다.

또한 이 소화가스를 고효율 Cogeneration System의 연료로 활용하고 있으며 폐기물로 부터 높은 효율로 전력과 열의 취출(取出)이 가능한 열병합 기술이 각광을 받게 되었다.

오사카가스(주) 및 (주)CogeneTechnoService에서는 일찍부터 바이오가스 등 특수가스에 의한 고효율 Cogeneration System에 착안, 바이오가스-천연가스 전환기술의 확립에 노력하고 적극적으로 도입을 추진하여 왔다.

平成 14년 10월부터 가동을 개시한 기린맥주(주) 고베공장의 도입사례에 대하여 보고한다.

2. 도입목적, 배경

기린맥주는 일찍부터 환경부하 저감과 에너지절약의 추진을 적극적으로 추진하고 있다. 소화가스 발생·회수설비의 도입을 그 일환으로 추진하여 이제까지 전체 11개 공장 중 10개공장에 혐기성 처리설비를 도입하여 왔다.

그 중에도 특히 「환경을 배려한 맥주만들기」를 테마로 지구온난화방지에 역점을 두고 1997년에 건설된 고베공장은 철저한 에너지절약화를 도모한 최신편 공장이다.

Kirin맥주 고베공장은 준공시부터 보일러 연료로 이용한 소화가스를 열병합용 연료로 이용함으로써 가일층 에너지 유효이용과 환경부하의 저감에 기여하는

顧客	場所	業種	型式	容量	台数	가스種	設置年月
A社	奈良	菓子類	JES316	518kW	1	工場排水 消化ガス	平成13年2月
B社	千葉	製鉄	JES620	1,503kW	1	ゴミ処理ガス	平成13年12月
キリンビール 神戸工場	兵庫	ビール	JES320	730kW	1	工場排水 消化ガス	平成14年9月
C社	大阪	酵母	JES316	522kW	1	工場排水 消化ガス	平成15年2月

표-1 大阪가스그림 특수가스이용 가스엔진 실적

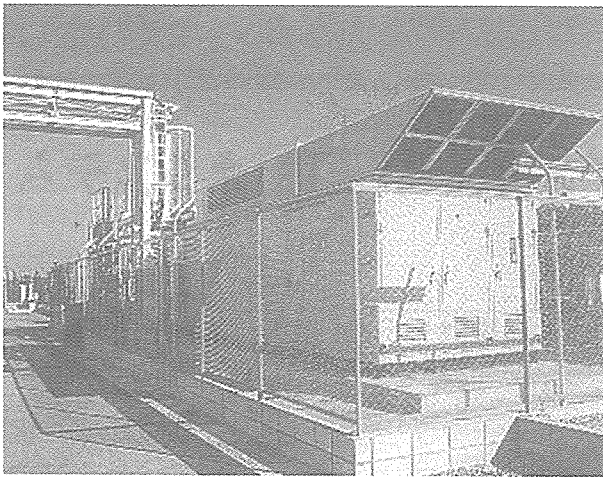


그림-1 바이오가스 열병합발전설비

점을 주목, 생물탈황(生物脫黃)을 포함한 바이오가스 열병합의 도입을 기획, 발전효율, 종합효율이 유리한 JENBACHER사 제 가스엔진을 채용하기로 하였다. 바이오가스열병합의 도입을 포함한 당공장의 일련의 에너지절약사업은 에너지절약성, 환경보전성 및 보급 촉진성이 높고 금후의 에너지절약을 추진하는데 모범 되는 점이 평가되어 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO)로부터 平成13년도 선도적 에너지사용합리화 설비도입 모델사업으로 인정을 받았다.

3. 시스템 개요 및 특징

(1) 가스엔진 발전설비

본 시스템은 소화가스를 연료로 연속운전을 하고 전력과 증기, 온수를 생산하는 가스엔진 열병합 설비이다. 시스템 FLOW를 그림-2에 표시 하였다.

