

가스 열병합발전의 개요와 기술적용

■ 주동한 이사 / (주)삼천리 영업기술본부

1. 서론

우리나라는 지난 1970년 이후 급격한 경제성장으로 경제규모의 확대, 산업구조의 고도화 및 소득수준의 향상에 따라 1999년 기준으로 선진국의 연평균 에너지 소비 증가율인 미국 1.4%, 일본 2.3%, 캐나다 0.8%, 영국 0.5%를 훨씬 상회하는 8.5%의 높은 에너지 소비 증가율을 보여왔다.

에너지 자원이 부족하고 에너지 수요의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라의 경우 고도의 성장을 지속하기 위해서는 에너지 소비의 다변화와 에너지 절약 기기를 포함한 에너지 관련 기술개발을 통한 에너지의 효율적인 이용이 가장 절실한 과제라 할 수 있다.

또한 장기적인 전력수급 차원에서 볼 때 우리나라는 대규모전원 및 송변전설비의 입지확보의 곤란으로 인한 전원계획의 지연으로 충분한 예비율 확보가 불확실한 실정에 있고 송변전설비의 설치 및 확대에 따른 비용의 지속적인 증가 및 하계 첨두부하의 증가 등이 최근 주요 관심사로 대두되고 있다.

아울러 지난 97년 12월 기후변화협약 제3차 당사국총회에서 지구의 환경오염을 90년대 수준으로 낮추자는데 합의함으로써 미국 7%, 일본 6%, EU 8%를 포함하여 선진국은 평균 5.2%의 온실가스 저감 이행을 의무화하였다. 우리나라도 OECD 회원국인 까닭에 기존 선진국들로부터 이행 의무를 다하도록 압력이 거세질 것으로 예상되므로 기후변화 협약에 능동적으로 대처하기 위한 방안이 모색되어야 한다.

이러한 점을 고려할 때 분산형 전원인 가스 열병합발전 시스템은 전력수급문제와 환경문제의 대처 그리고 에너지의 절약 및 효율적인 이용을 위한 방안으로 가장 실현 가능성이 높은 종합 에너지시스템으로 국내외에서 큰 관심사가 되고 있다.

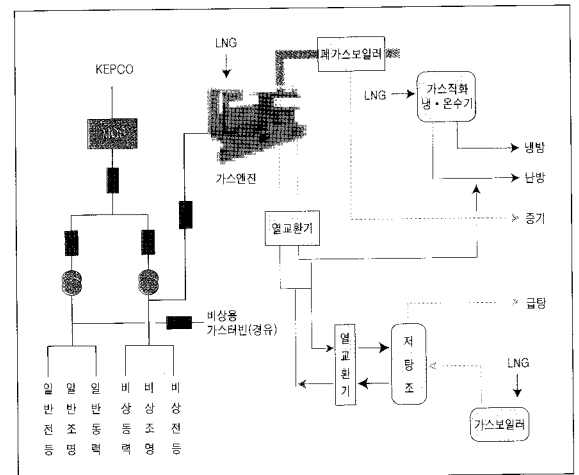
본 보고서에서는 가스 열병합발전 시스템의 도입효과, 지원 제도, 보급현황 및 향후 가스 열병합발전 보급

환경을 전망하고자 한다.

2. 가스 열병합발전이란?

현재까지의 일반적인 화력발전방식은 최대의 전력만을 생산하는데 중점을 두는데 비해 가스 열병합발전 시스템은 종합 에너지시스템에 대한 에너지의 효과적인 이용방안으로서 단일 열원으로부터 열에너지와 전기에너지를 동시에 생산함으로써 열손실을 최소화하고 에너지 이용 효율의 극대화를 얻는데 그 목적이 있다.

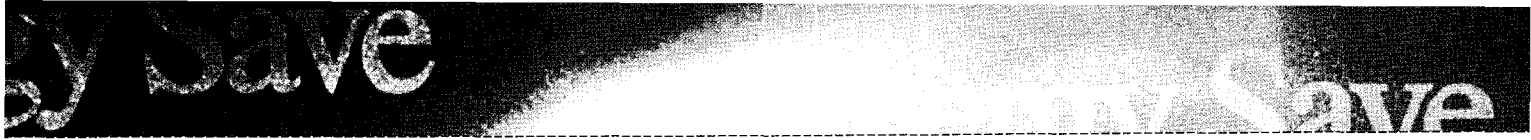
〈그림 1〉은 가스 열병합발전 시스템의 열에너지 및 전기부하의 흐름도를 나타낸 것이다.



