

열병합발전 현황분석 및 전망

김 동 섭 / 인하대학교, 손 정 략 / 서울대학교
kts@inha.ac.kr, jlsohn@snu.ac.kr

1. 열병합발전 개요

열병합발전(Cogeneration or Combined Heat and Power, CHP) 시스템은 넓은 의미로 1차 에너지에서 연속적으로 2종류 이상의 2차 에너지를 발생시키는 시스템을 의미하나, 실질적인 열병합발전 시스템은 연료 에너지원으로부터 전력과 열(온열, 냉열)을 동시에 발생시키는 시스템을 일컫는다. 발전을 담당하는 원동기의 배열을 회수하여 이용하므로 에너지의 종합 열 이용 효율을 높이는 것이 가능하기 때문에 산업체, 주거용 건축물 등의 전력 및 열원으로서 주목받고 있다. 즉, 열병합발전 시스템은 산업체, 건물 등에 필요한 전기 및 열에너지를 보일러 가동과 외부 전력회사의 수전에 의존하지 않고 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 전력을 생산한 후 배출되는 열을 회수하여 이용하므로 기존 방식보다 30 ~ 40%의 에너지 절약효과를 거둘 수 있는 고효율 에너지 이용기술이다. 최근 화력발전소의 발전효율은 약 40% 정도이고 이것을 송전하는데 발생하는 손실을 감안하면 이용효율은 35% 정도이다. 열병합발전 시스템으로부터의 발전효율은 발전기 형식, 용량 등에 따라 차이는 있으나 25% ~ 40% 범위 내에 있다. 그리고 발전 시의 배열은 발전량에 비례하거나 그 이상 발생이 되며 이것을 유효에너지로 회수할 경우 총 효율은 75% ~ 90%까지도 향상된다.

한편, 효율적 에너지 이용이라는 측면은 바로 환

경문제의 해결과도 직결된다. 최근 교토의정서(Kyoto Protocol)의 시행이 확정되면서 전 세계적으로 환경 문제에 대한 공감대가 다시 확산되는 분위기이다. 교토 의정서는 6종류의 지구온난화 유발 가스에 대한 규제를 대상으로 하고 있으나, 역시 이산화탄소(CO₂)가 가장 큰 대상이 된다. 특히 전력 발생분야가 이산화탄소 배출의 가장 큰 근원므로 이에 대한 대책이 가장 시급하다고 볼 수 있다. 대기 중에 방출되는 이산화탄소를 줄이기 위해서는 후처리 방법 등 다양한 방법이 강구될 수 있으나, 가장 기본적인 대책은 에너지 이용 효율을 높이는 것이다. 즉, 높은 효율의 기기를 사용하여 단위 출력 당 소요되는 화석연료의 양을 줄임으로 이산화탄소 발생량을 줄일 수 있다. 한편, 열병합발전에서는 원동기에 공급되는 연료에너지를 이용하여 전력뿐 아니라 열에너지를 생산하므로 열에너지 공급을 위한 별도의 연료 소모가 없어진다. 따라서 열병합 발전을 하게 되면 기존의 열에너지 생산 시 발생하였던 이산화탄소 양이 발생하지 않는다. 물론 대체로 소형 열병합 발전용 원동기들의 효율이 대단위 발전소의 발전효율보다 낮은 단점은 있으나, 이를 감안하더라도 이산화탄소 발생량이 현저하게 낮다. 이러한 계산 예를 그림 1에 예시하였다. 전기와 열 수요는 열병합 시스템의 생산 기준으로 하여 전력 1 kWh 와 열 1.43 Mcal를 가정하였다. 기존 방식에서 발전 효율은 38%, 보일러 효율은 90%로 가정하였고, 열병합발전 시스템에서의 발전효율은 33%를 가정하였다. 연료 에너



지 소모면에서는 열병합발전이 기존에 비하여 68%에 불과하고(33% 절약), 이산화탄소 배출면에서는 열병합발전이 기존에 비하여 75%에 불과하다(25% 절약). 따라서 에너지 절약 차원에서뿐만 아니라 이산화탄소 배출 측면에서도 상당한 이점을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.

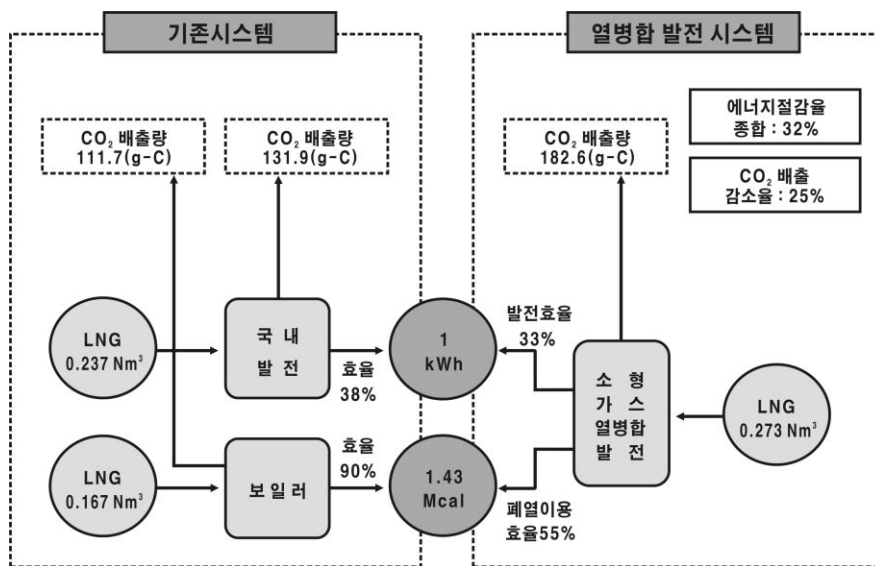
2. 해외 열병합발전 시장 현황 및 전망

2.1 유럽

유럽지역에서는 1993년부터 벨기에에 본부를 둔 Cogen Europe을 중심으로 열병합발전의 보급에 앞장서고 있으며, 유럽 공동체 위원회(European Commission)는 2010년까지 유럽 내에서의 전체 전력 생산량 중 열병합발전에 의한 전력 생산량 비율을 9%(1997년 기준)에서 18%까지 끌어올릴 수 있도록 목표를 잡았다. 유럽 시장에서 열병합발전 시장은 상당히 성숙하여 덴마크, 네덜란드, 핀란드 같은 국가들은 이미 국내 전력 생산량의 상당 부분을 열병합발전에 의존하고 있다. 또한 2005년 2

