



박기환 과장

삼성여버랜드 에너지사업부
gascogen@dreamwiz.com

1. 서론

최근 쾌적한 환경 하에서의 생활에 대한 욕구가 강해지고 있으며 이를 충족하기 위한 과정은 급속한 에너지사용량의 증가로 나타났다. 우리나라는 특히 사계절이 뚜렷하여 계절별 에너지사용패턴의 차이로 인해 각각 다른 형태의 에너지의 공급을 위한 발전소, LNG 저장시설 등 막대한 자금이 투입되는 설비확충을 피할 수 없다.

이에 최근 에너지공급의 효율화를 위해 많이 검토, 도입이 추진되고 있는 소형열병합발전 및 ESCO 사업에서의 적용사례 등을 검토하여 본다.

2 소형열병합발전이란?

가. 정의

열병합발전이란 하나의 열원으로 두가지 유형(열과 전기)의 서로 다른 변환 에너지를 동시에 발생시켜 사용하는 에너지 시스템이다.

실제로는 LNG, LPG, DIESEL OIL, H.F.O 등의 연료를 이용하여, 내연기관 (GAS TURBINE, GAS

ENGINE, DIESEL ENGINE)을 구동시켜 전력을 생산하고, 기관에서 발생하는 폐열을 회수하여 건물의 냉방과 난방, 급탕 및 산업체의 PROCESS용에 이용하는 효율적인 시스템이다.

CO-GEN 시스템은 기존 일반발전소에 있어 막대한 양의 배열이 버려짐에 따라 발전소 입력에너지의 36 ~ 40% 정도가 전력으로 이용되어 왔던 것을 에너지 이용효율측면에서 배열을 회수하여 냉·난방용 열원으로 사용함으로써 80% 이상의 에너지 효율을 얻을 수 있는 고효율 에너지 이용방식이다.

나. 에너지 이용효율 비교

코젠시스템의 에너지 절약율

$$\ast \frac{142-100}{142} \times 100 = 30\%$$

종래의 대규모 화력발전소는 대단위 용량의 PLANT로서 전력수송 손실 및 열수송 손실 등으로 인하여 내연기관 CO-GEN 시스템에 비해 열 이용률이 낮으며, 전력수송 및 열수송 설비를 위한 투자비가 많이 든다.

따라서 내연기관 CO-GEN 시스템은 전기 및 냉각수배열, 배가스로부터의 종합에너지 이용률이 종래의 화력발전소보다 2배 이상에 달하므로, 전력 및 열공급 측면에서 매우 유리하다.

다. 열병합발전의 효율

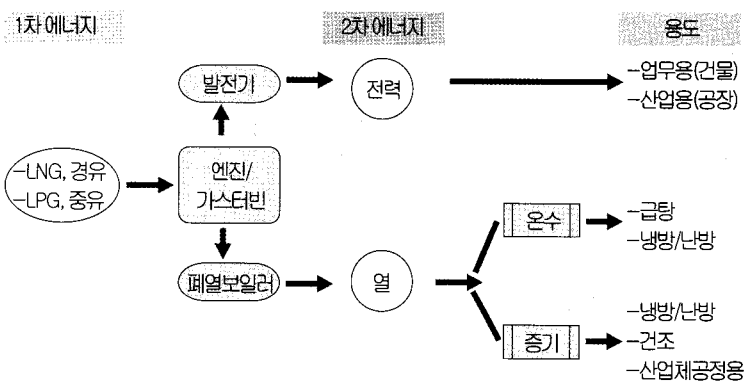
1) 각종 효율

효율은 입력과 출력의 비로 표시된다.

CO-GENERATION의 경우 <그림 3>에 표시되는 각 단계의 출력에 의해서 다음 각종 효율이 정해진다.