〈그림 1〉 가스 열병합발전 흐름도

3. 가스 열병합발전의 필요성

가스 열병합발전 시스템은 크게 산업체 및 지역난방의 중대형 열병합발전과 일반 건물에 설치하는 소형 열병합발전설비로 나눌 수 있다. 중대형 가스 열병합발전은 가스요금에 비해 심야 전력요금의 단가가 상대적으로 저렴하기 때문에 국가적 차원의 보급 활성화 노력에도 불구하고 극히 부진한 상태에 있다. 그러나 최근에는 효율이 높고 투자비가 저렴한 Package 가스터빈의 개발



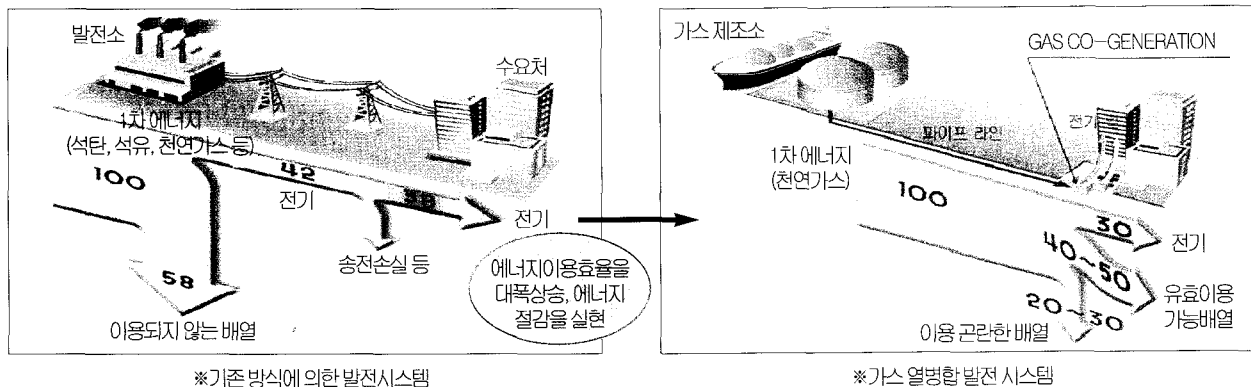
로 인하여 그 경제성의 변화를 기대할 수 있게 되고 있다.

반면 천연가스를 사용하는 소형 가스 열병합발전 설비는 단위건물 내에 설치하여 건물에 필요한 전력 및 냉난방열원을 직접 공급하므로 에너지 이용효율을 극대화시킬 수 있으며 중대형 발전설비에 비해 초기투자비가 상대적으로 저렴하기 때문에 에너지 수입 및 사용실태가 우리나라와 유사한 일본을 중심으로 많은 발전과 보급이 이루어지고 있다. 가스 열병합발전설비의 보급 및 기술개발의 필요성은 다음과 같다.

- 에너지 이용효율 증대
- 환경친화성
- 전력수급의안정성확보

3-1 에너지 이용효율 증대

가스 열병합발전 설비는 열에너지와 전기에너지를 동시에 생산하는 고효율 발전설비로서 단일 열원에서 열에너지와 전기에너지를 동시에 생산하기 때문에 국가적인 차원에서 에너지 절약의 실현할 수 있다. 가스 열병합발전 설비의 에너지 이용효율은 발전기 및 열교환기 효율과 전기부하 및 열부하에 따라 약간씩 다르게 나타나지만 일반적으로 기존 발전시스템이 30%~40%정도의 효율을 갖는 반면에 가스 열병합발전 시스템은 효율을 75%~80%까지 높이면서 CO₂를 50% 절감할 수 있어 막대한 경제적 효과를 얻을 수 있는 고효율 발전시스템이다. <그림 2>는 기존 발전시스템과 가스 열병합발전 시스템의 에너지 이용효율을 비교한 것이다.