월 16일부터 발효되는 교토 의정서는 유럽의 열병합발전 시장을 더욱 확대시키는 원인이 되고 있다. 또한, 에너지 시장 자유화, 포화된 시장 등과 같은 악재를 맞이한 유럽 내에서의 열병합발전 사업은 이러한 교토의정서의 발효와 함께 유럽 내에서의 그 발전 가능성은 새로운 전기를 맞이하고 있다.

특히 유럽에서는 미래 열병합발전 시장을 표 1과 같은 4개의 시나리오에 따라 예측하였다. 특별한 기술 개발없이 현행 에너지 규정이 유지되는 Present Policies 경우에 비하여 환경 문제의 인식이 늘어날 경우(Heightened Environmental Awareness)에 열병합 수요가 늘어 날 것이며, 여기에 더하여 교토의정서에 의한 강력한 규제가 가해질 경우(Post Kyoto)에는 급속히 열병합발전이 보급될 것으로 예상된다. 특히 분산발전(Distributed Generation)의 적용이 매우 활성화 될 것이다. 반면에 에너지 시장에 대한 규제 완화가 지속되지만 소규모 분산 발전에는 어떠한 특혜도 없을 경우(Deregulated Liberalization)에는 에너지 시장은 몇몇 거대한 에너지 사업자에



[그림 1] 열병합발전 시스템에 의한 에너지 소모 및 이산화탄소 배출 저감 효과



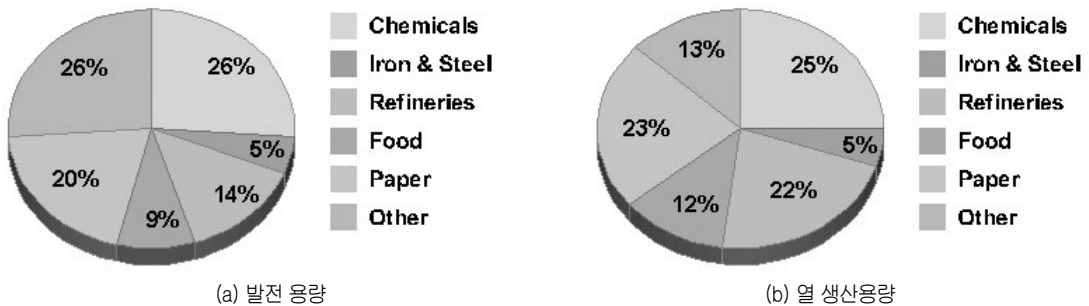
의해 큰 영향을 받을 것이므로 열병합발전은 경쟁력을 상실하며 많은 플랜트가 폐쇄될 것으로 예상되며, 결과적으로 열병합발전의 수요는 계속 줄어들 것으로 예상된다.

그림 2와 그림 3은 유럽 연합지역에서의 산업용 열병합 발전의 용도 및 설비 종류별 분포를 보여주고 있다. 열병합 발전은 화학(Chemicals) 혹은 제지(Paper) 산업 등 열의 사용이 많이 요구되는 산

업에 주로 적용됨을 알 수 있다. 동력 장치로는 가장 고전적인 장치에 해당하는 증기 터빈이 발전 용량으로는 전체의 63%, 열 생산 용량으로는 전체의 74%를 차지하고 있다. 반면에 복합 화력을 포함한 가스터빈은 발전 용량과 열 생산 용량이 각각 29%와 22%를 차지하고 있어 증기 터빈에 비해서 비중이 약한 상황이다. 그러나 이러한 상황은 앞서 기술한 바와 같이 기후 변화 협약 등의 변수로 인

<표 1> 시나리오별 유럽의 열병합 발전 용량 예측 규모

시나리오	열병합 발전 용량 (GW)					
	구분	2000년도	2005년도	2010년도	2015년도	2020년도
Present Policies	EU	72	71	81	89	95
	CEE	22	24	26	27	29
	기타	0	1	1	1	1
	합계	97	101	107	117	125
Heightened Environmental Awareness	EU	74	80	91	105	124
	CEE	22	25	28	32	36
	기타	0	1	1	1	2
	합계	97	106	120	139	162
Post Kyoto	EU	74	88	135	166	195
	CEE	22	27	38	49	54
	기타	0	1	2	3	3
	합계	97	116	175	218	252
Deregulated Liberalization	EU	74	71	70	73	81
	CEE	22	22	21	23	25
	기타	0	0	0	0	1
	합계	97	94	91	96	107



[그림 2] EU의 산업용 열병합 발전의 발전 및 열 생산용량 분포



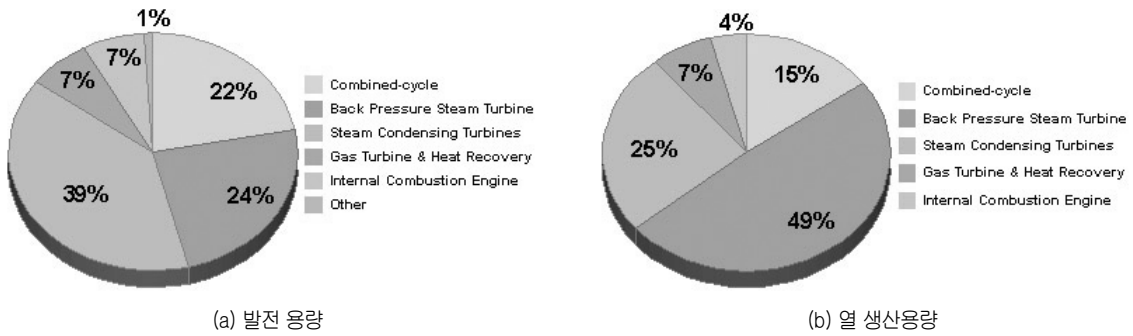
하여 향후 상당한 변화가 예상된다.