- 발전 효율 = 발전전력 (B) / 소비연료 (A)

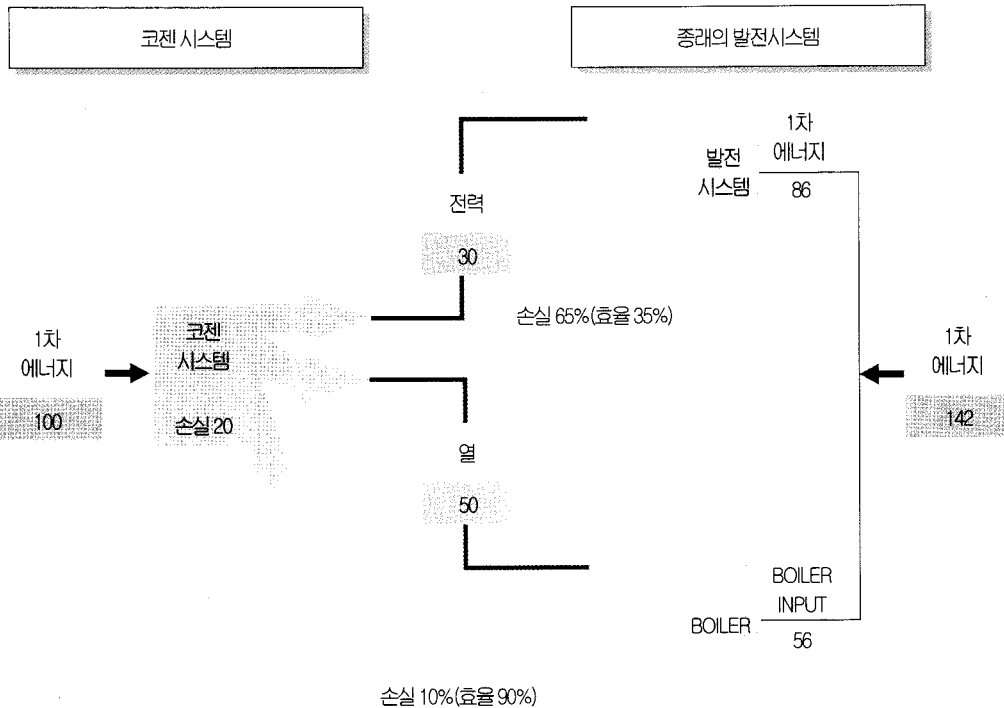
- 열회수효율 = 회수 열 (C) / 소비연료 (A)



▷ TOTAL ENERGY SYSTEM (T.E.S)

▷ COMBINED HEAT & POWER (C.H.P)

<그림 1> 소형열병합발전 시스템



<그림 2> 에너지이용 계획도

- 종합 효율 = [발전전력(B) + 회수열(C)] / 소비연료 (A)
- 이용 효율 = [이용전력(F) + 이용열(G)] / 소비연료 (A)

발전효율은 CO-GEN. SYSTEM을 발전기로 본 경우의 효율로 그 성능을 표시하는 기본적인 효율로서 중요하다. 열회수효율은 CO-GEN. SYSTEM을 열발전장치로 간주한 경우의 효율로 그 특색인 배열회수성능을 표시하는 효율이다.

종합효율은 CO-GEN. SYSTEM이 발생하는 전력과 열을 종합적으로 평가하기 위한 효율이다. 이용효율은 CO-GEN. SYSTEM에 의해 발생한 전력이나 열이 생산시설이나 건물을 포함한 종합시스템으로서 유효하게 이용되었는가를 표시하는 효율이다.

보기전력은 각종 PUMP의 동력, 엔진의 냉각, 윤활동력,

엔진실 환기, 조명 등의 전력으로서 그 비율을 소내율이라 한다.

