

열병합발전의 최근 동향과 효과분석

도 유 봉

에너지관리공단
집단에너지사업본부 노원사업단 생산처장

1. 머리말

두 차례의 석유위기 이후 각국에서는 석유, 석탄 등 화석에너지 자원의 유한성에 대한 인식하에 이를 대체할 혁신적인 신에너지원 개발의 중요성이 강조되어 왔다. 또한 화석에너지가 대량소비되면서 CO₂ 배출에 따른 지구온난화 및 NO_x, SO_x 등의 배출에 의한 대기오염 문제 등이 범세계적인 환경문제로 대두되면서 청정에너지, 환경친화적인 고효율 에너지기기와 에너지절약 기술의 개발에 박차를 가하게 되었다. 특히 '97년 12월 기후변화협약 제3차 당사국총회(일명 교토회의)에서는 '90년을 기준으로 미국 7%, 일본 6%, 유럽연합(EU) 8%를 포함하여 선진국들이 평균 5.2%의 온실가스 배출감축 목표를 골자로 하는 "교토 의정서"를 채택하고, 순배출량 방식 및 배출권 거래제도를 허용토록 함은 물론 이들 채택안을 자국의 에너지정책에 적극적으로 수용시킴으로써 선진국들은 경제적인 규제수단의 하나로 온난화 가스 배출삭감 압력을 행사할 준비를 완료한 상태이다. 그리고 에너지 수요 측면에서도 수요처의 욕구가 다양화·고도화되면서 동일수요처에서 다양한 에너지가 경쟁하여야 하는 "복합에너지 시대"를 맞고 있다. 이와 같은 에너지환경의 바람직한 해결책의 하나로 인식되고 있는 열병합발전은 환경친화성, 에너지절약성과 에너지가 필요한 수요처에 열과 전기에너지를 동시에 공급할 수 있다는 유연성 때문에 선진국을 중심으로 보급이 확대되고 있다.

2. 열병합발전 개요

열병합발전이란 에너지를 효율적으로 이용하기 위해 동일 연료원으로부터 열과 전기를 동시에 생산, 이용하는 발전방식을 말한다. 즉, 단일 열원으로부터 생산된 전기에너지와 열에너지를 가장 적절하게 용도별(지역난

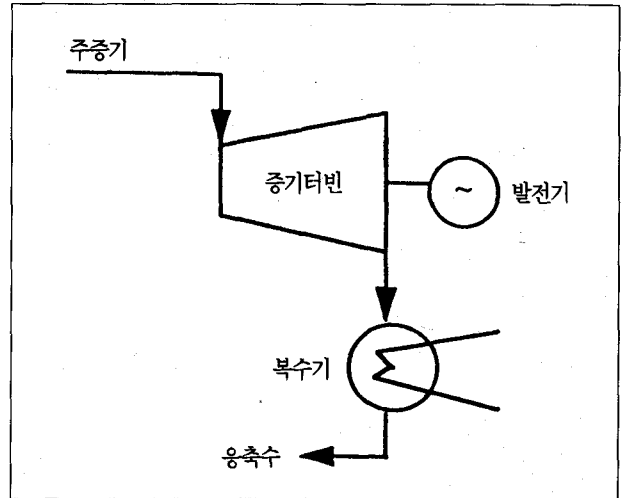
방, 산업용, 업무용 등)로 공급하여 효율을 극대화시키는 종합에너지 시스템이다. 그림 1과 같이 일반 화력발전은 열원으로부터 공급받은 에너지가 터빈을 돌리고 나온 후 복수기에서 냉각·방출시키므로 에너지가 손실되지만, 열병합발전의 경우는 그림 2와 같이 복수기에서 손실되는 열량의 대부분 또는 전량을 공정용 및 난방용으로 사용하므로 에너지 이용효율이 일반 화력발전에 비해 높다. 즉, 일반 화력발전은 복수기에서 손실되는 열량이 전체 공급열량의 약 50%가 되지만 열병합발전에서는 이 손실열량을 전부 이용할 수 있으므로 열이용률이 일반 화력발전에 비해 약 2배 정도 높다고 할 수 있다. 또한 열병합발전 방식은 이와 같이 연료이용률을 높여 에너지를 현저히 절약할 뿐만 아니라 환경오염을 감소시켜주는 효과도 동시에 갖고 있다.

3. 국내외 보급 동향

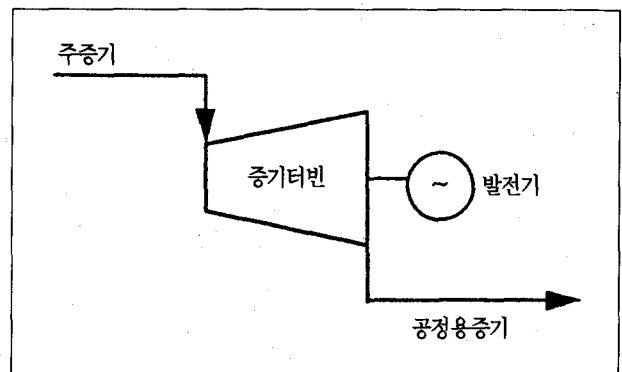
가. 해외 동향

(1) 미국

현재 미국의 전력정책 및 전력시장 구조변화를 대변하는 것으로 '78년에 제정된 공익사업규제법(PURPA : Public Utility Regulatory Policies Act)과 '92년의 에너지정책법(EPA : Energy Policy Act)을 들 수 있다. PURPA 제정의 근본취지는 두 차례의 오일쇼크 이후 급격히 상승한 유가와 전기요금에 대처하기 위하여 에너지 절약 및 에너지사용합리화를 제도적으로 유도하는 것이었다. 이에 따라 열병합발전과 대체에너지 설비의 도입이 활성화되었는데 EEI(Edison Electric Institute)의 조사에 의하면 '96년 비전기사업자가 소유한 발전설비는 약 3,500개소, 3370만kW 정도로 미국 총 발전설비의 약 4.5%에 이르고 있으며, 이 중에서 열병합설비는 약 2470만kW로 총 발전설비의 3.6%를 점하고 있다고 보고하고 있다. 이 중에서 약 54%인 1330만kW가 PURPA법 시행 후 10년 동안, 즉 '78~'88년 사이에 운



〈그림 1〉 일반화력발전 개념도



〈그림 2〉 열병합발전 개념도

전을 개시한 것이다. '78년의 NEA(National Energy Act)는 열병합발전 보급에 있어 장애가 되는 요인들을 제거하기 위한 몇 가지의 중요한 사항을 규정하고 있는데, 그중 가장 핵심적인 조항으로 PURPA에서는 특정한 발전설비(열병합, 풍력, 태양광 등)를 인준설비(QF : Qualified Facility)로 지정하여 이들의 운용 극대화를 도모할 수 있도록 전력회사로부터의 불이익을 원천적으로 봉쇄하는 제도적인 장치를 마련하였는데 그 내용은 다음과 같다.