① Engine Maker	JENBACHER社
② 發電出力	730kW (6,600V、60HZ)
③ 發電効率	消化 가스모드 37.2% 天然 가스모드 38.0%
④ 排熱回収量	蒸氣回収 1,850MJ/h 溫水回収 1,170MJ/h
⑤ 窒素酸化物	120ppm(O ₂ : 0%)以下(尿素水脱硝)

일반적으로 소화가스 발생량은 배수의 상황이나 제품의 생산량 등과 함께 변화한다. 당공장의 계절, 시간에 따른 소화가스 발생량을 표-2-1, 2에 각각 표시하였다.

당공장의 경우 시간에 따라 급격한 변화는 별로 보이지 않고 발전출력 730kW를 선택함에 따라 동절기를 제외하고 대략 정격출력으로 연속운전이 가능한 발생량이 확보되므로 본 시스템을 소화가스 전소시스템으로 하였다. 소화가스 발생량의 감소시에는 발전출력을 임의로 설정할 수 있다. 소화가스 발생량과 발전출력과의 관계를 표-3에 표시하였다.

또한 백업용으로 천연가스로 전환하여 운전하는 것도 가능하다.

소화가스는 일반적으로 가스조성이 변동하지만(조성분석결과 표-4참조) 당 엔진에서는 열량이 변동할 경우에도 자동적으로 최적의 공기비로 조정되어 엔진이 가동되므로 소화가스에 의한 운전시에도 발전효율은 37% 이상과 천연가스에 의한 운전시에 비하여 효율 저하는 1포인트 이내의 고효율운전이 유지된