2) 열효율에 의한 평가

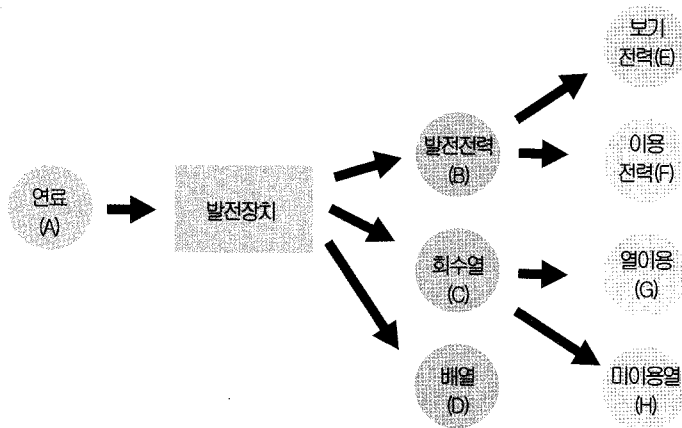
에너지 효율은 일반적으로 엔탈피 (Enthalpy) 효율이 사용되어 열효율이라고 불리어진다. 예를 들면 보일러의 열효율은 소비연료의 발열량과 발생온수의 가열량비(比)로서 0.8 전후이다. 또 발전장치의 열효율은 소비연료의 발열량과 발전전력의 열환산치의 비율로서 0.3 전후이다.

따라서 온수 보일러와 발전장치의 열효율을 비교하면 온수 보일러쪽이 우수하다.

그러나 온수와 전력은 에너지로서의 효과는 크게 다르다.

예를 들면 발전장치의 발생 전력으로 성적계수 4.0의 HEAT PUMP를 운전한 경우, 입력전력 열환산치의 4배의

ESCO 사업에서의 소형가스열병합발전 적용



<그림 3> CO-GENERATION의 각종 출력

열을 발생시킬 수가 있다. 그 결과 발전장치와 HEAT PUMP를 종합한 SYSTEM 열효율은 1.2가 되고 온수보일러의 0.8보다 우수하게 된다.

이렇게 온수보일러와 발전장치처럼 열이나 전력 등 다른 종류의 에너지를 발생하는 장치를 비교하는 경우이거나, 열과 전력의 이용상황이 다르다면 열효율만으로 그 성능을 옳게 평가할 수는 없다.

또 열병합 발전은 전력과 열을 동시에 일정한 비율로 발생시키므로 전력수요, 열수요 등의 부하와 적합성이 결여되면 과잉열이 발생하며 그 에너지 성능은 크게 변동한다.

따라서 열병합 발전의 에너지 성능을 평가하려면 발생열의 이용설비를 포함한 종합 시스템으로의 검토가 필요하다.

3. ESCO사업에서의 적용사례

가. 호텔(대구파크호텔)

대구파크호텔은 망우공원 내에 구관(파크호텔) 및 신관(인터불고호텔)으로 구성되어 있으며, 특히 인

터불고호텔에는 620평규모의 컨벤션홀이 있으며, 시가 약 26억 상당의 파이프오르간이 설치되어 있는 등 대구지역의 문화예술활동의 주무대로 사용되고 있다.

이 곳에 ESCO자금을 활용하여 열병합발전설비의 설비가 설치 중에 있으며, 호텔에 설치되고 있는 열병합발전설비는 도시가스(LNG)를 연료로 하는 가스엔진발전기 발전량이 375kW급 2대가 설치되어 호텔의 전력부하를 분담하도록 구성된다.

한전의 기존전원과 병렬로 구성되는 본 가스엔진발전기의 발전전원은 사용처에서 전혀 사용상의 차이가 없게 설계·설치될 것이며, 가스엔진발전기의 엔진폐열 및 배기가스폐열을 별도의 열회수설비를 통해 회수하여 일부의 증기와 다량의 온수를 공급할 수 있도록 구성된다.

회수된 열로 생산되는 증기는 기존의 설비에서 증기로 추가 공급되므로 이 양만큼은 증기보일러의 가동률을 줄일 수가 있으며, 또한 온수의 경우는 다소 다량이 공급이 가능하여 기존의 호텔의 난방열로 공급하고 급탕용 온수로 활용된다.

특히, 부대시설인 수영장 및 사우나의 급탕온수로 공급되어 기존에 이를 위한 온수생산용 보일러의 에너지 소비를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다. 이와 같이 대기로 방출되어 버려질 에너지를 증기 및 온수의 형태로 회수하여 재활용하게 되므로 가장 최선의 고효율 에너지활용 SYSTEM이라 할 수 있다.