- 전력회사는 QF가 판매코자 하는 전력을 모두 구입

하여야 한다.

- 전력회사가 전기를 구입할 때 구입가격은 회피원가 (Avoid Cost)에 근거하여야 한다.
- QF가 Stand-by/Back-up용 동력을 전력회사로부터 구입할 때 차별을 두어서는 안된다.
- QF는 효율 및 재무보고와 관련된 사항에 있어 연방동력법안 및 주정부의 규제를 면제받는다.

이 외에도, 전력회사는 QF의 지분을 50% 이상 소유할 수 없도록 되어 있고, 이후 PURPA를 보완하는 여러 법안들이 제정되어 사실상 QF는 여러모로 많은 혜택을 받은 셈이다. 최근의 EEI 및 Resource Data International사의 평가에 의하면 현재 회피원가가 시장 가격보다 훨씬 높기 때문에 '95년부터 금세기 말까지 PURPA로 인하여 약 2000억 달러의 비용이 일반 전기 사용료로 더 부가될 것이라고 예측하였다. 또한 PURPA는 원천적으로 자유경쟁을 제한하고 있어서 시장자유화와 모순되는 제도이기에 폐지 또는 개정되어야 한다는 의견이 제시되고 있는 반면에, PURPA만이 전력회사의 독점적인 에너지 장악력을 완화시키고, 발전 및 에너지 산업에 있어서 경쟁을 북돋우는 규제법이기에 이 법은 계속 유지되고 강화되어야 한다는 의견도 있다. 하여튼, PURPA는 열병합발전의 활성화를 통하여 에너지재활용 및 환경 보존적인 측면에서 긍정적인 역할을 수행하여 왔고, 앞으로도 전력회사의 독점적인 위치로부터 일반사용자를 보호하는 제도로 남아있겠지만, 변해가는 시대 상황에 따라 수정될 것으로 보인다.

(2) 일본

에너지의 합리적 이용을 강조하는 일본 정부가 중심이 되어 "Energy Best Mix"와 "환경조화형 에너지 구상" 등의 새로운 개념을 에너지정책에 도입하고 ACT 90, Moon Light 계획 및 New Sunshine 계획 등을 통하여 '80년대 중반부터 기술개발을 꾸준히 지원해 왔다. 주요 지원내용을 보면 계통연계기술요건 가이드라인 제정, 업무용 자가발전 보급전력제도, 특정공급의 확대, 잉여전

력 매매제도 및 비상용 겸용 발전설비 인가 등의 제도적인 지원, 취득가액의 7%에 상당하는 법인세 공제 및 3% 상당액의 특별상각, JDB를 통한 연 3.1%, 10~15년간의 장기저리 융자와 같은 세제·금융 지원, 가스요금의 할인제도 등을 도입하여 지원해온 결과 '96년 3월말 현재 열병합 발전은 2,083건, 3,343MW(가스터빈 : 237건/1,608MW, 가스엔진 : 715건/299.3MW)로 발전설비 용량의 1.6%에 이르고 있어 소형 열병합발전에 관한 한 세계에서 가장 모범적인 국가라 할 수 있다. 특히 일본 정부에서는 최근에 기후변화협약의 발효와 함께 CO₂ 가스의 배출억제에 대한 요구가 강화되면서 에너지 절약 목표량을 달성하기 위하여 2000년 4,550MW(총발전 설비용량의 2% 수준), 2010년 8,130MW의 도입이 예상되지만 이산화탄소 억제 목표달성을 위한 시책을 열병합발전 분야에 도입하여 2000년 5,550MW(총발전 설비용량의 2.3% 수준), 2010년 10,020MW에 이를 것으로 추정하는 등 에너지 정책에 열병합 발전을 이용한 온난화가스 배출억제 시책을 적극적으로 검토하고 있다.

(3) 유럽

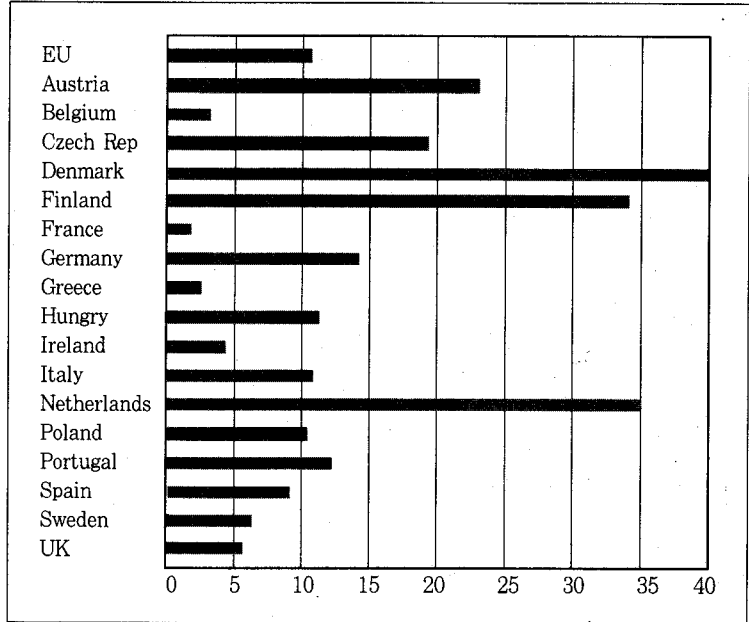
열병합발전 도입에 있어 100여년의 전통을 가진 유럽에서도 '93년에 유럽 열병합발전연합회(COGEN Europe)을 설립하여 열병합발전의 보급활성화에 더욱 적극적으로 나서고 있으며 본부는 벨기에 브뤼셀에 위치하고 있다. 회장은 네덜란드 PWK의 Ton van der Does, 부회장은 영국열병합발전협회의 David Green과 독일 ASUE의 Jorg Christiansen이다. 회원은 국가회원과 일반회원으로 나누어져 있으며, '97년 6월 기준으로 국가회원은 10개국(독일, 프랑스, 벨지움, 이태리, 영국, 그리스, 헝가리, 스페인, 포르투갈, 네덜란드)이고, 일반회원은 ABB Stal을 포함하여 92개 업체이다. 유럽연합(EU)의 SAVE Program의 지원을 받고 있는 유럽 열병합발전연합회의 역할은 유럽에서의 열병합발전 도입시 장애요인 파악과 이를 정책·제도적으로 타개하기 위한 조정작업, 회원국가간의 정보 및 경험교환, 유럽에서