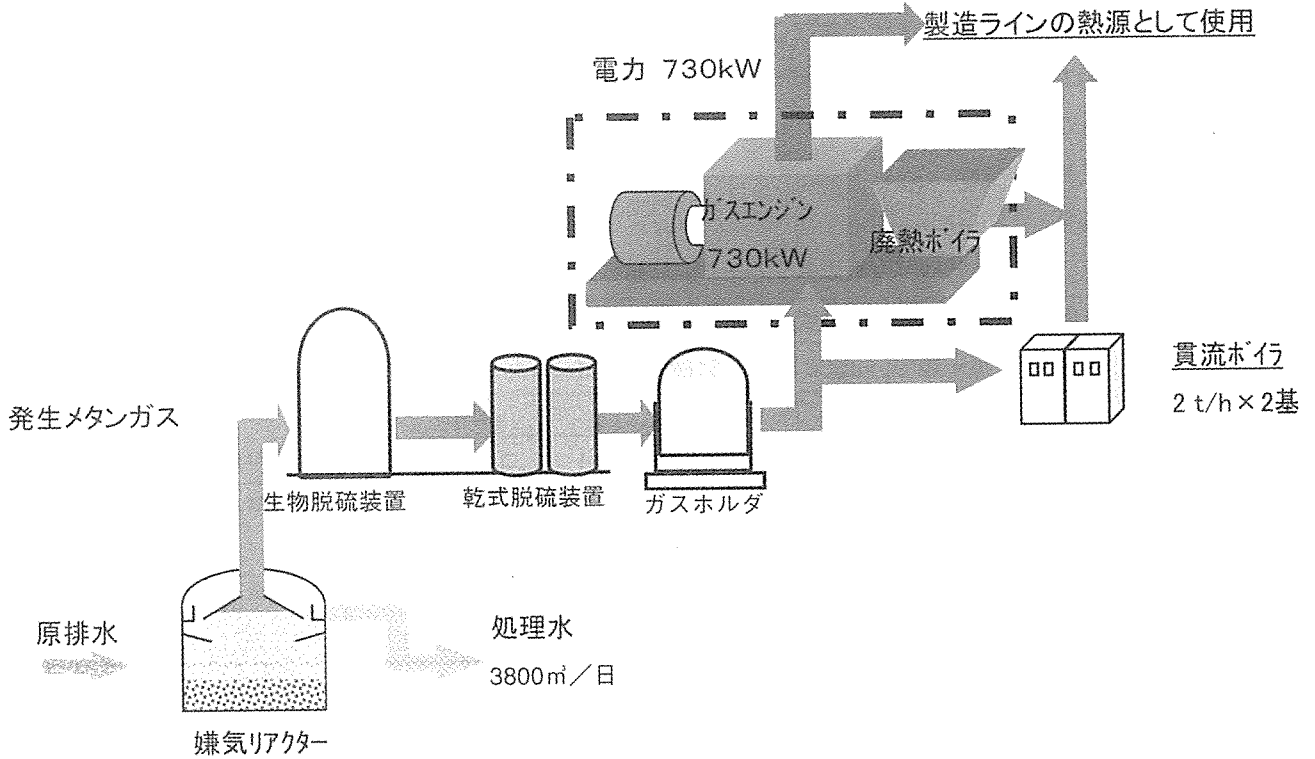


그림-2 시스템 FLOW

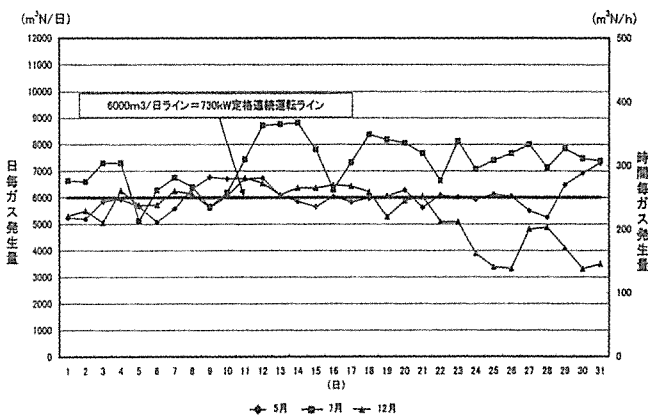


표-2-1 소화가스 발생량

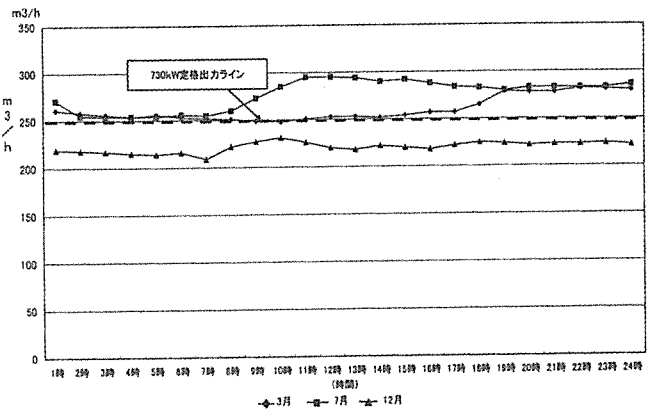


표-2-2 가스발생량 데이터

다. 또한 열량이 변동하여도 발전출력은 일정치가 유지되어 질소산화물 배출농도도 안전하게 제어 되는 등 우수한 특징을 갖고 있다.

(2) 소화가스의 정제

바이오가스의 경우 천연가스와 상이하게 가스중에 여러종류의 불순물이 함유되어있으므로 정제없이 사용할 경우 성능 저하나 고장의 원인이 될 수 있어 엔진에의 연료가스공급조건을 규정하고 있다. 가스엔진

에의 공급조건을 표-5에 표시하였다. 이들 조건을 클리어하기 위하여 소화가스의 성분분석을 실시하고 각종 전처리 정제를 하고 있다.

① 생물탈황장치(生物脱硫装置)

가스중에 함유된 고농도의 유화수소는 종래 건식 탈황방식에 의하여 처리되어 엔진 입구조건을 만족시켰으나 금회 탈류코스트 및 환경부하의 저감을 목적으로 국내 최초로 생물탈황장치가 부가 도입되었다. 이 생물탈황시스템에 의하여 입구 유화수소농도