나. 공동주택

가스엔진식 열병합발전설비를 설치하여 전기는 수전전력과 병렬운전하여 공급하고 회수열은 난방열로 공급하게 된다. 특히, 비싼 가정용 전기대신 저렴한 전력을 자체 생산 공급함으로써 기존 지역난방의 경우 난방비만 절감하는 효과에서 한 걸음 더 나아가 전력비의 절감효과까지 거둘 수 있게 되었다. 최근 대전의 신동아 계룡대 아파트 등에 도입되어 운전 중에 있으며 향후 보급확대가 기대된다.

구 분	가스터빈 방식	가스엔진 방식	디젤엔진 방식	보일러 증기터빈 방식
용 량	1,000 KW 이상	30 ~ 5,000 KW	30 ~ 10,000 KW	5,000 KW 이상
효 율				
발전효율	23 ~ 30 %	30 ~ 40 %	35 ~ 45 %	20 ~ 28 %
회수효율	40 ~ 45 %	40 ~ 45 %	25 ~ 40 %	45 ~ 50 %
TOTAL	63 ~ 75 %	85 ~ 90%	60 ~ 85 %	70 ~ 80 %
배열회수형태	배기GAS : 증기	배기GAS : 온수 or 증기 J.W : 온수	배기GAS : 온수 or 증기 J.W : 온수	
사 용 연 료	천연가스, LPG, A중유, 경유, 대용량은 C중유	천연가스, LPG	C중유, 경유	저중질유, 석탄 가스, 쓰레기 등
NOx	50 ~ 150PPM	150 ~ 300PPM	1000 ~ 1800PPM	
소 음	고주파역이 높다. 105 ~ 110dB(A)	디젤보다 적다. 95 ~ 97dB(A)	102 ~ 105dB(A)	
진 동	방진대책 불필요	방진대책 필요	방진대책 필요	
가 격	비교적 높다.	G/T보다 싸다.	G/E보다 싸다.	G/T보다 싸다.
장 점	<ul style="list-style-type: none"> 소형, 경량에 적합 폐열 전량 증기회수 환경, 공해대책 불필요 가동, 정지가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> 소규모 분산형이 적합 청정연료의 사용으로 공해 제약없음. 기동, 정지가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> 발전효율이 높다. 중, 소규모 실적이 많다. 기동, 정지가 용이 가격이 저가 	<ul style="list-style-type: none"> 실적이 많다. 대규모 열소비처에 적합 연료에 제약이 없다. 유지, 보수비가 적다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> 가격이 고가 발전 효율이 낮다. 	<ul style="list-style-type: none"> 전량 증기회수가 어렵다. 	<ul style="list-style-type: none"> 유지, 보수비가 많이 든다. 전량 증기회수가 어렵다. 	<ul style="list-style-type: none"> 설치면적이 크다. 소용량은 경제성이 없다. 기동, 정지가 어렵다.
용 도	<ul style="list-style-type: none"> 산업체 건물용 (호텔, 병원, 백화점) 	<ul style="list-style-type: none"> 건물용 	<ul style="list-style-type: none"> 건물용 · 소규모 산업체 리조트 설비 	<ul style="list-style-type: none"> 공업단지 집단에너지

<표 1> 열병합발전 시스템 분류

다. 병원

부천성가병원, 수원 성빈센트병원, 대구 파티마병원, 서울 삼성의료원(강남) 등에 운전 중이거나 검토 중에 있다.

소형가스열병합발전의 최적 사용처로는

- 1) HOTEL, 병원, 사우나 등 냉난방 부하가 큰 곳
- 2) 실내 수영장, SPORTS CENTER, 리조트 시설
- 3) 사무용 건물 및 대형 오피스텔
- 4) 백화점 (쇼핑센터 및 대형 레스토랑) 및 복합빌딩
- 5) 제지, 화학, 섬유 등 전기 및 증기를 많이 사용하는 산업체가 적합하다.

4. 경제적효과 및 특 · 장점

가. 경제적 효과

열병합 도입의 필요성으로는 에너지 이용효율의 극대화(70~80%)로 내연기관에 의한 발전과 증기 및 온수발생을 기본으로 한 폐열을 이용함으로써 에너지를 효과적으로 이용할 수 있으며, 가스/전기 수급 불균형을 해소할 수 있다는 점을 들 수 있다(<그림 4>는 국내에너지 수급 패턴임).