열병합발전의 절전잠재량 정량화, 국가적인 차원의 열병합발전 장려기관 설립추진과 국제적인 활동 및 협조, 학술대회 개최, 출판 활동 등을 통하여 열병합발전 관련 기술개발 및 도입추진을 위한 활동을 전개하고 있다.

유럽의 열병합발전 도입에 관한 시장예측 (Market Forecast)을 보면, 에너지 시장의 자유화와 환경규제 등과 같은 정책은 유럽에서 열병합발전의 전망을 밝게 해준다. 물론 모든 상황에서 여러 가지 변수가 다양하기 때문에 유럽의 성장을 예측하기는 어렵다. 하지만 열병합발전에 의한 전력생산이 2010년까지 전체 생산의 30%까지 확대될 것이며, 이에 따라 유럽 화폐단위로 약 1000억(ECU)이 신규 투자될 것이다. 에너지 시장이 자유화되면 대부분의 나라에서 열병합발전 도입의 중요장애물이 제거될 것이고, 전력요금에 높은 나라들에서는 가격이 떨어질 것이다. 앞으로 새로운 지역난방 배관망은 많은 자본이 필요하기 때문에 자유화된 시장에서는 새롭게 건설되지 않을 것이지만 이미 지어진 것들은 계속 사용될 것이다. 그러므로 가스연소식(Gas Fired)으로 분산된 작은 지역난방이 더 전망이 좋을 것이며 열병합발전과 관련된 산업체와 건물부문에서도 마찬가지로 천연가스는 더욱 선호하는 연료로 사용될 것이다. 그림 3은 유럽 각국의 전체 발전량 중 열병합발전 비율을 나타낸 것이고, 다음은 열병합발전에 대한 국가별 최근 현황을 간단히 요약한 것이다.

1) 오스트리아

오스트리아에서는 열병합발전이 널리 알려져 있다. 유틸리티설비의 기술에서 큰 비중을 차지하기 때문에 '96년 자료에 따르면 열병합 발전에 의한 전력생산량은 4번째이다. 현재 전력시장의 자유화 제안이 있으나 아직 많은 장애물이 남겨져 있다.



〈그림 3〉 총발전량 중 열병합발전 비율

2) 벨기에

역사적인 이유로 열병합발전은 미약하지만 변화가 서서히 시작되고 있으며, 가장 중요한 장애물들은 향후 에너지 시장의 자유화와 함께 극복되어야만 한다. 두 개의 큰 발전설비를 가진 Electrabel과 SPE는 고객들과의 협력차원에서 열병합 발전 프로젝트에 관심을 가지기 시작했다.

3) 체코 공화국

난방 위주로 된 열병합발전은 체코 공화국에서 널리 알려졌다. 비효율적이고 비환경친화적인 낡은 기술을 새 기술로 대체하려는 필요성이 좋은 자극이 되고 있다. 중앙집중 시장경제로부터의 변화과정이 잘 진행되고 있지만 에너지부에서는 어려운 과제들이 남아 있다. 천연가스가 널리 이용될 것으로 기대된다.

4) 덴마크

덴마크는 난방 형태의 열병합발전이 가장 발전된 나라 중에 하나로서 세금혜택 및 보조금을 통한 강력한 국가 정책이 수행되어 왔다. 산업체 열병합발전은 덜 발전되

었지만 이것은 미래의 잠재력으로 남아 있다. 덴마크 정부는 환경보존의 방법으로 열병합발전 증진을 계속하겠다는 강력한 의지를 공포했다. 정부가 EU의 전력지시(EU Electricity Directive)를 따를지라도 환경분야에서는 자유화를 환영하지 않는다.

5) 핀란드

덴마크와 네덜란드처럼 열병합발전은 전체 전기생산량에서 매우 많은 부분을 차지한다. 그렇지만 두 나라와는 반대로 이것은 정부의 지원정책의 결과가 아니고 추운 날씨로 인한 열병합발전의 경제적인 이득의 결과이다. 열병합발전은 계속 도입될 것이며 비록 빠르지는 않지만 남아있는 장애물들이 제거되고 있다. 전력시장은 벌써 자유화되었다.

6) 프랑스

프랑스는 원자력발전이 전체발전량의 약 77%를 점하고 있어 전력요금이 비교적 저렴하고 전력시장이 독점적으로 제어되어 왔기 때문에 현재 EU에서 열병합 발전의 보급이 가장 부진한 상태를 나타내고 있다. 그러나 다소 완화된 법률에 따라 최근에 열병합발전을 허용함으로써 '95년부터는 보급이 가속화되어 상대적으로 짧은 기간에 도입용량이 두 배 이상으로 늘어났다. 그 이유는 전기/가스공급업체와 정부가 열병합발전 보급확대의 필요성에 따라 열병합발전소 준공후 운영 개시일로부터 5년 동안은 가스와 연료세금을 낮게 부과해 주었기 때문이다. 또한 발전소의 새로운 환경오염배출 규정과 청정전력생산(신에너지, 열병합 발전)을 위한 역송구매가격을 명확히 함으로써 앞으로 열병합발전 도입에 촉진제가 될 것이다. 현재까지 자유화에 대한 계획들은 EU의 전력지시를 따르고 있다.