2.2 미국

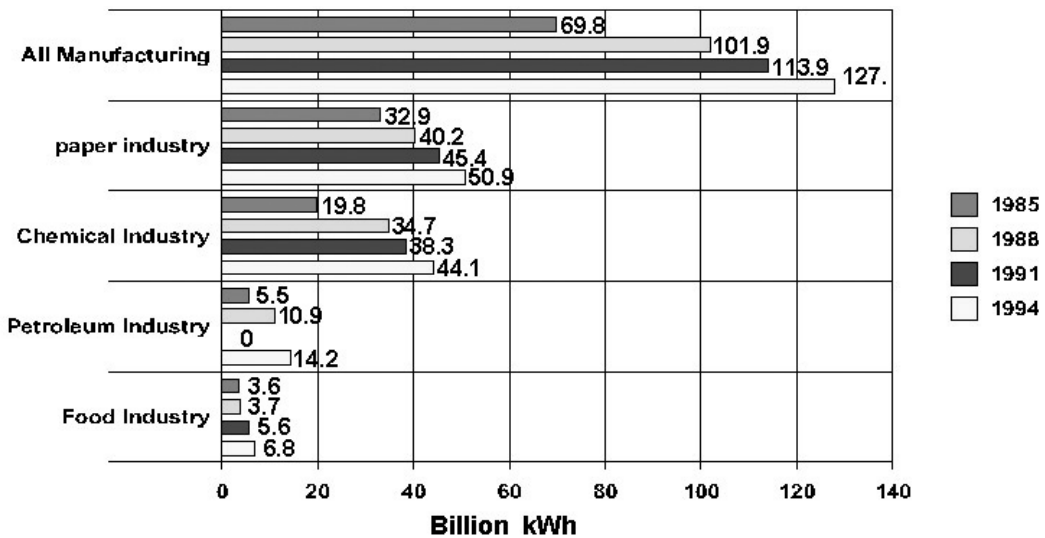
1998년 현재 미국에서의 열병합 발전에 의해 3,060억 kWh의 전력을 생산했으며 이는 미국 전체 발전량의 9%에 해당한다. 이중 54%는 자체 시설에서 소비했으며, 나머지는 전력회사들에게 판매하였다. 전체 발전량 중 64%에 해당하는 1,950억 kWh의 전력이 천연가스에 의해 생산되었을 정도로 주 연료는 천연가스이며, 나머지 중

17%는 석탄, 13%는 재생 에너지이다.

미국 내의 대다수의 열병합 발전 시설은 대규모 산업 시설에 밀집되어 있다. 1994년 현재 1,425억 kWh의 전력이 산업 시설에서 생산되었는데 이 중 90%가 열병합발전에 의해 생산되었다. 대부분 열병합 발전 설비는 해당 시설에서 필요한 전력량 이상을 생산하기 때문에 2,800만 kWh의 전력을 판매 혹은 다른 지역으로 전송한다. 이렇게 생산되는 전력량 중 40%가 제지 공업 관련 시설에서 생산되고 있으며 그 다음으로는 35%로



[그림 3] EU의 열병합 발전 설비의 동력 장치 종류별 통계



[그림 4] 미국 공업용 열병합 발전 전력 생산 추이



화학 공업 시설에서 생산하고 있다. 그림 4는 이 기간에 주요 공업과 생산 시설에서 열병합발전에 의한 발전량을 나타내고 있다.

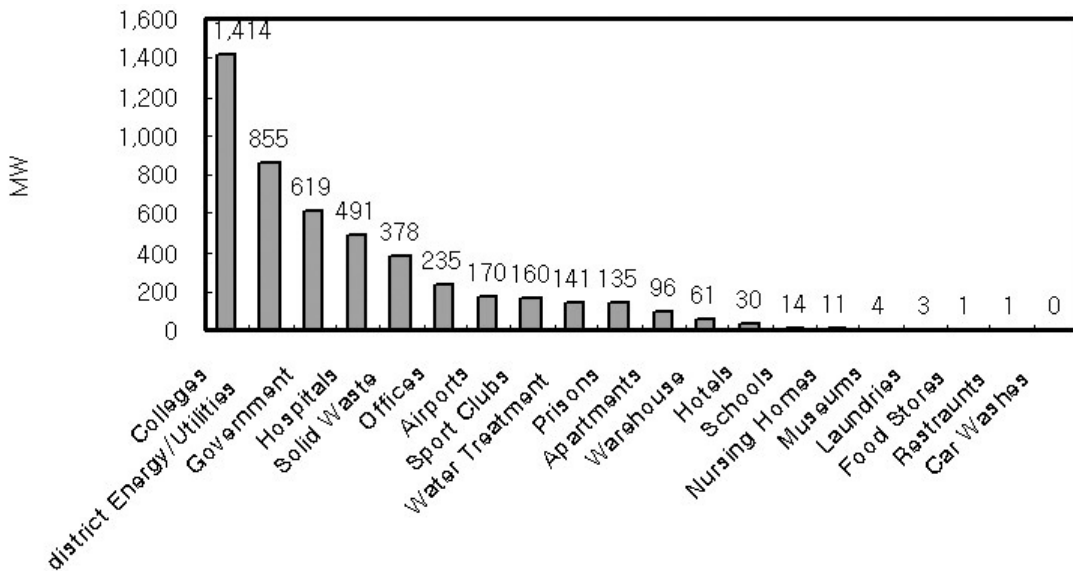
미국의 상업용 열병합 발전은 대학(주로 기숙사용), 지역 에너지 사업장, 정부 기관 등 주로 공공 기관에 많이 적용되고 있는 것이 특징이다. 미국의 상업용(공공시설 포함) 열병합 발전의 2000년 현재 용도별 설치 용량은 그림 5와 같다. 상업용에서는 주로 대형 발전 설비에 해당하는 복합 화력과 증기 터빈이 설치 용량의 절반 이상을 차지하고 있으며, 설치 대수는 평균 설치 용량이 1 MW 이하인 왕복동 엔진이 절대 다수를 점유하고 있었다. 가스터빈의 경우 설치 용량의 약 19%를 점유하고 있으며, 설치 대수 당 평균 설치 용량은 9 MW이다.

