

소형 열병합발전 및 CES시장조성을 위한 방안

소형 열병합발전 보급현황 및 전망에 대해 알아보고 소규모 집단에너지공급(CES) 시장 조성을 위한 지원제도에 대해 소개 하고자 한다.

허 윤

에너지관리공단 수요관리처(hyn@kemco.or.kr)

소형 열병합발전 현황 및 전망

보급의 필요성

최근 국민 생활향상으로 인해 전력소비가 매년 크게 증가하고 있으며, 국내 전력 수요는 통상 하절기에 전력피크가 발생하였으나, 에너지소비 문화의 패러다임 변화로 인해 동절기에도 피크가 발생하고 있는 등 전력수요는 이미 위험수위에 달하고 있는 실정에 놓여있다.

또한, 전력산업의 구조개편과 관련하여 한전의 민영화에 따른 발전소 건설은 현실적으로 어려운 실정에 놓여있고, 대형 발전소 등 화석에너지의 대량 소비에서 비롯되는 이산화탄소 발생량의 증대, 기후변화 등의 방지를 위한 대기환경규제로 화석에너지의 사용규제가 불가피한 현실이다. 이와 같은 에너지 환경하의 대안으로, 선진국을 중심으로 열병합발전 시스템에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데, 최근에는 공동주택을 비롯한 건물의 소형 열병합 발전 기술이 확산되고 있는 실정이다.

건물의 열병합발전 시스템은 엔진 혹은 가스 터빈을 구동시켜 발전하고, 그 배열을 유효하게 회수하여 열을 공급하는 시스템, 즉 하나의 열원에서 전기와 열에너지를 동시에 생산하는 시스템으로 종래의 에너지시스템에 비해 약30~40%의 에너지 절약 효과를 거둘 수 있는 고효율 에너지이용 기술이다. 이러한 관점에서 볼 때, 환경친화적인 천연가스 수요확대를 위해 가스엔진, 가스터빈, 흡수식 냉난방 시스템을 적용한

가스 열병합발전 시스템 보급을 확산시켜나아가야 할 것이다.

소형 가스 열병합발전이란?

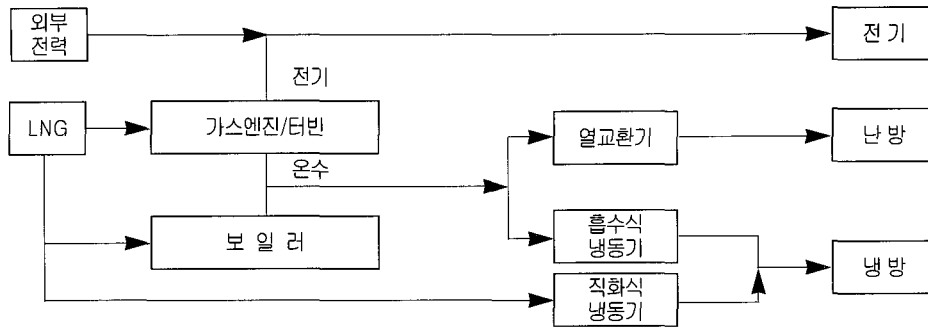
열병합발전 시스템(cogeneration system)은 하나의 에너지원으로부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템으로 발전에 수반하여 발생하는 배열 또는 폐열을 회수 이용하여 1차 에너지에서 연속적으로 2종류 이상의 2차 에너지를 발생시키는 시스템이다.

열병합발전 시스템은 CES사업의 핵심기술로서, 주로 가스 엔진을 사용하며 전기, 온수, 냉수를 동시에 생산함으로써 에너지이용 효율이 높고, 제어가 용이하여 기존의 에너지공급방식보다 30~40%의 에너지절약효과를 거둘 수 있는 고효율에너지 이용기술이다.