7) 헝가리

헝가리에는 벌써 난방형태의 많은 열병합발전이 있다. 새로운 용량에 대한 미래의 필요성과 현대화에 대한 열망에 따라 미래의 열병합발전은 상당한 잠재력이 있다고 본다. 현재 상황에서는 대형 열병합발전소가 중소형 발전소보다 기대된다. 비집중화 생산은 차별을 두고 있으

며 시장경제로의 진척은 빠르지만 에너지 가격의 자유화와 같은 더욱 어려운 과제들이 남아 있다.

8) 독일

독일에서는 열병합발전이 상대적으로 잘 발달되었지만 남아있는 몇 개의 장애물 때문에 최대잠재력을 실현하는데는 아직도 먼 길이 남아 있다. 자유화는 아마도 존재하는 대부분의 장애물을 제거할 것이지만 전력요금은 낮아질 것이다. 매우 높은 전력요금이 과거에는 산업체 열병합발전을 촉진시켰으며, 천연가스를 바탕으로 한 분산된 열병합은 미래의 가장 큰 시장 잠재력을 가진다. 현재 가스와 전력시장을 자유화하는 것이 정부의 계획이며 이미 첫 단계가 시행되고 있다.

9) 그리스

그리스에서의 열병합발전은 미약하지만 미래에는 다소 낙관적 전망을 가지고 있다. 전력산업 구조와 관련해 주 장애물은 극복될 것이고 파이프를 통한 천연가스를 활용할 것이다. 전력시장의 자유화는 일어날 것이나 유럽의 다른 나라보다는 다소 늦을 것이다(그리스는 EU 제도를 실행하는데 2년 유예를 받았다).

10) 이탈리아

최근까지 열병합발전은 환경여건이 좋아서 불과 몇 년 사이에 큰 발전을 했다. 그러나 이러한 경향은 요즘에는 반전되었고 새로운 규칙이 이 분야에 적용되었기 때문에 현 시점에서의 상황은 불확실하다. 즉 전력산업의 자유화와 구조조정계획이 이미 존재하지만 변화가 요구되고 있다.

11) 아일랜드

아일랜드에서는 열병합이 잘 발달되지 않아 개발이 늦은 나라 중의 하나로 남아 있다. 그러나 에너지효율에 대한 인센티브의 소개로 몇 개의 새로운 열병합발전소 건설을 이끌어 내었다. 아일랜드는 EU의 전력지시에 대한 1년의 유예를 얻었기 때문에 자유화는 천천히 일어날 것이다.

12) 룩셈부르크

비교적 짧은 기간동안 열병합발전에 관한 기술들이 룩

셈부르크에 알려졌으며 정부조치에 따라 도입잠재력을 가지고 있다.

13) 네덜란드

네덜란드에서는 열병합발전이 천연가스의 활용, 우호적인 정부정책과 강렬한 환경관심들이 상호 조화되어 매우 성공적으로 발전해 왔으며 미래 전망도 좋다. 정부는 2000년까지 전체 전력의 40%인 8,000MW 용량을 증가시킬 계획이고 그 목표는 성취될 것 같다. 3단계로 된 전력시장 자유화 계획이 있으며 '98년에 첫 단계가 시작될 것이다.

14) 폴란드

다른 두 동유럽 국가들과 마찬가지로 폴란드에서는 지역난방형태의 열병합발전이 많다. 새로운 용량을 필요로 하고 가동중인 약간의 공장들도 대체되거나 성능 향상이 요구되기 때문에 미래의 전망은 좋다. 석탄이 주연료로 남을 것이다. 생산의 실제비용을 반영하는 에너지가격의 개선을 위한 몇몇 행정조치들이 취해졌다.

15) 포르투갈

최근까지 천연가스의 부족에도 불구하고 열병합발전은 잘 발전되어 왔다. 천연가스의 도입과 에너지시장 자유화는 좋은 전망을 나타내는 것 같다. 그러나 동시에 유인책은 덜 준비되었고 전력요금은 낮아졌다. 전력시장의 구조는 자유화와 중앙 집중화의 혼합 형태로 유럽에서는 독특하다.

16) 스페인

최근까지 호의적인 법률의 도움으로 스페인에서는 열병합발전이 빠르게 발전했다. 이 법률은 현재 변화하고 있으며 에너지시장도 자유화되고 있다. 그러나 현재 계획이 만들어진 것처럼 미래의 자유화는 열병합 발전을 경쟁에서 불리하게 만들 것이다. 다른 중요한 장벽은 천연가스의 차별적 가격이다. 불확실성과 장애물을 제거한다면 미래 발전의 잠재력은 좋다.

17) 스웨덴

현재 스웨덴에서는 열병합발전이 잘 발전되지 않았지만 현 상황은 흥미롭게 진행되고 있다. 정부는 전력생산

의 거의 절반을 차지하는 원자력 발전을 없애려는 결심을 했다. 그 결과 원자력 발전을 대체하려는 에너지의 다른 대안이 필요하게 될 것이고 강력한 환경관심은 열병합 발전에 호의적으로 작용할 것이다. 정부는 비화석 연료를 사용하는 열병합발전 형태를 계속 지원할 것이고 또한 지역난방에 의한 전력의 대체를 계속 지원할 것으로 발표했다. 스웨덴의 전력시장은 벌써 자유화됐다.

18) 영국

영국에서의 열병합발전은 전체 전력생산에서 작은 부분을 차지하지만 성장의 대부분은 최근에 일어났고 자유화가 시작된 이래 급속히 증가했다. 완전한 자유화는 '98년에 이루어질 것이고 남아있는 대부분의 장애물은 제거될 것이다. 그러나 전력요금도 여전히 낮은 상태를 유지할 것으로 보여, 이것이 열병합발전 보급에 불리하게 작용할 것이다.