2.3 일본

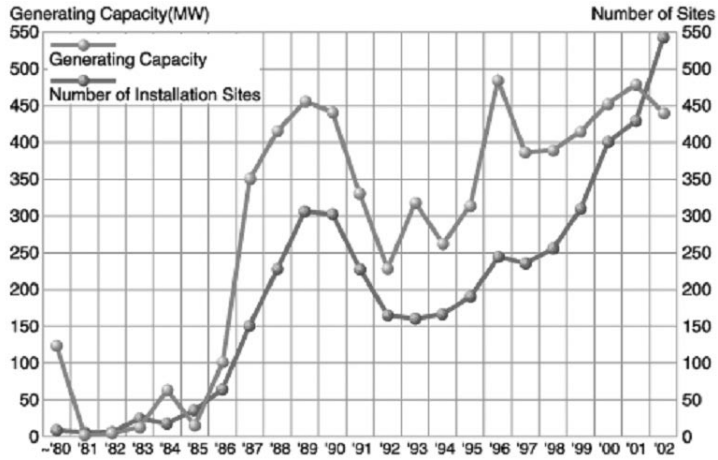
일본은 주로 소형 열병합발전의 보급에 주력하여 왔다. 매년 신규 설치 대수와 그에 따른 발전 용량이 80년대부터 계속해서 증가하다가 90년대

초에 잠시 줄어들었으나 1993년 이후 꾸준히 증가하고 있다 누적 통계상으로도 1980~1985년 사이에는 큰 증가를 보이지 않다가 이후 꾸준한 증가를 보이고 있다. 그림 6에는 전체 발전 용량을 나타내고 있다. 특히 1985년 이후 증가세가 두드러지는데 이는 산업용(Industrial)이 거의 대부분을 차지하고 있고, 그 중에서도 가스터빈과 같이 비교적 발전 용량이 큰 시설들의 비중이 크기 때문이다. 일본은 그림 7과 같이 2002년 말 현재 상업용으로 2,915개의 시설에 총 발전용량 1,429 MW, 산업용으로는 1,600개의 시설에 발전용량 5,074 MW의 열병합 발전 설비가 설치되어 있다. 따라서 총 열병합 발전 시설 수는 4,515기이고 총 발전용량은 6,504 MW, 1대당 평균 발전 용량은 1.440 MW이다. 이는 상업용은 1대당 평균 490 kW, 산업용은 1대당 평균 3,171 kW에 해당한다.

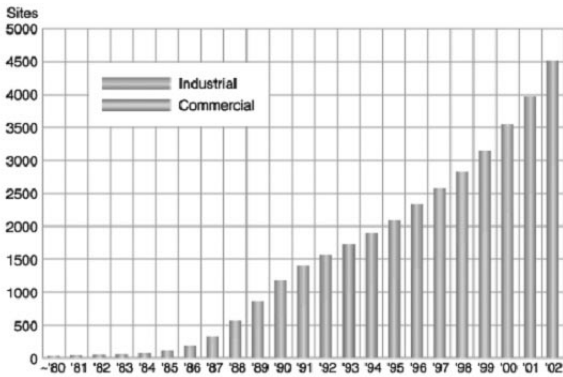
상업용 소형 열병합 발전 시설은 총 2,900여대, 발전용량은 총 1,420 MW로서 평균발전 용량은 대당 490 kW로 그 크기가 그다지 크지 않다. 그림 8은



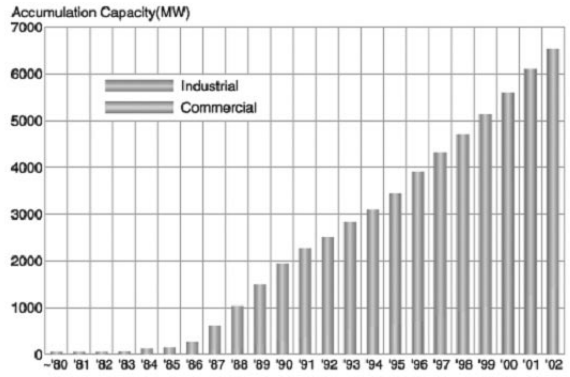
[그림 5] 미국 상업용 열병합발전 용도별 설치 용량



[그림 6] 일본의 소형 열병합 발전 신규 설비 및 용량

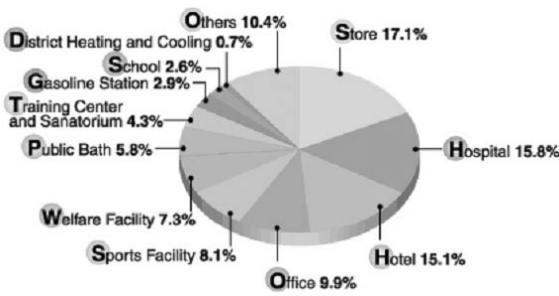


(a) 시설 대수 누계

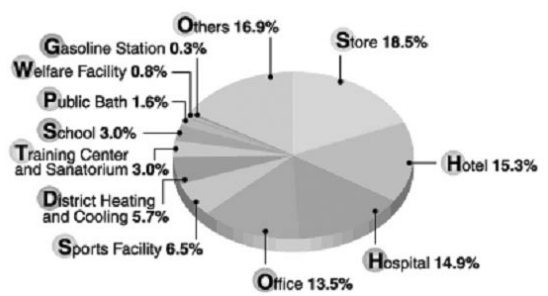


(b) 용량 누계

[그림 7] 일본의 소형 열병합 발전 설비 누계



(a) 설치 대수 분포



(b) 발전 용량 분포

[그림 8] 일본의 상업용 소형 열병합 발전의 건물 용도별 설치 대수 및 발전 용량 분포



건물 형태별 대수 및 용량 분포를 보여 준다. 상점(Store), 병원 및 호텔이 큰 비중을 차지하고 있다.