<그림 2> 기존 발전시스템과 가스 열병합발전 시스템의 이용효율비교

3-2 환경친화성

지난 97년 12월 기후변화협약 제3차 당사국총회(일명 교토회의)에서 90년을 기준으로 미국 7%, 일본 6%, EU 8%를 포함하여 선진국은 평균 5.2%의 온실가스 배출 감축 목표를 골자로 하는 '교토 의정서'를 채택하였고, 순 배출량 방식 및 배출권 거래제도를 허용하는 안을 채택함으로써 선진국들은 경제적인 규제수단의 하나로 온난화 가스 배출 삭감 압력을 행사할 준비를 완료한 상태이다.

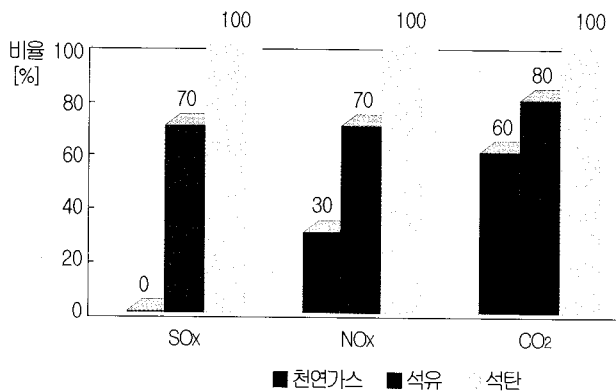
이와 같은 상황에서 우리나라는 CO₂ 총량을 기준으로 1990년에 69,278천 탄소톤으로 세계 16위에서 2010년에는 6위로 2030년에는 미국 다음으로 이산화탄소 배출량이 가장 많은 나라로 될 것으로 예상되고 있다.

우리나라도 OECD 회원국인 까닭에 기존 선진국들로부터 이행 의무를 다하도록 압력이 거세질 것으로 예상되므로 기후변화 협약에 능동적으로 대처하기 위한 방안이 모색되어야 한다.

우리나라는 아직까지 기후변화협약과 교토의정서에서 개도국으로 분류되어 있으나 향후 선진국 의무를 따르게 될 것이다. 지금까지 우리나라는 선진국에 비해 매우 높은 에너지 소비 증가율을 보여왔다. 에너지 소비의 증가는 곧 배출가스의 증가를 의미한다. 따라서 에너지 소비에 따른 온실가스를 줄일 수 있는 설비의 확충과 정책이 개발되어야 한다.

<그림 3>의 연료별 SO_x, NO_x 및 CO₂의 배출량의 비교에서 나타난 바와 같이 도시가스의 주 원료인 천연가스는 대기오염의 주 원인으로 일컬어지는 SO_x 성분이 전혀 없으며

NOx와 CO₂ 함유량이 매우 적기 때문에 환경 친화적인 연료이다.



<그림 3> 연료별 SOx, NOx 및 CO₂의 배출량의 비교

가스 열병합발전 설비는 청정에너지인 LNG를 사용하기 때문에 공장이나 도심지 또는 건물 내에 건설할 수 있으며 최적의 비용으로 전체 온실가스의 50%에 이르는 이산화탄소를 대폭적으로 절감함으로써 갈수록 심각해져 가는 국제 환경규제에 대처할 수 있다.

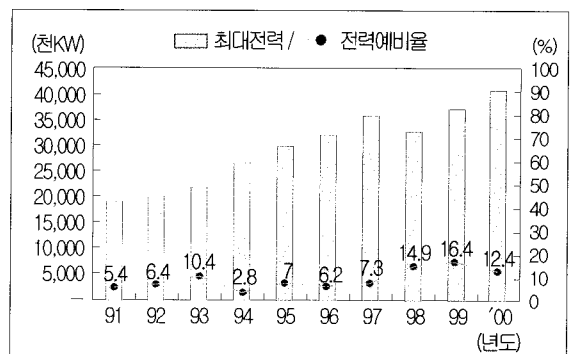
이러한 관점에서 볼 때 에너지 이용효율 향상에 따른 에너지 절약 뿐만 아니라 환경오염 절감에 큰 기여를 할 수 있는 가스 열병합발전 설비의 도입을 적극적으로 추진할 필요가 있다.