나. 국내 동향

우리나라는 '64년도 (주)원진레이온에서 4,200kW 발전기 2대와 45T/H 보일러 2대를 설치하여 중유를 사용한 산업체 열병합 발전을 시초로 하여 도입되기 시작하였으며, 공업단지 열병합발전은 '72년도에 울산석유화학공단 그리고 지역난방 열병합발전은 '87년 서울 목동지역 난방공급을 시초로 도입되기 시작하였다. 그동안 정부의 강력한 유인시책과 열병합 발전에 대한 인식제고 등으로 열병합발전 도입이 점증하여 '96년도말 현재 설치하여 가동중인 현황을 보면 열병합발전과 폐에너지(부생가스 등)를 이용하거나 로정압 발전시스템을 갖추고 있는 포항제철의 시설을 제외하면 5.5% 정도의 비중을 점하고 있으며 국내의 열병합발전 현황은 표 1과 같다. 이와 같이 국내에서도 환경 친화성 및 에너지절약성이 우수한 열병합발전의 중요성을 인식하여 '70년대부터 산업체 열병합, 공업단지 열병합 및 지역난방으로 대표되는 중대형 열병합발전 도입은 활성화되어 운영되고 있으나, 일본을 중심으로 선진국에서 적극적으로 도입되고 있는 건물용 소형열병합발전에 대하여는 '90년부터 열병합발

〈표 1〉 국내 열병합발전 현황

구 분	'96. 12 기동중		'97년 이후 신증설		2000년		
	업체수	용량(MW)	업체수	용량(MW)	업체수	용량(MW)	
집 단 에너지형	-지역난방	6	183	2	559	8	742
	-공업단지	2	104	2	133	4	237
자 가 소비형	-산업용	61	3,157	5	1,978	66	5,135
	-업 무용	9	80	-1	4	8	84
합 계	78	3,524	8	2,674	86	6,189	

전 구성기기(가스엔진, 가스터빈 등)와 관련한 단위기술 위주로 기술 개발이 꾸준히 진행되어 어느 정도 성과를 거두었으나 소형열병합발전의 도입 활성화에는 기여하지 못하였다고 할 수 있다. 최소의 비용으로 소형열병합발전의 도입을 활성화시키기 위해서는 구성기기별로 대표적인 단위기술과 시스템 기술에 대하여 집중적으로 개발비를 지원하고 표준화 및 시리즈화 등의 실용화 기술개발을 세계·금융지원, 관련제도 및 법규의 정비, 인허가 절차의 간략화, 에너지요금의 체계화, 경제성 검토기술을 포함하는 엔지니어링 기술의 제고 등을 추진하고 도입 토양의 구축과 관련한 소프트웨어(S/W) 기술개발 및 발굴을 통한 시장활성화를 시장기능에 맡기는 것이 바람직하다고 보여진다.

4. 열병합발전의 경제성

열병합발전은 에너지이용효율 향상에 의하여 30~40%의 에너지가 절감되고, 국가적인 에너지 이용측면에서 보면 전력예비율이 부족할 때 피크전력을 낮추는데 사용(Peak Cut)할 수도 있으며, 송전손실 감소 및 발전소 부지난 완화에 기여할 수 있다. 또한 열병합발전설비와 연계한 흡수식 냉방시스템의 활용은 여름철에 전력 피크가 발생하는 우리나라와 같은 경우에 상당히 유용하며 경제적인 타당성을 더욱 개선시키게 된다.

경제성 분석을 위한 타당성 검토(Feasibility Study)를 간단한 예로 들어보면, 가장 경제적인 운전에서 있어서 최대의 에너지(kWh) 산출은 설치된 열병합발전설비

(kW)의 최소화에 달려있다. 일반적으로 열 수요(Heat Demand)는 열병합발전소의 규모를 결정하는 변수로, 일간(Daily)과 연간(Yearly)의 부하 패턴과 크기를 조사하여 심도있는 분석(Analysis)을 필요로 한다. 특히 난방은 여름과 겨울 사이의 열수요 비율이 보통 1:10 정도이다. 그러므로 이러한 부하특성에 맞추어 열병합 설비 1대를

설치하는 것보다는 2~3대로 나누어 설치하는 것이 전력과 열수요 변화에 유연하게 대응할 수 있고 시스템 종합효율 향상과 경제적인 타당성을 증가시키게 된다. 통상적으로 설치된 열병합설비의 열출력(Heat Output)은 1년 동안의 최대열수요의 대략 40% 수준으로, 전체 연간 열에너지 발생량의 약 80%가 생산되고 나머지 열량은 피크부하용 보일러에 의해 공급되어진다. 그리고 열수요보다 전력수요가 큰 경우에는 여기에 대응하기 위하여 전력생산을 높이면 잉여열을 버려야 할 경우도 생기게 되므로 열병합발전의 발전량 선정은 시스템 자체의 경제성을 좌우하는 큰 요소가 된다. 연간 경상비(고정비, 금리포함)와 상각년수 어느 것을 중시하는가에 따라 발전용량과 공정용증기 이용처도 달라진다.

일반적으로 경상비를 최저로 계획할 경우 발전용량을 피크전력 부하의 30~50%로 하는 것이 적당하며, 이는 피크부하에 기준을 두고 용량을 크게 계획하면 고정비가 높아지게 되고 잉여 공정용 증기가 발생하게 되어 과잉 투자 및 열손실이 많아 비경제적이 되기 때문이다. 다만 열수요가 충분히 있는 경우 발전비율이 커질수록 운전비용은 낮아지게 되므로 열부하에 맞는 용량을 선정하면 좋다. 상각년수를 최저로 할 경우, 즉 열병합발전 설비에 투자한 금액의 회수년도(이로 인해 절약된 운영비 대비)를 평가기준으로 할 경우는 전력부하의 최저치를 기준으로 발전기 용량을 선정하면 발전기를 계속적으로 정격용량까지 이용할 수 있어 유리하게 된다.