산업용 소형 열병합 발전 시설은 총 1,600여대, 발전용량은 총 5,000 MW로서 평균발전 용량은 대당 3,200 kW이다. **그림 9**는 산업용 용도별 대수 및 용량 분포를 보여 준다.

동력장치별로는 디젤 엔진이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 천연가스 엔진은 대수는 많지만 발전 용량이 적은 소형 시설에 집중되어 있다. 가스터빈을 사용하는 시설은 전체의 12% 밖에 되지 않지만 발전 용량은 전체 시설의 반 정도를 차지하는 대용량 설비에 설치되어 있다.

2.4 중국

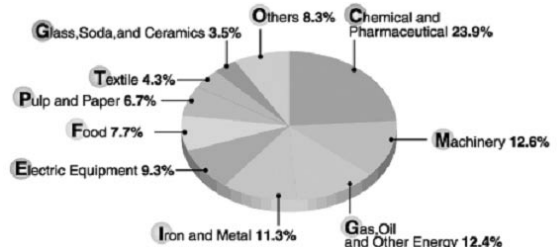
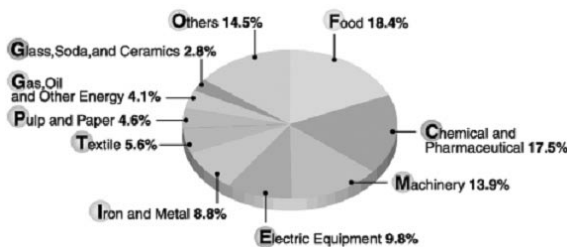
중국의 에너지 시장 분석을 위해서는 (1) 12억 9천만명의 세계에서 가장 많은 인구가 사는 지역이고, (2) 957만 2900km²의 국토를 보유하고 있으며, (3) 연간 평균 경제 성장률은 7% 이상의 세계 최고의 초고속 성장국가임을 주지하여야 한다. 이로 인해 중국 경제는 엄청난 전력 소비 증가율을 보이고 있으며, 이와 함께 또한 발전 설비로부터의 환경오염문제도 최근 크게 부각되어 있어

열병합 발전의 세계 최대 잠재시장으로 급부상하고 있다. 중국의 발전 설비 중에서 발전 용량 기준으로 중 75%는 화석 연료를 사용하는 화력 발전은 발전 설비 용량 기준 75%, 발전량 기준 82%로써 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 1999년 현재 원자력 발전은 발전 설비 용량 및 발전량 모두 1%정도에 머물고 있었으나, 최근 들어 환경문제의 심각성과 신규 전력 수요의 급속한 성장과 함께 원자력 발전의 비중을 확대해 나가고 있는 상황이다.

표 2는 중국의 열병합 발전 시설 대수 및 발전 용량과 관련된 통계이다. 6 ~ 25 MW의 용량 범위에서는 상대적으로 소형 열병합발전 시설들이 그 수는 많이 차지하는 반면, 전체 발전용량은 50 MW 급 이상의 대규모 열병합발전 시설들이 큰 비중을 차지하고 있다. 1999년 말 현재 6 MW급 혹은 그 이상의 시설이 1,402기가 건설되어 있으며, 총 발전 용량은 28,153 MW이다. 이는 중국 내의 총 화력발전의 12.6%를 차지하는 양이다. 열병합발전의 도입으로 한 해에 2억 7천만 톤의 석탄 사용량이 줄었으며 7천만 톤의 CO₂와 50만 톤의 SO₂의 배출량이 감소하였다.

<표 2> 중국 열병합 발전 설치 시설 수 및 발전 용량

구분	6-12 MW	15-25 MW	30-50 MW	50 MW 이상
시설 수 (Unit)	571	469	201	161
발전 용량 (MW)	3,466	582	5,118	13,745



(a) 설치 대수 분포

(b) 발전 용량 분포

[그림 9] 일본의 산업용 소형 열병합 발전의 산업 용도별 설치 대수 및 발전 용량 분포



중국 정부는 환경 문제 해결, 에너지 이용의 고 효율화 및 급속히 증가하는 전력 수요의 충당을 위하여 열병합 발전의 보급을 장려하는 정책을 펴고 있다. 또한, 중국에서의 열병합 발전은 전력 공급과 함께 열 공급 용도로 많이 보급되고 있다. 그 중에서도 특히 중국 북부 지역에서는 산업용뿐만 아니라 기후적 특성으로 주거용 난방을 열병합 발전에 의해서 충당되고 있다. 중국 북부지방의 열병합발전 시설들은 1개 시설 당 100 MW급의 설비를 소규모 도시의 경우 1 ~ 2기, 대도시는 3 ~ 4기의 건설을 추진 중이다. 이와 함께 중국 남부에는 각 도시 별 1개의 시설이 건설계획이다.