소형 가스 열병합발전 시스템 구성

소형 가스 열병합발전 방식은 원동기 종류에 따라 가스 터빈방식과 가스 엔진방식으로 분류하며, 산업체 및 건물용 모두 이용가능하나 가스 엔진의 경우 주로 건물 용도로 사용되며, 일반적으로 건물용으로 사용되는 가스 열병합발전 이용 시스템 구성은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는 바와 같이 소형 가스 열병합발전 시스템의 경우, 한전의 최소 수전량을 유지하며 한전 전력계통과 병렬운전을 하고, 냉·난방은 주 보일러 및 냉동기를 이용하지만 발전시 발생하는 냉각수열 및 배기열을 회수하여 냉·난방에 이용하는 시스템으로 구성되어 있다.



[그림 1] 가스 열병합발전 이용 시스템 개요

소형 열병합발전 보급현황 및 전망

소형 열병합발전 시스템은 주로 건물에 설치되며, 국내 전력요금 체계상 가격이 높은 일반용 전력요금 시장이 잠식되어, 전력판매회사의 경영수지 악화를 우려해 전력회사로 부터의 도입 거부감이 높았으나, 최근 전력산업 구조개편 등으로 건물용 열병합발전에 대한 필요성이 대두되고 있어, 그 거부감이 다소 완화되고 있는 가운데 열병합발전 도입은 확대될 전망이다. 현재 국내에 도입되고 있는 열병합발전 장치의 전량이 수입에 의존하고 있어, 초기투자에 대한 부담감이 가중되는 등 향후 국산화에 따른 투자비 저감이 요구되고 있다.

한편, 국내 건설규모가 대규모 택지개발에 대한 집단에너지공급이 한계에 도달함에 따라 한국지역난방공사에서 소규모 집단에너지공급(CES)을 적극 추진하는 등 활동을 전개하고 있지만 CES는 체도가 미비하고, 경제성이 없어 현 단계에서는 보급 확산이 곤란한 실정이나 정부의 지속적인 CES보급 확대정책 추진시 점진적으로 보급이 확산될 전망이다.

• 국내 보급현황

국내 소형 가스 열병합발전 설비의 도입은 정부의 에너지이용합리화 정책에 힘입어 80년대 들어 도입되기 시작하여 표 1, 2와 같이 2003년 8월 현재 26개소, 9만6천kW(집단에너지체외)가 설치되어 국내 총 발전용량의 약 0.2%를 차지하고 있으며, 최근에는 공동주택을 중심으로 보급이 점차적으로 늘어나고 있는 추세에 비추어 볼 때, 향후 가스 열병합발전 설비는 공동주택, 병원, 호텔 등을 중심으로 보급이 확대될 전망이다.

• 국외 보급 현황

- 일본

일본 가스협회 발표자료에 따르면 2001년말 현재 가스 열병합발전(엔진, 터빈, 연료전지)시설의 보급 현황은 총 244만kW(민생용 545MW, 산업용 1,894MW), 1686건(민생용 1,226건, 산업용 460건)이 설치되어 있는 것으로 조사되고 있으며, 2010년까지 가스 열병합발전시설 용량 464만kW 설치를 목표로 하고 있다.

<표 1> 용도별 설치 현황

구분	병원	아파트	호텔	복합건물	업무용빌딩	위락시설	산업체	합계
건물수	7	7	2	5	3	1	1	26
총용량(kW)	5,910	2,909	1,106	60,600	5,210	2,300	18,000	96,035

<표 2> 용량별 설치 현황

구분	100kW 미만	100kW초과 500kW미만	500kW초과 1000kW미만	1000kW초과 2000kW미만	2000kW초과 3000kW미만	3000kW 초과	합계
건물수	1	11	5	4	2	3	26
총용량(kW)	10	4,583	5,342	13,900	9,800	62,400	96,035

- 유럽

표 3에는 EU 15개 국가, 중앙유럽 10개 국가와 기타 3개 국가의 가스 열병합발전 설치 용량과 공급전력량을 나타내었다.

유럽의 경우는 1993년 Cogen Europe(유럽 열병합발전 촉진협회)를 설립하여 열병합발전 보급을 추진, 덴마크, 네덜란드, 폴란드 등 3국이 가장 보급이 활발하게 이루어지고 있으며 2010년까지 총 발전용량의 18% 보급을 목표로 하고 있다.