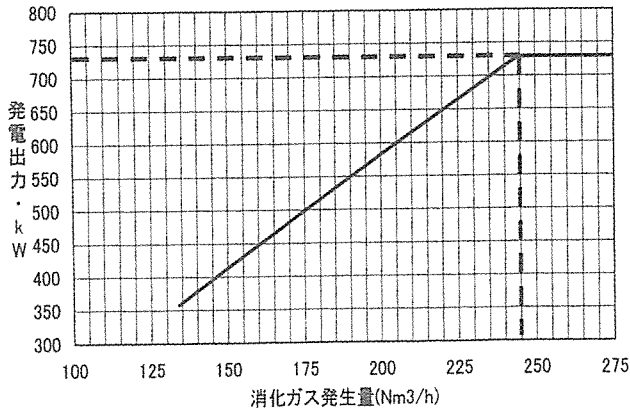


표-3 소화가스발생량과 발전출력 관계

測定	第 1 回	第 2 回
H ₂	0.01%	0.01%
CH ₄	80.18%	74.17%
CO ₂	18.37%	25.38%
O ₂	0.23%	0.03%
N ₂	1.23%	0.41%
熱量 (LHV)	29.1MJ/Nm ³ (6,963kcal/Nm ³)	26.8MJ/Nm ³ (6,397kcal/Nm ³)

표-4 소화가스의 가스조성분석결과

項目	条件
温度℃	常温
相對湿度	結露しないこと エンジンモジュール入口 <80%
微粒子(埃) 最大粒径(μm)/含有量(mg/m ³ N)	<3 / <30
硫黄化合物(ppm/m ³ N)(H ₂ S換算)	<20
ハロゲン化合物(全Cl+2X全F)(mg/m ³ N)	<50
有機珪素化合物(※矽素)(mg/m ³ N)	<1
アンモニア(mg/m ³ N)	<55
オイル(mg/m ³ N)	<5
カロリー変動(%/30s)	<0.5
圧力変動(mbar/s)	<10

표-5 불순물 등의 허용치 표준조건

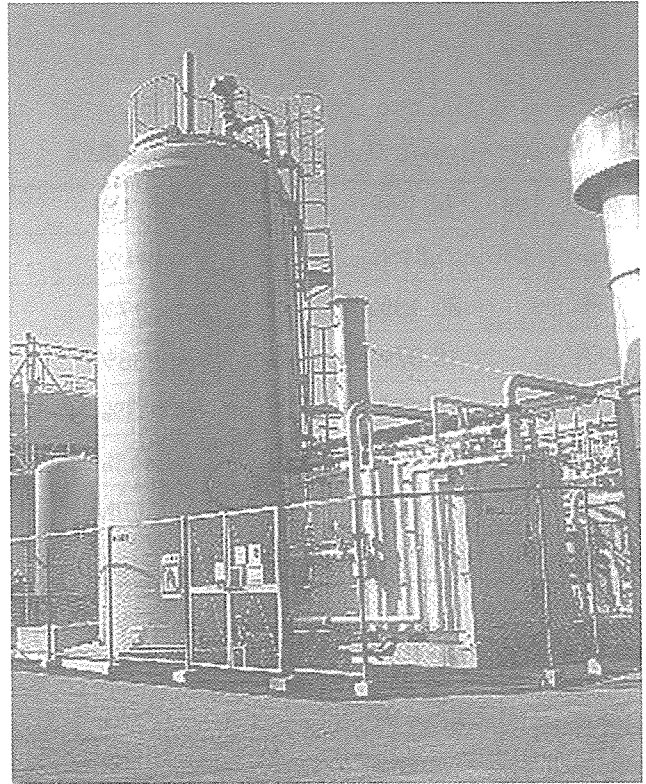


그림-3 생물탈류장치

1500ppm이 150ppm 이하까지 저감되고 건식탈류방식과 병용함으로써 유화수소농도를 10ppm 이하까지 저감되어 엔진에 공급되고 있다.

본 장치는 미생물(유황산화세균)의 기능을 이용하여 바이오가스 중의 유화수소를 산화, 제거하는 시스템이다. 가스중의 유화수소는 Spray수에 용해되고 다시 충전재(접촉재) 표면에 형성되는 생물막에 섭취되어 미생물에 의하여 산화되고 물과 함께 배출된다.

처리 FLOW를 그림-4에 표시하였다.