3-3 전력수급의 안정성 확보

우리나라 전력 예비율은 2000년 16.8%에서 2005년 16.9%로 발전용량은 전기부하에 대해 상당한 여유를 가질 것으로 보이지만 송전손실을 고려한 전력 공급능력과 하계 전기 사용이 많은 우리나라의 부하특성을 고려할 때 공급 예비율은 충분하지 않은 실정에 있다.

<그림 4>는 우리나라의 공급 가능전력과 하계 공급 예비율을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 것처럼 1998년~1999년 사이는 IMF로 인한 산업 및 사회활동의 위축으로 일시적인 전력수요가 감소함에 따라 15% 이상의

높은 전력 예비율을 갖지만 그 이후 경제 활성화에 따른 전력수요 급증으로 하계 전력 예비율은 약 10%에 불과하다.



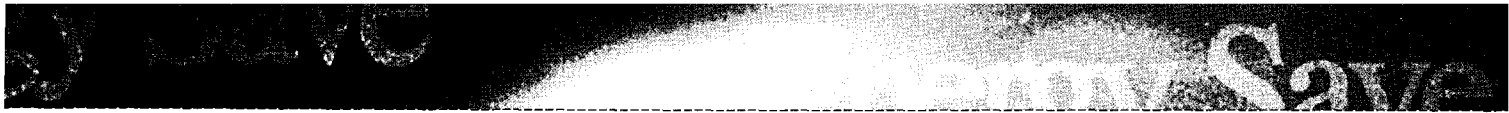
<그림 4> 하계 공급전력과 공급예비율

국민의 생활수준 향상에 따른 냉난방 에너지의 소비는 급격히 증가될 것으로 전망되며 이에 따른 발전설비의 증가가 요구되지만 대규모 전원의 건설은 입지확보의 곤란으로 인해 전원계획이 지연되고 있으며 이로 인해 충분한 예비율 확보가 불가능한 실정에 있다.

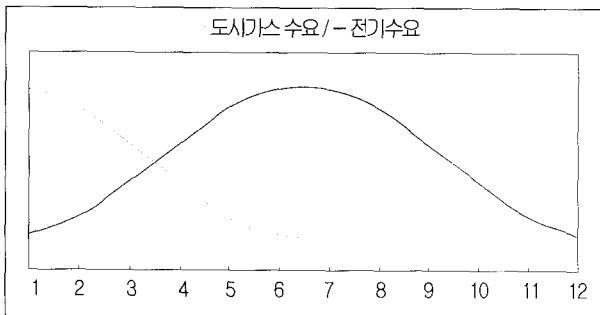
따라서 전력수급의 장기적 안정을 확보하기 위해서는 전력 수급 양면에 걸친 대책이 강화되어야 한다는 것이 현재 관련 전문가들의 공통된 의견으로 수렴되고 있다.

즉, 기존의 전력공급은 대규모 전원의 개발에 중점을 두고 전력 수요에 대비해 왔지만 앞으로는 수요의 관리 및 제어를 고려한 부하관리(Load Management) 또는 수요측 관리(Demand Side Management)를 적극적으로 추진해 나가고 나아가 다양한 에너지의 효율적 활용을 목표로 한 분산형 전원(Dispersed Power Generation)의 개발과 도입을 적극적으로 추진할 필요가 있다.

이와 같은 상황에서 그 동안 선진국을 중심으로 소용량의 분산배치가 가능한 발전설비인 가스 열병합발전에 대한 연구 및 개발이 이루어져 왔으며 현재 일본, 미국, 유럽을 비롯한 많은 국가에서 보급이 활성화되고 있는



실정에 있다. 우리나라의 경우, 전기는 동절기에 소비가 적고 단가가 저렴하며 하절기에 소비가 많고 단가가 비싼 반면 LNG는 동절기에 소비가 많고 단가가 비싸며 하절기에 소비가 적고 단가가 저렴한 특성을 갖는다. 따라서 고층빌딩, 백화점, 호텔, 병원, 공장 등 대형건물에 설치하는 가스 열병합발전 설비는 전기 수전단가가 비싼 하절기에 집중적으로 운전하기 때문에 여름철 첨두부하 해소에 따른 하계 전력 예비율을 높일 수 있어 전력 예비율을 확보를 위한 발전소 건설을 줄일 수 있으며 이로 인해 국가 예산 절감의 효과를 가져올 수 있고 하절기의 LNG 소비량이 증가함에 따라 보다 안정적이며 효율적인 LNG 보급을 할 수 있다. <그림 5>는 월별 도시가스과 전기수요 추이를 나타낸 것이다.