- 미국

가스터빈과 엔진 열병합발전 보급대수는 총 874대의 총 용량은 1,439MW로서 미국 열병합발전 설치의 89.2%(전체 980대)를 차지하고 있으며, 전체의 열병합발전 총용량의 29.2%(전체 4,926MW)를 차지하고 있다.

원동기 용량별로 나누어 보면 아래의 표 4와 같고, 엔진열병합발전의 경우 1,000kW이하 용량이 주로 설치된 반면, 가스터빈 열병합발전은 1,000~5,000kW 정도의 용량에서 가장 활발하게 보급되고 있음을 알 수 있다.

소형 열병합발전 보급 효과

소형 가스 열병합발전 보급 촉진에 따른 기대는 전기 다소비 진밀 밀집지역에 다수의 분산형 전원을 확보하여 전력수급에 안정을 기여하고, 하절기 가스 수요확대로 현행 동고하저형의 수급구조(TDR) 개선과 아울러 전력피크 완화에도 많은 도움이 될 것이다.

또한, 신규 사업분야 창출, 에너지절약 투자활성화, 고용안정, 기후변화협약 대응 관련 수출전략 산업육성을 도모할 수 있을 것이다.

한편, CES사업 전개시 기대되는 효과는 열병합발전, 폐열 및 미활용에너지 이용으로 건물부문 에너지

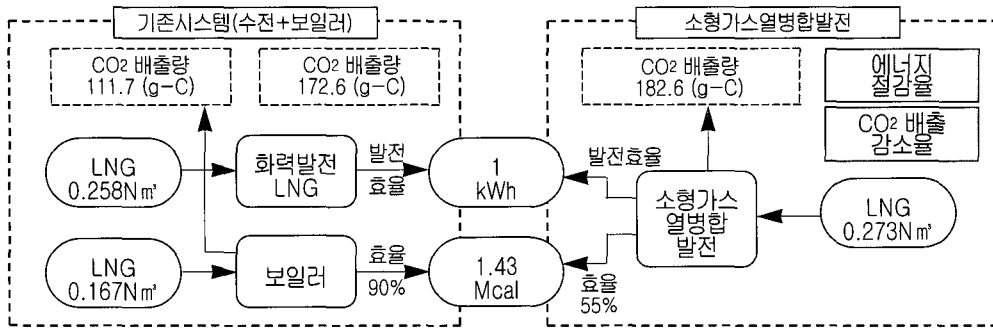
<표 3> 유럽의 열병합발전 보급현황 및 발전량

Country	Capacity(MW)	Supply of Electricity(GWh)
Austria	3,690	15,410
Belgium	1,341	6,330
Denmark	7,894	23,849
Finland	4,040	19,757
France	5,556	21,067
Germany	18,751	58,317
Greece	316	1,488
Ireland	122	632
Italy	10,665	42,043
Luxembourg	71	291
Netherlands	7,873	39,780
Portugal	903	4,528
Spain	4,546	24,553
Sweden	3,131	14,844
UK	4,632	23,295
Bulgaria	1,264	4,807
Czech Rep.	2,741	12,213
Estonia	434	1,584
Hungary	1,226	5,011
Latvia	587	1,842
Lithuania	831	1,720
Poland	7,021	22,548
Romania	6,715	22,731
Slovakia	1,268	5,318
Slovenia	337	1,554
Cyprus	0	0
Norway	16	73
Switzerland	459	1,869
Total	96,430	377,454

이용 효율 극대화가 가능할 것이며, 개별 건물별 에너지공급시설 확보 불필요에 따른 에너지사용의 편리성이 증진 될 것이다.