현재 중국의 1인당 CO₂ 배출량은 연간 2.51톤인데 이는 유럽과 북미의 선진국에 비하면 매우 낮은 양이지만 중국의 인구가 워낙 많기 때문에 중국은 현재 미국의 뒤를 이어 연간 30억 톤의 CO₂를 방출하고 있으며, 이는 전 세계 CO₂ 방출량의 13.6%를 차지하고 있다. 이러한 추세라면 향후 15 ~ 20년 안에 중국은 CO₂ 최대 배출국이 될 것으로 전망된다. 현재 중국에는 430,000개의 산업용 석탄 보일러와 석탄로가 설치되어 있고 이 외에도 390,000개의 산업용 보일러와 온수 보일러가 있다. 이러한 소규모 보일러의 평균 용량은 시간당 4톤이며 작동 효율은 30 ~ 60%수준이다. 따라서, 이들 중 상당수를 85 ~ 90% 효율의 대규모 열병합발전시설로 대체된다면 연간 수백만 톤의 연료를 절감할 수 있으며, 1억 톤에 가까운 CO₂ 배출을 감소시킬 수 있을 것으로 전망된다. 현재 설치된 시설과는 별도로 중국 정부는 열병합발전을 적극 장려해서 2001년 이후 건설되는 발전 설비 중 열병합발전의 발전 용량은 적어도 3,000 MW에 이를 것으로 전망하고 있다. 이에 따라 연간 288만 톤의 석탄 소비가 줄어들고 755만 톤의 CO₂와 57,600 톤의 SO₂가 감소할 것으로 전망된다.

지난 10년간 중국의 연평균 경제 성장률은 7%에 달하고 이에 따른 전력 공급량도 연간 10%의 증가

율을 보이고 있다. 이러한 경제 성장률을 유지하기 위해서는 매년 30,000 MW 규모의 새로운 발전 설비를 건설해야 하고, 그 중에서 적어도 10%에 해당하는 3,000 MW는 열병합발전으로 충당될 것으로 전망된다. 중국 전기학회 열병합발전 위원회(CSCCS: Cogeneration Study Committee of the Chinese Society of Electrical Engineers)에 따르면 중국의 열병합 발전량의 비중은 세계 평균 7%를 상회하는 10%에 이르는 것으로 파악된다. 다만, 지금까지의 열병합 발전 설비들은 앞서 기술한 바와 같이 주로 석탄 연료 중심의 화력 발전 중심으로 설치되어 왔다. 그러나, 당면한 환경 문제를 적극적으로 해결하고 에너지 이용 효율을 높이기 위해서는 고효율의 천연가스를 사용하는 열병합 발전시설을 사용하는 것이 더욱 효과적일 것이다.

세계 각 지역에서의 분산발전의 경제적 분석을 전문으로 수행하는 WADE(World Alliance for Decentralized Energy)에서는 중국에서 신규로 설치될 발전 설비 중에서 중앙 집중식과 분산 발전식의 설치 비율에 따른 경제적, 환경적 영향을 분석하였다. 이 분석에 의하면 중국의 연평균 전력소비 증가량을 4.8%로 가정하였을 경우 2001 ~ 2021년 기간 동안 석탄을 연료로 사용하는 발전소들은 감소할 것이나 여전히 큰 비중을 차지할 것으로 예측되고 핵, 풍력 및 천연가스를 연료로 하는 중앙 집중형 발전소나 천연가스나 바이오 에너지를 연료로 하는 열병합발전은 향후 20년간 꾸준히 증가할 것으로 예측되었다. 중국이 거대한 영토를 가진 국가임을 고려하였을 경우 2021년까지의 신규 전력 수요를 충당하기 위한 발전 설비를 중앙 집중형 대신 모두 분산 발전형으로 건설할 경우에 최대 4000억 달러를 절감할 수 있을 것으로 전망된다. 이러한 경제적 효과는 중앙 집중형 발전 설비 건설에 따른 전력의 송배전 시설비에 대한 투자비용에 해당된다. 표 3은 중국에서 신규발전설비 건설 방식에 따른 경제적 효과를 비교 분석한 예이다.



3. 국내 열병합발전 시장 현황 및 전망

3.1 국내 열병합 발전 도입과 관련된 기본 논리

우리나라는 사계절이 뚜렷하여 산업 및 민생부문(빌딩, 아파트 등) 모두 전기와 열부하가 동시에 요구되고 있으나 계절별 에너지 수요의 불균형, 즉 난방으로 인한 동고하저의 가스수요와 냉방으로 인한 동저하고의 전력수요로 에너지원별 수급불안정이 초래되고 있다. 또한 향후 에너지수요 전망 역시 천연가스 등 청정에너지의 수요와 전력수요는 크게 증가될 전망이므로 이로 인한 계절별 가스와 전력의 수급불균형은 보다 증가될 전망이다. 따라서 에너지수급의 안정에 기여하고 에너지 이용효율 극대화 방안의 하나로 인정받고 있고, 한전의 복수발전소 및 송·변전 건설비의 감소와 천연가스 저장시설 비용 감소, 환경개선효과 등 사회적 시설투자를 감소시킬 수 있는 열병합 발전 시스템의 역할과 기대효과는 매우 크다.

- 열병합발전 보급 활성화 필요성
 - 에너지원(전력, 천연가스)의 계절별 수급 조절 및 부하 평준화
 - ;하절기 피크전력 증가로 인한 전력공급 불안 및 장기 도입 조건 계약으로 인한 하절기 천연가스의 잉여 수급 등 계절별 에너지원의 수급조절을 위해 필요하다.
 - 분산형 전원설비 구축
 - ;전력산업구조 개편과 대형발전소 건설 입지여건악화 및 가스저장시설 확충문제 등으로 중·소규모의 분산형 발전설비 보급 확

대를 위해 필요하다.