전력은 하절기에 Peak를 보이고 LNG는 동절기에 Peak를 나타낸다. 상반된 에너지 사용형태로 인해 각각 발전소

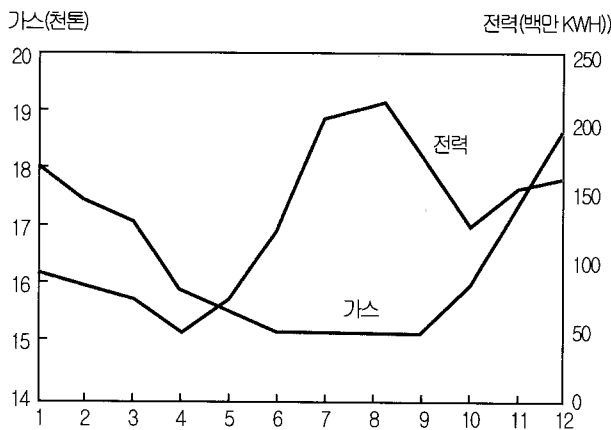
ESCO 사업에서의 소형가스열병합발전 적용

및 LNG저장시설을 갖추어야 하는 등 국가적으로 손실이 많은데 열병합발전설비는 이를 해소할 수 있는 최적의 대안이 될 수 있다.

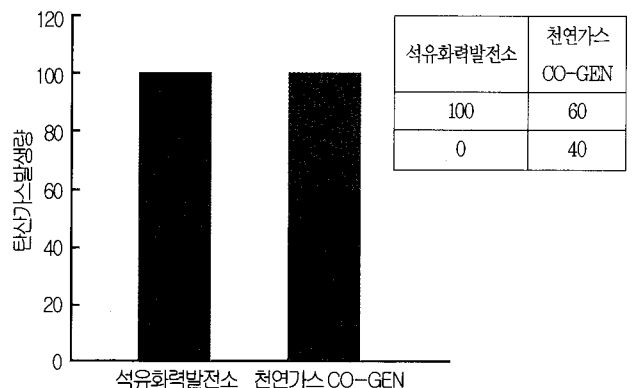
열병합 도입효과로서

- 1) 에너지 절감 비용
 - 폐열회수이용으로 인한 연료비 절감
 - 전력생산비 절감으로 전력요금의 절감
- 2) 전력 기본요금의 절감 (피크전력의 감소)
- 3) 전력공급의 신뢰도 향상
 - 한전과 병렬운전으로 무정전 운전가능
 - 엔진 및 발전기의 성역화로 전기의 질 향상
- 4) 수전용량 축소에 따른 비용절감
- 5) 사용전원의 정전시에도 전력확보 가능 (비상 발전기 대체)
- 6) COMPACT 한 설비로 제한된 건물에 설치 용이
 - 설치면적의 최적화
 - 설치장소 제약 없음.
- 7) 청정연료 사용으로 환경 및 공해 문제 해결 등을 들 수 있다.

지구 온난화 방지 대책으로서 환경문제를 극소화시킬 수 있다. <그림 5>와 같이 도시가스를 이용하여 CO-GEN을 도입하면 종래 시스템에 비해 약 40%의 탄산가스를 절감할 수가 있다.