<표 4> 용량별 열병합발전 보급현황

	가스터빈		엔진	
	용량(MW)	대수(대)	용량(MW)	대수(대)
0~999kW	15.38	20	95.09	662
1~9.9MW	215.69	58	277.82	99
10~100MW	702.22	26	132.9	9
Totals	933.29	104	505.81	770



[그림 2] 기존시스템(수전+보일러)과 소형 가스 열병합발전 시스템 비교

• 에너지절감 및 CO₂ 배출 감소 효과

- 소형 가스 열병합발전 시스템을 이용하여 전력 1kWh와 열발생량 1.43 Mcal을 이용하는 측면에서 그림 2와 같이 기존시스템(수전+보일러)과 소형 가스 열병합발전 시스템과의 CO₂감소효과를 나타내었다.

$$- CO_2\text{배출 감소효과} = \frac{(111.7+172.6)-182.6}{(111.7+172.6)} \times 100 = 36\%$$

열병합발전 관련 지원제도

열병합발전 기술지원

에너지관리공단에서는 열병합발전 도입을 검토하는 단계에서 수용가에서의 접근을 용이하게 도모하기 위해 경제성분석 등 기술지원을 실시하였다.

2002년도 국내 공동주택을 대상으로 안내한 결과 총 48개 단지에서 기술지원을 신청하여 국내 전문가를 중심으로 기술지원반을 편성, 실제 운전한 에너지 부하패턴을 기준으로 분석을 실시하였으며, 경제성 분석 결과를 다음에 나타내었다.

• 타당성 분석 대상 건물 개요(표 5)

<표 5>타당성분석 대상 건물 개요

대상수	세대수	건축면적	비고
48개 APT단지	45,493세대	4,598천㎡	12~66평형

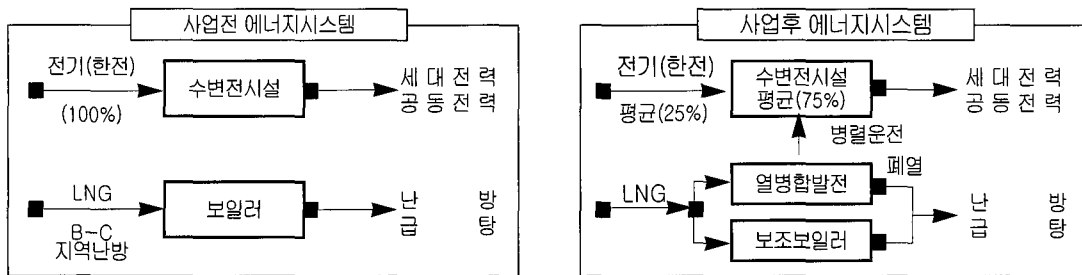
• 산출 기준

- CO₂ 배출계수 : LNG : 668.85 g-C/Nm³ (0.637 tC/toe(IPCC), 1.05 kgOE/Nm³)
- 사용연료 : LNG(발열량 : 9,540 kcal/Nm³, LNG 화력발전기준)
- 효율 : LNG 발전 평균 효율 35%, 보일러 90%, 가스 열병합발전 시스템 종합효율 : 88%(발전효율 : 33%, 폐열회수효율 : 55%)

• 에너지절감 및 CO₂ 감소 효과

$$- \text{에너지 절감효과} = \frac{(0.258+0.167)-0.273}{(0.258+0.167)} \times 100 = 36\%$$

• 사업 전·후 에너지 시스템 구성(그림 3)



[그림 3] 열병합발전 도입 전·후 시스템 비교

<표 6> 48개 아파트 타당성 분석 결과

에너지사용량			에너지비용			kW당투자비		평균용량 (대)	단순투자회수 기간
연료	전력	합계	연료	전력	합계	총투자비	가스엔진		
22% 증가	75% 감소	20% 절감	12% 증가	88% 감소	32% 절감	400만원	132만원	322kW	4.6년

· 사업 전·후 에너지 사용 현황

표 6와 같이 타당성분석결과 총 48개 아파트단지에 서 소형 가스 열병합발전 시스템을 도입하였을 경우 기존보다 가스 연료사용량은 22%증가한 반면, 한전 수전량은 자가발전에 의해 기존보다 75%감소 시킬수 있었으며, 종합적으로 수용가에서 볼 때 에너지소비 량은 약 20% 정도 줄어든 것으로 분석 되었다.