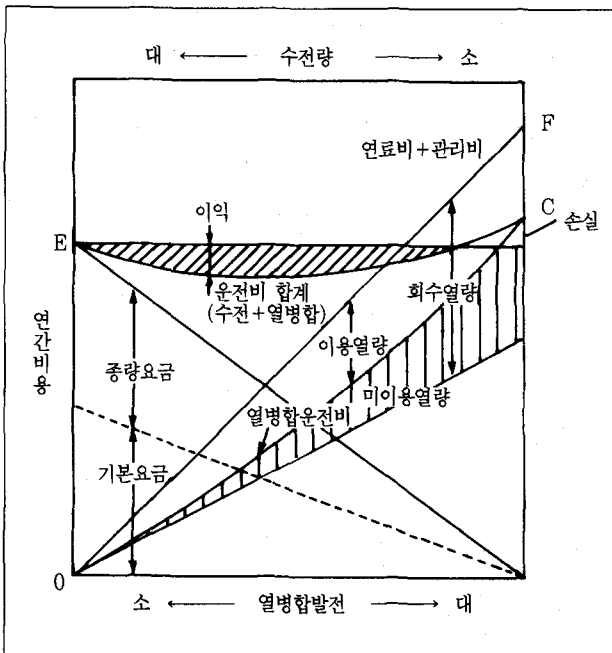
그림 4는 열병합발전량에 대한 연간비용의 관계를 도표로 표시한 것이다. 어느 일정 부하시점에서 발전량을

증가시키면 수전량의 기본요금 및 종량요금이 모두 낮아지는 반면 연료비+관리비는 증대한다. 회수열량은 발전량에 비례하여 증가하나 실제로 이용되는 열량의 비율은 발전량 증가에 수반하여 차츰 저하하고 이용이 되지 않고 방열되는 양(미이용열량)이 증가하게 된다. 이 결과 열병합 운전비는 연료비에서 공정용 증기이용분에 해당하는 금액(보일러연료비 환산)을 차감한 곡선 OC로 표시된다. 수전전력비에 열병합운전비를 가산한 합계운전비(수전+열병합)는 곡선 EC에 의해 최소치를 알 수 있으며 EC상의 열병합 운전비 최소점의 발전기 용량을 어느 정도 적게 할 경우 열병합발전에 의한 이익이 적은 반면, 열병합발전 시설비를 비례적으로 감소시킬 수가 있다. 즉, 경제성의 최적위치는 약간 적은 용량의 위치쪽으로 놓이게 된다. 배열량 중에서 미이용열량이 많을수록(점 C가 F에 근접할수록) 최적발전용량은 적어진다. 병렬운전인 경우에는 예비계약전력에 대한 기본요금분을 열병합발전 운전비에 가산해야 한다. 이 경우 최적점은 더욱더 좌측으로 이동한다. 이상과 같이 제반사항을 다

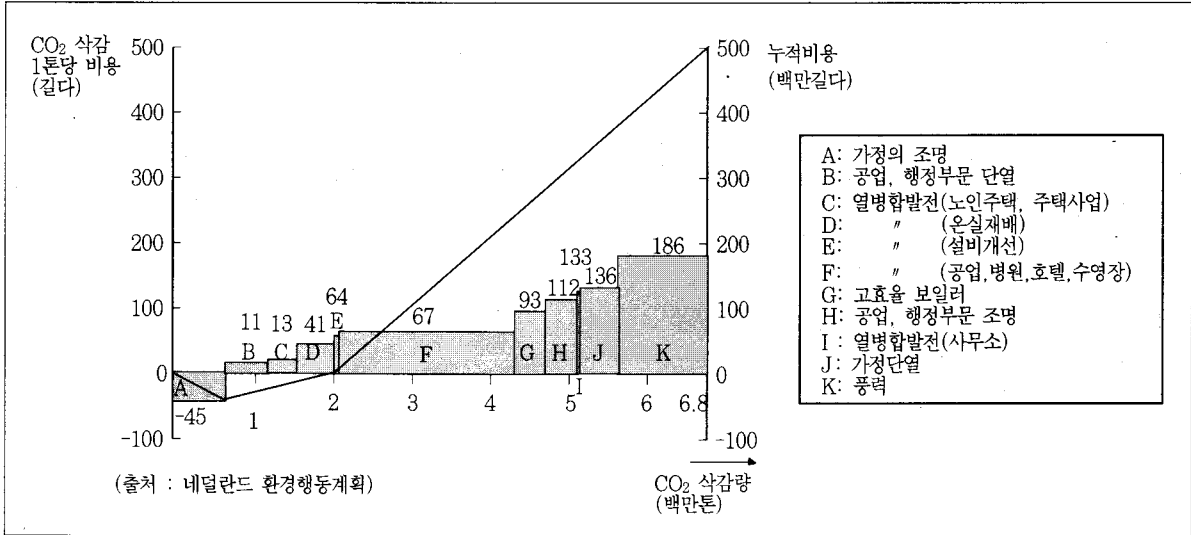
각적으로 검토하여 운전비와 시설투자비의 적절한 조합으로 최적 발전량을 찾아간다. 따라서 발전기 용량과 경제성 여부와는 밀접한 관계가 있으며 발전용량 규모에 따라 운전형태 및 이에 따른 소요 운영비용이 민감하게 변하게 되므로 열병합발전사업 추진시 최적의 발전용량을 선정하여야 한다.