- 국제적 환경규제 강화에 대응 방안
 - ;기후변화협약 등 국제환경규제가 배출권거래제 등 경제문제로 대두되고 있어 새로운 온실가스 감축수단의 도입이 필요하다.
- 에너지의 효율적 이용 및 고효율 에너지 시스템 보급
 - ;에너지 해외의존도 97%인 우리나라의 경우 경제적 이익, 환경배출물의 감소 등 시너지효과가 큰 고효율 에너지 시스템을 보급하는데 필요하다.
- 열병합 발전 시스템 도입 기대효과
 - 에너지 사용 절감 및 높은 이용 효율
 - ;열병합 발전 시스템은 열과 전기를 일괄 생산함으로써 종합효율이 75 ~ 90%로 기존 발전시스템의 효율(30 ~ 40%)에 비해 훨씬 높으며, 전력부하 분산에 따른 발전소 건립 부담 경감으로 발전소 건설비용 회피 가능하며, 열병합발전설비가 100만 kW 보급 시 원자력발전소 1기 건설비용 1조6천억원을 회피할 수 있고, 48개 아파트에 대하여 도입타당성분석 실시 결과 에너지의 종합이용효율 향상으로 기존 중앙난방방식대비 평균 약 20%의 에너지절감 및 에너지비용 약 30%를 절감할 수 있는 것으로 분석된다.
 - 분산형 전원산업 구축
 - ;자가발전 증가로 하절기 피크부하가 감소되어 발전소 건설비용 저감과 하절기 가스 수요 창출로 계절별 에너지 수급에 합리화를 도모

<표 3> 중국 신규 발전 설비의 방식에 따른 경제적 효과

구 분	신규 발전설비의 100%를 중앙 집중형으로 건설할 경우	신규 발전설비의 100%를 분산 발전형으로 건설할 경우
발전설비 신규 건설 비용	10조억불	6천억불
전력 요금	9.97 Cents/kWh	7.16 Cents/kWh
연료 소모량	17,400 EJ	8,100 EJ



할 수 있다(가스 수요는 동절기에 편중되어 있고, 전기부하는 하절기에 편중되어 있어 연중 균형적인 수요 유지에 기여할 수 있다).

- 국제적 환경규제에 대한 효과적 대응
; 지구온난화 방지를 위한 국제 기후변화협약의 CO₂ 감축규제가 본격화되고 있는 현실을 감안 시, 화력발전 방식보다 30 ~ 50% 온실가스 배출 감소효과가 있는 열병합 발전 시스템은 큰 의미를 가지며, 또한 청정연료 사용으로 황산화물(SOx)과 질산화물(NOx) 배출 감소 효과를 기대할 수 있다.

3.2 현황 및 전망

(1) 소형 열병합 발전

소형 열병합 발전이란 가스터빈이나 왕복동 엔진을 이용하여 열과 전기를 동시에 생산·이용하는 고효율 종합에너지 시스템을 말하며, 규모에 대한 정확한 분류 기준은 존재하지 않으나, 일반적으로 10 MW 이하의 발전용량을 갖춘 설비를 의미한다. 국내 소형 열병합 발전 설비의 도입은 정부의 에너지융합리화 정책에 힘입어 80년대 들어 도입되기 시작하여 열병합 발전 관련 기술개발지원, ESCO 사업 등을 통한 설비비 지원, 열병합용 가스요금제도 신설 등 보급 활성화를 위한 다각적인 노력을 기울이고 있으나, 보급 활성화에는 아직 초기단계라 할 수 있다. 표 4에 나타난 바와 같이 2004년 말 현재 61개소 96대, 110 MW가 설치되어 국내 총 발전용량의 0.2%를 차지하고 있으며,

일본의 열병합발전 보급률의 4%에 불과하다.

정부에서는 소형 열병합발전의 에너지절약 효과, 환경성, 미래의 분산형 전원으로서의 역할 등을 감안하여 현재 110 MW의 설치용량을 2010년에 2,700 MW(현재의 25배 수준), 즉 원자력발전소 3기 수준이며, 총 발전용량의 3.6% 정도를 보급할 것을 목표로 설정하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 지원제도 강화, 행정 및 제도 개선, ESCO 표준화, 홍보 강화뿐만 아니라, 전량 외국제품에 의존하는 시스템의 국산화가 투자비 저감, 유지보수 용이 등을 위해 가장 절실하고 시급한 사안이라고 할 수 있다.

(2) 산업체 자가 열병합 발전 현황

산업체에서 필요한 전력을 충당하기 위해 공장이나 건물 내에 열병합 발전 설비를 갖추어 전기를 생산하는 경우로 2004년 말 기준으로 총용량이 2,367 MW에 해당하며, 이에 대한 자세한 사항은 표 5에 나타내었다.

(3) 집단에너지 열병합 발전 현황

집단에너지란 다수의 사용자를 대상으로 공급되는 열 또는 열과 전기를 말하며, 이러한 집단에너지를 공급·판매하기 위해서는 집단에너지사업법상 집단에너지사업허가를 얻어야 한다. 집단에너지는 열병합 발전소, 열전용 보일러, 자원회수 시설 등 집중된 열원플랜트에서 생산하며 다수의 사용자는 개별적인 열원설비를 갖출 필요가 없다. 집단에너지사업은 수용가 형태를 기준으로 지역

<표 4> 소형 열병합 발전시스템의 용도별 보급 현황

구분	아파트	산업체	업무용빌딩 등	합 계
설치개소	40	1	20	61
설치대수	56	2	38	96
설치용량(kW)	17,689	18,000	75,341	111,030
비중(%)	15.9	16.2	67.9	100.0
총발전용량 중 비중(%)	0.02	0.03	0.14	0.2



냉·난방사업과 산업단지 집단에너지사업으로 구분된다. 과거 지역 냉·난방사업이 목동, 분당, 일산 등 대규모 신도시의 공동주택에 난방열 위주의 방식으로 이루어진 것에 비해, 최근 상업, 업무용 빌딩 등 냉난방 수요처가 밀집된 구역을 대상으로 냉난방 및 전기를 일괄 공급하는 방식의 필요성이 대두되고 있는데, 이를 특히 CES(Community Energy System, 구역형 집단에너지)라 부른다.

CES 사업은 지역 냉·난방사업의 일종으로서 빌딩의 난방열 공급이 중요한 사항이며, 열원으로는 열병합 발전기, 보조열원 외에 냉방공급을 위한 냉동설비 등으로 구성된다. CES 사업은 난방과 난방열이 요구되는 비교적 소규모의 열 밀도가 높은 빌딩밀집구역이 주 대상이므로 설비용량을 향상, 배관투자비 감소 등으로 사업경제성은 높을 것으로 예상되지만, 신규택지지구에 추진 시 고가의 열원부지확보 문제 등 추진 상 문제점이 존재한다. 정부에서는 집단에너지 공급 기본계획(산업자원부 공고 2003년 12월 31일)에 기본 추진방향을 수립하였고 CES 사업 활성화를 위한 방안을 강구 중에 있다.