· 열병합발전 도입 기대효과 및 경제성 평가

총 48개 공동주택에 대한 열병합발전 도입타당성 분석 결과, 열병합발전 시스템을 도입하였을 경우 연 간 가스 연료사용량은 기존보다 22% 증가하나, 자가 발전에 의해 전기사용량(수전량)은 75% 감소함에 따 라 총 에너지사용량은 20% 감소되어, 에너지비용 측 면으로 볼 때 약 32% 정도 감소된 것으로 나타났으 며, 가구 세대당 약 30~40만원정도 비용절감을 기대 할 수 있는 것으로 분석되었고, 이들 공동주택에 설치 되는 가스엔진 설치대수는 총 61기로, 발전용량은 19,623kW 가 필요한 것으로 나타났으며, 1,000세 대 규모를 가정할 때 약 430kW 용량을 필요한 것으 로 분석되었으며, 기기당으로 볼때 평균 용량은 320kW로 나타났다.

가스엔진 및 열발생설비 등 열병합발전 도입과 노후 설비개체를 포함하는 설치 총 투자비는 kW당 평균 약 400만원 정도 투자비가 요구되고 있으나, 단순 열 병합발전 설비 도입시 소요되는 투자비는 약 120만 원 정도 소요되는 것으로 나타났다.

이는 경제성분석시 최대의 투자비 부하를 적용한 것 이기 때문에 판단된다.

각 아파트별 단순투자회수기간이 3~8년까지로 평 균 4.6년으로 나타나 다수의 아파트에서 투자 경제성 이 확보되는 것으로 분석되었다.

열병합발전 자금지원

- 가스 열병합발전 시스템 설치 및 설계 장려금

- 대상설비 : 가스 엔진 및 가스 터빈

- 지급대상
 - 설치지원금 : 열병합발전 설비 신설 또는 증설한자
 - 설계장려금 : 열병합발전 설비를 설 계한 설계사무소

- 지급금액 : 10,000원/kWe(한도 1,000만원)

· 에너지이용합리화 자금지원제도(표 7)

<표 7> 에너지 이용합리화자금 지원제도

구분	지원내용
에너지이용 합리화자금	○근거 : 에너지이용 합리화법에 의한 에너지절 약시설 설치 사업
	○지원 내용 - 절약시설 설치사업 : 소요자금의 100%이내, 변동금리 ('03년 3/4분기연리2.75%), 3년거 치 5년 분할 상환 - ESCO 투자사업 : 소요자금의 100%이내, 고 정금리(5.25%) 또는 변동금리('03년 3/4분기 연리2.75%), 5년거치 5년 분할 상환
세액공제	○조세특례제한법 제25조의 2에 의거 투자금액 의 7%를 법인세 또는 소득세에서 공제

· 외국의 열병합발전 지원제도(표 8)

<표 8> 외국의 열병합 발전 지원제도

구분	보조금
영 국	○세제지원 - 2001.4 환경부과금제도 도입으로 열병합발전 에서 생산된 전력 및 사용 연료에 대하여는 부 과금의 80%까지 감면
네덜란드	○도입보조 - 신규 열병합발전설비 전력생산 지원금 : 0.5센 트/kWh
독 일	○도입보조 - 1992~1994 : 구동독의 노후화 지역난방 시스 템 전환설비비 대상
이탈리아	○도입보조 - 1981년 30%, 1990년 40%, 1994~1997년 30% ○세제지원 : 소형 열병합발전에 대한 연료세 감면
일 본	○도입보조 - 1993년 및 1997년 : 투자비의 1/3~1/2까지 지원



소형 열병합발전 보급 활성화방안

소형 열병합발전 시설을 중심으로 한 CES사업은 분산형 전원으로서, 국내 보급 확대 시 전력과 가스의 수급안정과 아울러, 에너지이용효율 향상으로 기후변화협약에 따른 화석연료 사용규제에 능동적으로 대응할 수 있어서, 국가적 편익이 매우 큰 분야이지만 현재의 에너지가격 체계와 제도 하에서는 투자 경제성에 대한 불확실성으로 보급 촉진을 기대하기는 어려우므로 향후 정책적 추진 전략이 필요할 것이다.