5. 열병합발전의 환경성

'97년 12월 기후변화협약 제3차 당사국총회(일명 교토회의)에서 '90년을 기준으로 미국 7%, 일본 6%, 유럽연합(EU) 8%를 포함하여 선진국은 평균 5.2%의 온실가스 배출감축 목표를 골자로 하는 "교토 의정서"를 채택하고, 순배출량 방식 및 배출권 거래제도를 허용토록 함은 물론 이들 채택안을 자국의 에너지정책에 적극적으로 수용시킴으로써 선진국들은 경제적인 규제수단의 하나로 온난화 가스 배출삭감 압력을 행사할 준비를 완료한 상태이다. 이와 같은 상황에서 우리나라는 CO₂ 총량을 기준으로 '90년에 6927만 8천톤(탄소)으로 16위에서 2000년에 9위에 진입한 후, 2010년에는 미국, 러시아, 중국, 일본, 독일 다음으로 6위, 2030년에는 미국 다음으로 2위에 진입할 것으로 예상되고 있고, 특히 온난가스 감축의 기준년도인 '90년과 비교할 때 온실가스는 '97년 현재 배출량이 70%나 증가하여 감축은 커녕 더 이상 증가를 막기도 벅찬 상황이므로 기후변화협약에 대한 전략적인 대책 수립이 중요한 현안으로 대두되고 있다. 또한 우리나라는 OECD 회원국으로서의 경제력에 상응하는 책임과 역할분담을 요구받게 되는 것은 자명하다 하겠다. 앞에서 열병합발전을 도입하는 경우에 기존의 발전방식에 비하여 35% 정도의 에너지 절약 효과를 거둘 수 있다고 설명하였는데, 이는 곧 이에 상응하는 CO₂ 배출량의 절감효과를 거둘 수 있음을 의미하기도 한다. 또 그림 5의 "CO₂ 삭감 수단별 비용대 효과"에 나타나 있는 바와 같이 열병합발전 방식은 최저의 비용으로 최대의 CO₂ 삭감효과를 거둘 수 있을 뿐만 아니라



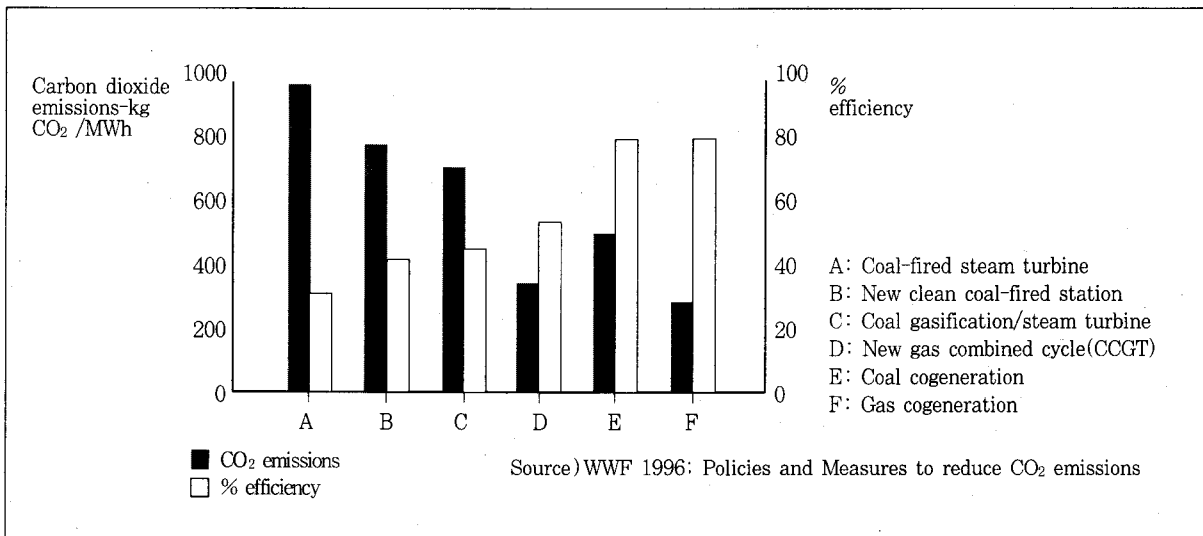
〈그림 4〉 최적발전량 선정에서



〈그림 5〉 CO₂ 삭감수단별 비용 대 효과

그림 6의 “발전수단별 CO₂ 배출량 및 효율 비교”에서 알 수 있는 바와 같이 열병합발전은 현재 우리나라가 처한 에너지 및 환경공해의 상황하에서 최적의 대안임이 분명하다. 또한 석유의존도가 60% 이상을 점하고 있는 우리

나라의 에너지 상황을 고려하여 천연가스 열병합발전을 도입하는 경우 그 효과를 극대화시킬 수 있게 된다. 다음은 주요국가의 기후변화협약 이행의 대응책으로서 열병합발전 추진실태를 ICA(국제 열병합발전연맹) 자료에



〈그림 6〉 발전수단별 CO₂ 배출량 및 효율 비교

의하면 다음과 같다.

가. 배경

- '88년 : IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체) 설치
- 기후변화와 대응전략에 관한 연구 및 평가보고서 제출('90년)
- '90년 : INC/FCCC(기후변화협약을 위한 정부간 협상위원회) 설치
- '90년 12월 11일 제45차 UN총회의 결의에 따라 설치
- '91~'92년 : 기후변화협약 초안 작성
- '91년 2월에서 '92년 5월 사이에 여섯 차례의 회의를 거쳐 기후변화협약 초안 작성
- '92년 : UNCED(유엔환경개발회의) 개최
- '92년 6월에 브라질의 리우에서 개최되었으며 한국을 포함한 155개국이 참가하여 서명
- '93년 : 한국의 기후변화협약에 가입
- '93년 12월 14일 한국은 47번째로 기후변화협약에 가입하여 기후변화협약이 국내법과 같은 효력을 갖게 됨
- '94년 3월 21일 : 기후변화협약 발효
- '95년 4월 : 기후변화협약 제1차 당사국 총회 개최 (베를린)
- 2000년 이후에 선진국들 의무사항 결의 및 기준 의무사항이 부적합하다는데 합의
- '96년 7월 : 기후변화협약 제2차 당사국 총회 개최 (제네바)
- 기후변화에 가식적인 인위적 영향이 있다는 것을 주 내용으로 하는 IPCC 평가보고서 검토 및 개도국 국가보고서 지침 채택
- '97년 12월 : 기후변화협약 제3차 당사국 총회 개최 (교토)
- '90년을 기준으로 미국 7%, 일본 6%, 유럽연합(EU) 8%를 포함하여 선진국은 평균 5.2%의 온실가스 배출감축 목표를 골자로 하는 "교토 의정서"

채택, 순배출량 방식 및 배출권 거래제도 허용

나. 기후변화협약의 주요의무사항 내용

- 일반 의무사항
- 온실가스 배출통계 작성발표, 정책 및 조치의 이행 (4조1항)
- 연구 및 체계적 관측(5조)
- 교육훈련 및 공공인식(6조)과 정보교환
- 특정 의무사항
- 배출원 흡수에 관한 특정 의무사항 : 온실가스 배출을 2000년에 '90년 수준으로 안정화 될 수 있도록 노력(4조 2항)

다. IPCC 2차 평가보고서와 열병합발전

- 기후변화협약에 관한 정부간 협의체인 IPCC는 2차 평가보고서를 제출하였다. 이 보고서(12페이지)에서는 열병합발전을 통하여 화석연료의 더욱 효율적인 전환을 인정하면서 장래의 유망한 접근방법으로 열병합발전을 추천하고 있다.