전용 보일러 등)을 건설, 경제적으로 생산된 열을 이용하여 지역 전체를 동시에 난방열 및 급탕 열로 일괄 공급하는 에너지 관리 방식이다. 19세기 초반 북유럽을 중심으로 발달한 지역난방 시스템이 국내에 도입된 것은, 2차레에 걸친 유훈과동으로부터 에너지의 효율적 이용과 에너지원의 다각화라는 국가적 명제가 부각되었기 때문이다. 집단에너지 시설에서 통합적 최적시스템으로 난방열을 생산하므로 에너지 이용효율이 매우 높고, 또한 최근에는 환경에 대한 인식이 고조되면서 그 활용비율이 점차 증가하고 있는 추세이다. 특히 기후변화협약의 발효 등 각종 국제환경규제에 대비, 에너지 절약 환경 개선 효과가 큰 지역난방사업의 확대 보급을 위하여 정부에서는 지역난방 공급 율을 높일 계획이다. 1985년 목동에 최초로 지역난방사업이 시작된 이래 현재에는(2002년 5월 통계) 한국지역난방공사, 서울시, 부산시, LG과워(주), 안산도시개발, 한국CES(주), 인천공항에너지(주), (주)포스코 등 8개 사업자가 21개 지역에서 열공급 중에 있으며 1,460,000 세대에 9,207 Gcal/h의 열과 1,367 MW의 전기 공급규모로 성장하였다.

① 지역난방용 열병합 발전

지역난방은 한 개의 도시 또는 일정지역 내에 있는 주택 및 건물에 개별적으로 난방 설비를 갖추는 대신 집중된 대규모 열원시설(열병합 발전소, 열

② 지역냉방용 열병합 발전

지역냉방은 다수의 건물 사용자가 기존의 대용량 고압 전기를 사용하여 개별 전기식 냉동기를 가동하는 냉방 방식대신에 집단에너지 공급시설

<표 5> 산업체 자가 열병합 발전업체 현황(2004년 현재)

형식	수전전력(MWh)	계약전력(kWh)	자기발전(MWh)	판매전력(MWh)	용량(kW)	대수	
증기터빈	추기배압	2,311,900	667,000	1,129,075	7,951	265,460	22
	추기복수	1,454,138	1,234,292	16,228,074	547,508	1,373,594	38
	배압	3,687,720	612,660	944,075	80,870	179,505	22
	복수	598,271	160,000	41,604		346,720	9
가스터빈	1,502,050	463,000	915,905	21,517	179,840	10	
디젤엔진	20,972	42,000	74,305	3	21,840	5	
합계	9,575,051	3,178,952	19,333,038	657,849	2,366,959	106	



(열병합 발전소 등)에서 생산·공급되는 온수를 이용하여 흡수식 냉동기를 가동하는 새로운 에너지 절약형 냉방 방식이다. 한국지역난방공사 사업 지구에는 2001년 말 기준 고양, 분당 등 7개 지역의 총 162개 건물에 지역냉방열이 공급되어 총 60,561 USRT의 흡수식 냉동기가 가동되었으며, 한국지역난방공사를 제외한 사업자의 사업 지구에는 2001년말 기준하여 서울시, 부산시, 한국 CES, LG과워 등 7개 사업자가 8개 지역의 총 116개 건물에 지역냉방열을 공급하여 총 50,812 USRT의 흡수식냉동기가 가동되었다.

③ 산업단지 집단에너지용 열병합 발전

국내 산업단지 집단에너지사업은 70년대 제정된 석유화학공업육성법에 의해 유틸리티지원사업으로 현재의 한주(주)가 1972년에 울산미포(석유화학)산업단지내의 입주업체에 필요한 증기, 전력, 온수를 일괄 공급한 것이 최초이다. 2002년 5월말 기준 산업단지부문은 19개 사업자가 20개 사업장에서 집단에너지를 공급하고 있다. 전체 열공급 규모는 열 7,615 Gcal/h, 전기 2,088 MW 이다. 현재에도 지속적으로 신규 사업이 추진 중에 있다.

5. 결론

본 기고에서는 열병합발전의 기술 특성과 해외

및 국내의 보급 현황과 전망을 서술하였다. 열병합 발전은 한정된 에너지 자원의 효과적 이용이라는 측면에서 적극적으로 이용되어야 할 기술이다. 그러나, 전기와 열의 수요가 장소적으로 그리고 시간적으로 동기화되지 않는 근본적 문제점과 이용자가 상대적으로 높은 투자비를 부담하여야 하는 점 등이 보급의 장애가 되어 왔기 때문에 현재의 보급 결과는 그리 만족적이지는 못하다. 특히 생활 패턴이 비교적 비슷한 일본이나 유럽에 비하여 보급률이 상대적으로 상당히 낮다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 정책적, 기술적인 면에서 두루 보급 여건을 성숙시키는 노력이 필요하다. 정책적으로는 더욱 적극적인 장려 정책(예를 들어, 보조금 지급 확대)과 적극적인 집단에너지 사업 및 분산형 발전 시스템 추진 등이 필요할 것이다. 기술적으로는 소형 원동기들의 효율 향상과 열 회수 및 이용 기기들의 효율 증대 및 에너지 저장, 수송 기술의 향상 등이 필요하다. 이외에도 정확한 에너지 수요 및 공급 예측 기술에 바탕을 둔 최적 시스템 설계 및 운전 기술 개발 등이 필요하다. 더욱이 많은 열병합 설비들이 중소형 이기는 하지만 엄연히 독립적인 설비(플랜트) 이므로 플랜트 엔지니어링 분야 업체와 종사자들이 열병합 발전 분야에 대한 관심을 갖고 관련 기술을 개발하고 국산화하려는 노력을 기울이는 것이 절실히 요구된다. (KIPEC)