추진 전략

- 경제성분석 기술지원으로 구체화를 통한 도입 활성화 추진
- 홍보강화를 통한 대국민 이해증진 도모
- 경제성 안정을 위한 지원체계 확립 구축
- 시책의 상호 연관성 강화 및 유기적인 연결 체계 구축
- 시장경제에 적합한 체제로 개선 강화 등

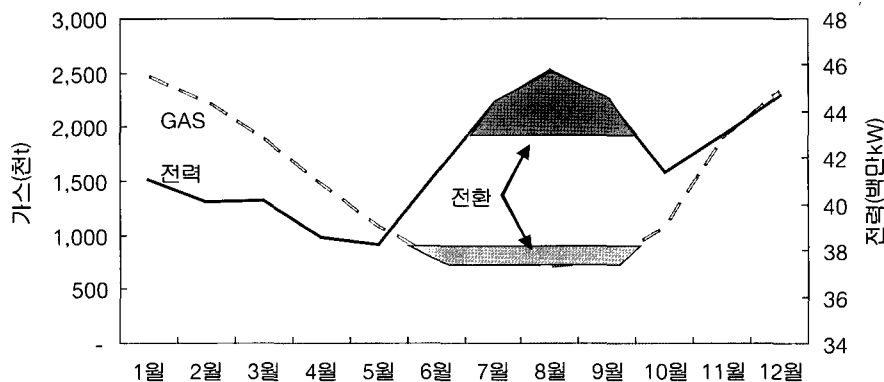
보급 촉진을 위한 활성화 방안

- 초기 투자비 경감을 위한 설치지원금 확대
 - 현재 kW당 10,000원(한도 1,000만원)을 상향 조정으로 초기투자비 경감 도모
- 에특 및 전력산업기반기금 등을 활용한 생산 보조금 지원제도 운영
 - 보조금 20원/kWh 지원시 연간 약 3,900억원 소요

- 명확한 주관부서 존속으로 업무의 활성화
 - 주관부서의 존속으로 체계적이고 지속적인 시책 추진으로 행정적 지원 강화
- 전력 계통연계 가이드라인이 제정
 - 계통연계 가이드라인을 제정으로 명확한 업무 기준수립 및 일관성 유지
- 연료요금 적용 체계 확대 적용고시
 - 현재 가스 열병합발전 우대요금 적용은 4개 지역으로 지자체와 협의 전 지역 확대 고시 필요
- 가스 열병합발전 ESCO 투자사업 표준화 모델 개발 추진
 - 가스 열병합발전 대한 설계지침, 절감량산출 기준 등 ESCO투자사업 모델을 개발하여 ESCO투자사업 추진 체계를 정립하여 시장혼탁 방지 도모

기대효과

- 분산형 전원산업 구축
 - 冬高夏低의 가스부하와 冬低夏高의 전기부하를 평균화 할 수 있어 연중 균형적인 에너지 수요 유지로 계절별 에너지 수급 합리화 도모
 - 하절기 전력 피크부하 감소로 발전소 건설비용 회피와 하절기 가스 수요 창출로 저장시설 건설비용 회피 가능(그림 4)
 - 소규모 열병합발전이 수도권 곳곳에 위치하게 되므로 발전소 부지난 해소 및 송전 비용을 절감할 수 있으며, 비상용 발전기 역할을 담당하



[그림 4] 하절기 가스 및 전력의 수요 패턴 (2002년)

<표 9> 하절기 최대 수요 전력 및 가스 수요 창출 전망

구분	단위	2003	2005	2010	비고
최대수요전력전망	만kW	4,885	5,771	6,916	
소형열병합도입목표	만kW	15	45	270	
피크 부하 감소율	%	0.3	0.8%	3.9%	
가스수요창출전망	천Nm ³ /h	41	123	737	MW당 273Nm ³

<표 10> 원자력발전설비 확충계획 및 가스 열병합발전 보급 목표

구분	단위	2001 (실적)	2005	2010	비고
발전설비확충계획	만kW	5,086	6,185	7,902	
원자력확충계획	만kW	1,372	1,772	2,312	
열병합발전 보급목표	만kW	-	45	270	원자력 약 3기
원자력발전소건설 회피비용	억원	-	8,087	48,519	