<그림 4> 국내 에너지 수급 패턴



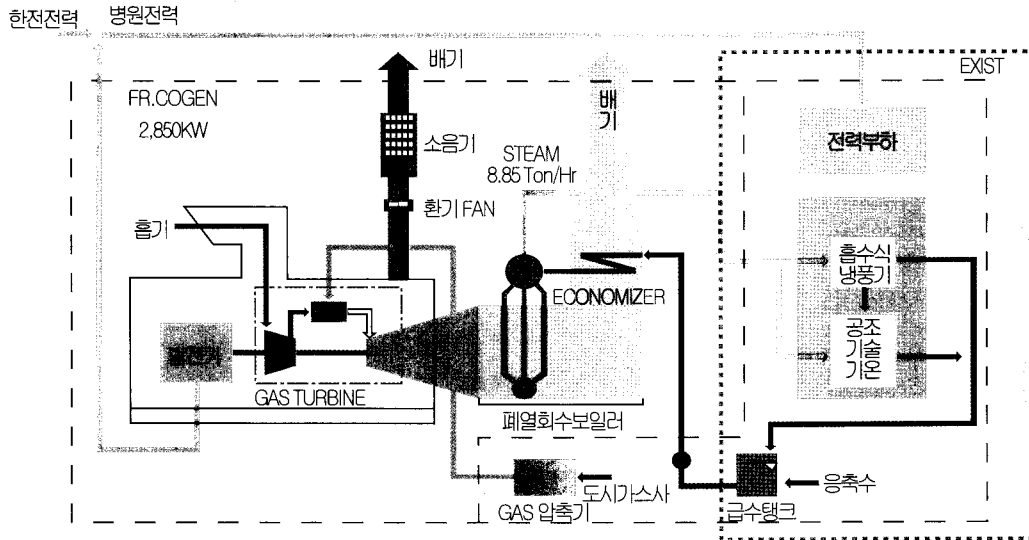
<그림 5> 도시가스 CO-GEN에 대한 탄산가스

5. 외국사례

선진국에서는 이미 오래 전부터 열병합발전을 통한 에너지의 합리적인 이용방법을 행하고 있다. 유럽에서는 지역난방에 사용되는 열의 대부분을 인근의 열병합발전소로부터 공급받고 있다. 일본의 경우도 열병합발전설비를 가동하여 자가건물의 전기 및 열을 공급하는 형태는 물론 CES (Community Energy Supply)라는 형태의 소규모 집단에너지 시스템에 열병합을 많이 적용하고 있으며, 총 발전량의 2.5% 전후를 이러한 소형열병합 발전설비가 담당하고 있다. 일본에서는 1986년부터 급격한 증가세를 보이며 보급이 확대되었다. 최근의 일본의 도입실적을 보면 다음과 같다.

구분	건수	발전용량 (MW)	1건 당 용량 (KW)	대수	대당용량 (KW)
업무용	1,654	882	533	2,694	328
산업용	1,123	3,774	3,334	1,900	1,971
합계	2,777	4,626	1,666	4,594	1,007

위의 표에서 보면 업무용의 경우 주로 가스엔진식의 소형이 많고 산업용은 가스터빈식 중 대형이 많은 것을 알 수 있다.



〈그림 6〉 가스터빈열병합 SYSTEM FLOW

6 향후전망 및 결론

소형열병합은 위에서 본 바와 같이 우수한 경제성, 친환경성 등으로 인해 국가적인 차원에서도 적극적인 도입의 필요성이 있으며, 여러 정부기관에서도 각종 지원책을 수립하고 있어 향후 보급확대가 기대되고 있다. 이를 통해 에너지의 절감이 불편을 감수하면서 아끼는 것에서 벗어나 보다 쾌적한 에너지의 사용을 효율적으로 생산, 공급하는 적극적인 방법으로의 전환이 이루어져야 한다.

이를 위해서는 일본의 경우와 같이

- 1) 천연가스요금의 우대제 확대
- 2) 초기투자비의 일정부분 지원
- 3) 계통연계시 인허가 절차 간소화
- 4) 일정규모 이상의 건물 도입 의무화 등

실질적이고 적극적인 정책의 도입이 필요하다. 필요하고 좋은 것이라는 누구나 알면서도 실제로 이를 시행하는 데는 여러 가지 경제적, 제도적인 걸림돌이 많은데, 장·단기적으로 에너지사용의 절감이 선택사항이 아닌 필수사항으로 전

개되는 현 상황에서 최대, 최선의 대안이 소형가스열병합인 점을 반영한 지원책이 필요하다.

이렇게 될 경우 열병합사업은 보급확대가 예상되고 초기 투자비의 부담을 줄일 수 있는 ESCO사업과의 연계성은 대단히 높다.⑥