라. 기후변화 대응책으로서의 열병합발전

- 열병합발전은 CO₂를 감소시키는데 가장 비용효과적인 방법으로 인정받고 있으며 발전분야에서 더욱 효율이 높다. 따라서 CO₂ 배출량도 감소된다. 이와 같은 환경적인 이점은 CO₂ 감소뿐만 아니라 인체에 유해한 각종 오염물질 배출을 감소시키며 연료수입을 감소시켜 국가경제 안정에도 도움을 준다. 열병합발전에 의한 이산화탄소 감소 잠재량과 대책을 보면 다음과 같다.

(1) EU(Europe Union)

유럽 열병합발전연합회는 EU 15개국이 2010년까지 전체발전량의 30%가 열병합발전에 의하여 전력이 생산된다고 예상하고 있으며 유럽 전력산업그룹도 2010년

이전에 대부분의 국가에서 열병합발전 용량이 30%가 된다는 것을 계획에 삽입하고 있다. 현재 네덜란드, 덴마크, 핀란드 3개국이 이미 열병합발전 용량이 30%를 넘고 있다. 개괄적으로 유럽 열병합발전협회는 2010년까지 매년 221MT(메가톤)의 CO₂ 배출을 감소할 수 있다고 추정하며 이는 '97년에 합의한 15% 감축 협상 목표의 46%에 해당한다. 또한 이를 2010년까지 아무런 CO₂ 감축대책을 추진하지 않을 경우 예상증가량 8%를 감안할 때 실질적으로 유럽 합의사항에 8%를 추가한 23%에 대하여 30%를 열병합발전에 의하여 감축할 수 있다고 보고 있다. 따라서 EU에너지이사회는 열병합발전의 확대보급에 노력하고 있으며 유럽 열병합발전협회를 통하여 국가적인 추진기구를 가질 것을 독려하고 있다.

(2) 오스트레일리아(호주)

호주열병합발전협회는 국가전체 전력대비 열병합발전 생산비율을 현재 5%에서 약 20%로 증대시킬 계획을 가지고 있다. 호주는 2010년까지 '90년 수준에서 CO₂ 배출량을 15% 감축한다는 목표의 34%를 열병합발전에 의하여 감소시킬 계획이다. 이를 위해서는 현재 열병합발전의 장애요인이 되고 있는 아래사항들이 해소되어야 한다고 보고 있다.

- Network 가격조정(지역열병합발전 경제성 결여)
- 도매전력시장 운영의 침체
- 계통연계상의 투명성 결여
- 열병합발전에 대한 과도한 기술적 요구사항

이와 같은 장애요인 제거는 호주에 전연 경제적부담이 되지 않을 것이며 열병합발전을 확대시켜 CO₂ 배출억제 목표달성에 크게 공헌하게 될 것으로 보고 있다.

(3) 미 국

산업분야와 지역에너지분야에 대한 실천가능한 열병합발전 잠재량 분석결과 2010년까지의 잠재량은 680TWh로 보고 있다. 이중 40%(280TWh)가 이미 설치되어 있

으며 이는 미국전체 생산량의 8%에 상당한다. 이는 매년 40백만톤의 탄소를 감축시켜 미국이 2010년까지 '90년 수준으로 배출량을 낮추는데 요구되는 감축량의 10%에 해당한다. 미국의 열병합발전에 의한 탄소배출량 감소잠재량은 대단히 크다. 현재의 발전소들이 발전효율이 낮을 뿐만 아니라 석탄 발전비율이 높고, 전력생산량의 절반이 오염을 유발하는 석탄을 사용하며 저효율발전에 의존하기 때문에 열병합 발전의 잠재량은 대단히 크다고 보고 있다.

6. 맺음말

지나번 열병합발전 관련 해외출장시('97. 10.17)에 유럽지역의 관계업체 및 기관을 방문하여 열병합발전에 대한 관련기술과 운영제도, 기술교류 체계 등에 대한 자료를 수집하면서 피부로 느낀 점이 있다면 유럽에서는 열병합발전이 기후 변화협약의 지구온난화방지를 위한 중요한 수단이 된다는 인식이 고조되어 있다는 점이다. 특히 EU차원에서 국가별 열병합발전 추진기구가 없는 나라는 유럽열병합발전연합회(COGEN Europe)를 통하여 추진기구를 설치할 것을 권장하고 있을 정도로 열병합발전을 부각시키고 있는 이유는 기후변화협약의 지구온난화방지를 위한 배출 감소의 중요한 수단이 바로 열병합발전이기 때문이다. 우리나라도 기후변화협약의 온실가스 중 화석연료 사용에 따른 배출이 가장 중요한 과제로 대두되고 있으며, 이에 대한 대책으로는 에너지 이용효율을 향상시키는 동시에 에너지 저소비형 산업구조로 개편하는 것이 주된 방법이지만 아직까지 개발도상국의 위치에서 경제발전을 지속해야 하므로 에너지 소비 증가에 따른 온실가스 배출증가는 쉽게 예측할 수 있는 사항이다. 아직까지 관련 당사국 총회에서 개발도상국에게 의무적인 목표를 부여하지는 않았지만 선진국들의 압력은 점증될 것이므로 우리나라도 열병합발전의 도입 활성화를 위한 지원제도의 보강과 함께 기술개발 촉진이 필요하다고 본다. ■