주) 원자력 1기(100만kW) 건설비용 : 17,970억원

<표 11> 소형 가스 열병합발전 270만kW 보급시 CO₂ 감소 전망

구분	단위	2003	2005	2010	비고
가스열병합도입목표	만kW	15	45	270	
CO ₂ 배출 전망(탄소톤)	백만tC	102.2	109.7	123.8	
도입후 CO ₂ 배출 전망(감소효과)	백만tC (%)	102.1 (0.1)	109.3 (0.3)	121.7 (1.7)	kWh당 0.1017tC감소

므로 긴급시 비상전원 역할이 가능

※ 2010년 목표 270만kW 보급시 피크부하의 3.9%를 낮출수 있고 가스 수요를 737천Nm³/h 창출할 수 있으며, 원자력발전소 3기의 용량을 대체할 수 있어 원자력발전소 건설비용 4조 8천억원을 회피할 수 있음.(표 9, 10)

※ 표 11과 같이 270만kW 보급시 연간 온실가스 약 2백만 tC(탄소톤)의 배출을 감소시킬 수 있어 국가전체 탄소배출량 BAU 대비 CO₂ 모두 1.7% 감소가능

결론

• 국제적 환경규제에 대한 효과적 대응

지구온난화 방지를 위한 국제기후변화협약(UNFCCC)의 CO₂ 감축규제가 본격화되고 있는 현실을 감안,

- 2000년 기준 세계 9위의 CO₂ 배출국인 우리나라에 있어 화력 방식보다 30~50% 온실가스 배출감소효과가 있는 가스 열병합발전시스템 보급 확대는 큰 의미를 가짐.

소형 열병합발전 시스템의 경우 아직까지 지원체도의 미흡으로 등으로 경제성안전에는 다소 불안정한 관계로 보급 활성화에 장애요인이 되고 있으며, 가스 열병합발전 시스템 보급 촉진을 위해서는 보급 활성화에 장애가 되고있는 요소를 제거하고 제도적 지원 방향과 관계 법령 및 규정의 개선방향에 초점을 두는 정책적 추진으로 경제성 안정과 확보에 초점을 두어야 할 것이다.



이러한 관점에서 열병합발전 설비를 보급 활성화를 위해

- 1) 열병합발전 도입에 따른 보조금, 전력생산에 따른 운전비용 지원 등 초기 및 운전비에 대한 경제적인 지원정책 전개
- 2) 한전 병렬운전을 위한 계통연계 가이드라인 제정 및 인허가 간편화
- 3) 열병합발전용 가스요금 우대 적용 및 LNG 연료에 대한 수입부담금 환급 적용
- 4) 유지보수 비용 절감
- 5) 열병합발전 총괄기능 강화를 위한 주관부서 기능 강화
- 6) 홍보 확대
- 7) 가스회사, 전력회사의 마케팅 등
 - 가스회사의 경우 동하절기간 극심한 가스부하 격차를 개선하는 대책으로 가스수요관리를 강

화해야 하며, 이의 방안으로는 가스 열병합발전과 흡수식 냉방기의 보급확대가 요망된다.

- 전력회사도 분산형전원의 구축, 전력공급 신뢰도 향상, 전력수급 안정성 등의 효과를 고려하여 열병합발전 시장에 적극적인 참여 필요

또한, 열병합발전 시스템의 운전과 제어 소프트웨어 등 열병합발전 시스템과 관련된 국내 기술력 향상을 위한 합리적인 기술개발 지원정책 구축에 힘써야 할 것이다.

이상으로의 효율적 추진방안으로 합리적이고 현실적인 에너지공급방안을 전개하여 정부, 에너지공급자, 수용가 전체의 효과를 기대할 수 있는 정책을 전개하여야 할 것이며, 소형 열병합발전 보급 활성화를 도모하여 환경규제에 효과적 대응 등 국가 발전에 기여하여야 할 것이다. (6)