<그림 5> 월별 도시가스과 전기수요 추이

또한 가스 열병합발전설비는 단위건물 내에 설치하여 건물에 필요한 전력 및 냉난방열원을 직접 공급하므로 기존 대규모 전원 형태의 발전소 입지선정에 따른 부지난의 해소와 발전소 건설에 따른 각종 민원 및 송배전설비의 투자비용을 줄일 수 있다. 즉, 국가적 차원에서 전력소비가 늘어난다고 해서 무조건적으로 발전소만을 건설할 것이 아니라 Base Load는 전력회사가 투자하더라도 나머지 부분은 대용량 수요처가 직접 투자하여 자가소비 형태를 취하는 것이 국가의 경쟁력을 높일 수 있을 것이다.

4. 가스 열병합발전의 적용조건

이러한 가스 열병합발전시 아래의 적용조건을 만족할 경

우 그 경제성 및 도입효과를 증대시킬 수 있을 것이다.

- 연간 안정된 전력부하, 열부하가 있는 경우
- 전력부하와 열부하의 시간별 패턴이 유사한 경우
- 열전비(열부하/전기부하)가 높은 경우
- 전력, 열 에너지를 복합화하여 신뢰성을 높이고자 하는 경우
- 특별고압수전을 회피하고자 하는 경우

현재 우리나라의 경우, 가스요금에 비해 전기요금이 싸이므로 인하여 가스 열병합발전의 적용 및 운전이 있어 그 적용조건 및 경제성을 사전에 필히 검토할 필요가 있다.

5. 가스 열병합발전의 지원제도

현재 우리나라의 경우, 외국에 비해 가스 열병합발전에 대한 지원제도가 다소 미흡하지만 그 범위 및 금액이 계속 확대되고 있다. 그 지원은 에너지이용합리화 자금을 의한 설치자금 지원과 조세감면에 의한 세액공제 두 가지이다.

5-1 에너지 이용합리화자금

- 근 거 : 에너지이용합리화법에 의한 에너지절약시설 설치사업
- 지원대상 : 산업체, 건물열병합발전발전 사업
- 지원내용 : 소요자금의 100% 이내(동일 건물당 25억원). 연리 4.0%, 3년거치 5년 분할 상환

5-2 세액공제

- 조세감면 규제법 제25조에 의거 투자금액의 10%를 법인세(소득세)에서 공제.

6. 가스 열병합발전의 보급현황

우리나라에서 가스 열병합발전용 가스터빈의 경우 삼성항공에서 1.2MW급 시제품을 생산하여 신뢰성 시험 정도의

성과를 거두었지만 상용화 기술은 아직 보고된 바가 없다. 가스엔진의 경우 쌍용중공업에서 200kW 가스엔진 시제품을 생산했으며 대우중공업에서 디젤엔진을 개조하여 100kW급 엔진을 개발하였다고 보고된 바 있으나 시장수요의 미흡으로 용량의 다양화 등 상용화에는 미흡한 상태라 할 수 있다.

또한 열병합발전설비 운전과 제어 소프트웨어 등 열병합발전 시스템과 관련된 기술의 개발은 선진국에 비하여 상당히 취약한 상태에 있다.

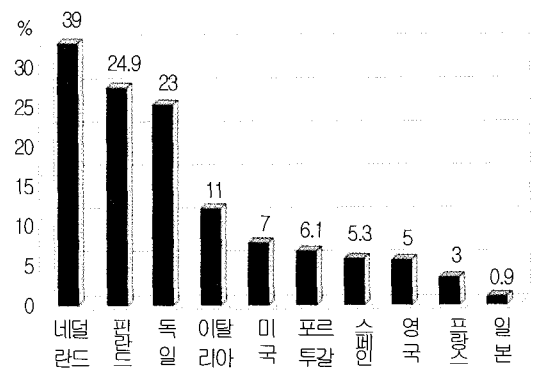
우리나라의 가스 열병합발전 보급 실적은 총 발전량의 0.001% 수준으로 가스 열병합발전 발전의 초기 단계라고 할 수 있겠다. <표 1>은 우리나라 소형 열병합발전의 보급현황이다.