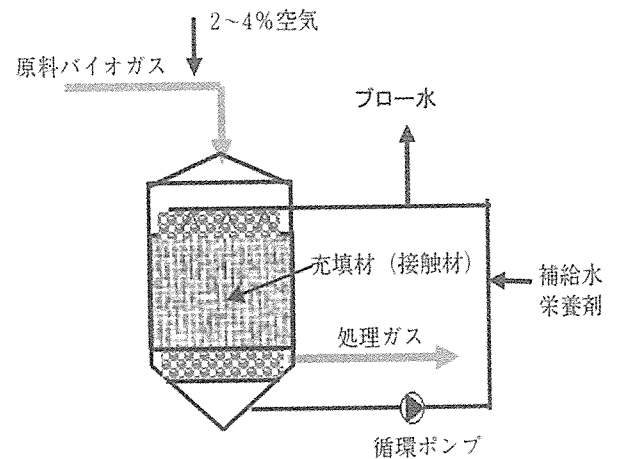


그림-4 생산탈류장치 처리FLOW

② 가스탈습방식

헤파처리되어 회수된 소화가스중에는 포화상태의 수분이 포함되어 있으므로 탈습처리가 필요하다. 가스압축기로 0.5MPa 까지 승압하여 탈습처리후 가스엔진에 공급한다.

③ 그 외의 가스정제

일반적으로 하수처리장 등으로부터 발생하는 소화가스를 가스엔진에 이용하는 경우에는 삼프 등에 함유된 유기규소화합물이 엔진 내부에 침입, 내부의 열로 고착되어 트러블의 원인이 되는 경우가 있다. 도입전에 소화가스를 수차 분석한 결과 가스중에는 시록키산은 함유되어 있지 않은것을 확인하였다.

① 대상가스	바이오가스
② 적용범위	~360Nm ³
③ 적용농도	H ₂ S농도 1000~3000ppm
④ 탈류성능	탈류효율 90% 이상
	입구유화수농도 1500ppm
	출구유화수농도 1500ppm

형 식	90V2단 압축수냉형
압 력	흡입1.5kPa, 토출0.5MPa
능 력	300m ³ /h
회 전 수	1800ppm
소비전력	3상, 440V, 37kW-4P

4. 도입효과

소화가스와 천연가스에 의한 운전상태를 비교한 자료를 표-6에 표시하였다. 소화가스에 의한 운전시에도 천연가스와 대체로 동일한 성능을 얻었다.

당 시스템은平成14년 10월부터 24시간 연속운전을 하였다. 발전전력은 공장 전 부하의 약 20%에 상당하고 상용전원과 연계하여 공급되고 있다. 배가스 배열은 보일러에 의하여 증기로서, 자켓 배운수는 보일러 급수 예열에 각각 이용, 종합효율은 약 80%의 고효율 운전이 실현되고 있다.

시스템설계·시공 및 Maintenance를 담당한 Kirin

맥주(주), Kirin 엔지니어링(주)의 협력으로 (주)CogeneTechnoService가 수행 하였다.

機種	OG-JES320H	
燃料種	消化ガス	天然ガス (13A)
發電出力 kW	730 (730)	730 (730)
發電効率 %	37.8 (37.2)	38.5 (38.0)
燃料消費量 Nm ³ /h	244.4	164.5
蒸氣發生量 kg/h	669.3	657.4
蒸氣回收熱量 kW	515.4	506.2
温水回收熱量 kW	327.9	327.9
總合効率 %	81.4	82.3
NOx ppm	118.5	112.8

* 시운전실측치. ()는 계획치

* 소화가스열량:진발열량 28.5MJ/Nm³

표-6 LNG/바이오가스운전데이터

효과 (계획치)

①電力削減量	596万kWh/年 (20%)
②燃料消費量削減量	1,877kL/年 (9.2%)
③炭酸가스排出削減量	2,789t/年

5. 맺는 말

바이오가스 열병합은 폐기물로부터 에너지를 회수, 궁극적으로 전력과 열에너지로 회수하는 에너지 절약이고 지구온난화방지대책시스템으로서 도입이 한층 더 진전될것으로 사료된다. (주)Cogene Techno Service에서는 가스엔진의 라인업의 확충, 바이오가스와 천연가스를 임의로 혼합, 연소시켜 바이오가스 부족시에도 일정출력을 얻을 수 있는 혼소시스템, LPG 와의 전환시스템 및 가스정제기술에 이르기까지 폭 넓은 시스템의 개선을 준비하고 전국의 바이오가스 열병합의 수요에 대응할 수 있도록 노력하고 있다.