<표 1> 우리나라 소형 열병합발전의 보급 현황

설치장소	용량(KW)	원동기	Engineering&설계	도입년도
롯데월드	5,900×6	ENGINE	쌍용중공업	1988
무역센터	2,100×1	ENGINE	쌍용중공업	1988
롯데쇼핑	2,100×3	ENGINE	쌍용중공업	1989
롯데부산지점	2,500×3	ENGINE	쌍용중공업	1995
가스공사	1,000×1	ENGINE	효성중공업	1996
위커희호텔	2,100×1	TURBINE	-	1996
분당터미널	1,400×3	ENGINE	삼성중공업	1998
호남터미널	3,000×3	ENGINE	현대중공업	1998
LG유통	1,400×3	ENGINE	LG기계	1998
중앙개발	2,750×1	ENGINE	삼성중공업	1995
성가병원	542×2	ENGINE	삼천리	1999
롯데울산점	3,000×3	ENGINE	쌍용중공업	2000
하나병원	70×2	ENGINE	삼천리	2000
성민센트병원	985×1	ENGINE	삼천리	2000
안양병원	333×1	ENGINE	삼천리	2001
신명원	235×1	ENGINE	삼천리	2001
수원역사	1,438×3	ENGINE	삼천리	2003
합계	90,641KW	-	-	-

한편 <그림 6>은 각 나라별 전체 발전설비용량증 열병합발전이 차지하는 비율을 나타낸 것으로 이미 네덜란

드, 핀란드를 포함한 유럽, 미국 일본의 경우 열병합발전 설비는 발전설비용량의 상당부분을 차지할 정도로 보급이 활성화 되고 있음을 알 수 있다.



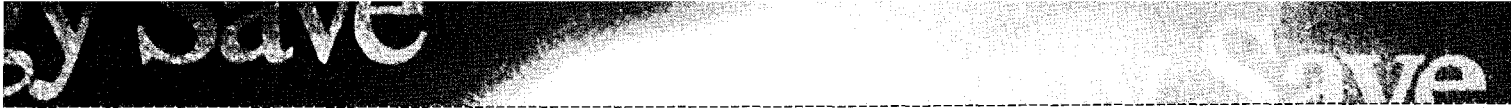
<그림 6> 국외 가스 열병합발전 보급 현황

미국의 경우 1978년 공익사업 규제법을 입법화 하여 Co-Gen설비 및 대체에너지 설비의 도입 활성화를 위해 제도적으로 뒷받침함으로써 기술개발을 자연스럽게 유도하여 GRI 등 관련 연구기관을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다.

이에 비해 일본의 경우, 80년대부터 보급을 시작하여 1986년에 계통연계 가이드 라인을 제정하여 가스 열병합발전 도입의 기틀을 수립한 후, 1992년에는 에너지 세계 개편, 잉여전력구입 매뉴얼을 제정, 1993년에는 환경조화 에너지 COMMUNITY 결성, 1996년에는 전기사업법을 개정 특정전기사업법을 제정하여 단계적 보급활성화에 제도적 기틀을 마련하였다.

또한, 1997년 6월에는 신에너지 이용 등의 촉진관련 특별 조치법으로 신에너지법을 신설하여 석유 대체 에너지 중에서 특히 중요한 대상 중 하나로 가스 열병합발전을 포함하는 등 제도 및 정책 연구를 꾸준히 진행시켜서 현재 가스 열병합발전 분야는 세계에서 가장 체계적으로 발전된 국가라 할 수 있다.

가스 열병합발전 도입에 있어 100여년의 전통을 가진 유럽에서도 1993년 Cogen-Europe을 설립하여 가스 열병합발전 시스템의 보급 활성화의 일환으로 가스 열병



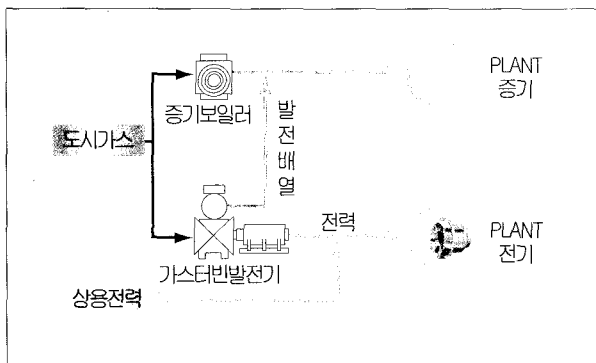
합발전의 장애요인을 파악하고 이를 정책적, 제도적으로 없애기 위한 조정작업, 회원국가간의 정보 및 기술교환, 국가적인 차원의 가스 열병합발전 장려기관의 설립 촉진, 국제적인 활동 및 협조, 출판활동, 학술대회 개최 등을 통하여 가스 열병합발전 관련 기술개발 및 도입 촉진을 위한 활동을 하고 있다.

7. 가스 열병합의 적합성

7-1 산업용 가스 열병합발전의 일반적 이용형태

산업용에 있어서 가스 열병합발전시 발전된 전력은 공장 내 전력으로 사용하고 배기열은 증기로 회수하여 산업공정에 이용한다. 또한 산업용은 에너지수요량이 많으므로 열수요 비율이 높고 발전 용량이 커 배열회수율이 좋은 가스 터빈 열병합발전을 많이 사용하며 연간 에너지 수요가 높으므로 실제 운전 효율과 정격치가 동등해진다.

제지, 전기, 기계, 제약, 식료제작 공장등에 주로 이용되며 그 일반적 적용은 <그림 7>과 같다.



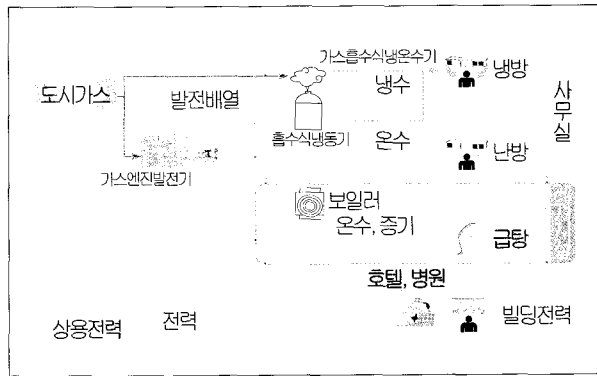
<그림 7> 산업용 가스 열병합의 일반적 이용형태

7-2 업무용 가스 열병합발전의 일반적 이용형태

업무용 가스 열병합발전의 전력은 빌딩 내부에 사용되고, 배열은 온수 또는 증기로 회수하여 난방, 급탕 및 흡수식 냉동기에 의한 냉방에 사용된다. 업무용은 비교적 발전용량이 적

고 발전 효율이 높은 가스 엔진 열병합발전이 많이 사용된다.

특히, 호텔, 병원 등 온열 수요가 많은 곳에 적합하다. 또한 업무용 빌딩의 열수요량은 비교적 적기 때문에 부분부하운전을 하지 않으므로 운전효율은 정격치보다 약간 적게 된다. 그 일반적 적용은 <그림 8>과 같다.



<그림 8> 업무용 가스 열병합의 일반적 이용형태

8. 결론

이상으로 가스 열병합발전은 국가 에너지 이용효율 증대, 환경 문제 해결, 전력수급 안정화라는 그 필요성에 따라 보급이 활성화되어야 하며, 향후 우리나라의 가스 열병합발전 보급 환경은 다음과 같이 예측된다.

첫째, 전력 및 가스 산업 구조 개편에 따른 경제성 호전으로 전력요금 인상 및 가스 요금 인하가 기대된다.

둘째, 대기환경규제 강화에 따른 수요증가로 청정연료 LNG 사용 활성화가 기대된다.

셋째, 초기 투자비용자 금리 인하 확대 및 한전의 보호방식 가이드 라인 완화 등 정부지원제도 확대 및 규제 완화가 기대된다.

넷째, 에너지 비용증가에 따른 에너지절약의식 확대가 기대된다.

이상과 같은 환경변화는 가스 열병합발전 발전을 촉진시켜 머지않아 분산형 가스 열병합발전 발전시대를 맞이하게 될 것을 예감할 수 있게 한다.