

한국의 열병합발전 및 지역냉난방 시스템의 현황과 추세

조 명 제

한국동력자원연구소 에너지기기연구부장



●1931年生
●熱原動機를 專攻하였
으며, 熱펌프等 廢熱回
收活用 技術開發에 從事
하여 왔고, 우리나라 技
術發達史에 關心을 가지
고 있다.

1. 머리말

역사적으로 돌이켜 보면 전기와 열을 동시에 발생하여 전기를 동력에 쓰고 열을 필요한 곳에 보내 난방에 쓰였던 것이 1874년으로 거슬러 올라간다. 당시 원동기는 스팀엔진으로 응축기가 없고 직류 발전기를 구동하였기 때문에 공장 부근에 대기방출하는 스팀을 배관망을 통하여 이웃 공장이나 주택에 난방으로 사용하게 되었다. 그 후 1884년 DeLaval, Parsons 스팀 터빈이 발명된 이후부터는 유럽, 미국 지방에서는 지역난방을 적극 이용하게 되었다. 발전과 공정열 또는 냉난방을 동시에 해결하는 열병합 발전 및 지역냉난방은 통칭 미국에서는 Cogeneration으로 칭하나 유럽에서는 Combined Heat & Power, District heating & Cooling 이라고 부른다. 또 특수목적인 공업단지에는 에너지 콤비나트(소련에서 유래)라고도 호칭된다. 동구 각 국가와 독일은 그 보급이 일찍부터 활발하였고 1차대전 이후부터 구미 각 국가간에 열병합 발전 지역난방이 급신장하여 공업단지에도 Combined Heat & Power 형식으로 에너지의 유효 이용의 기운이 높아졌다. 가정용 에어컨의 보급은 미국 동부지역에 일찍이 지역 냉방시스템의 기반이 되었다. 도시 쓰레기 소각은 주로 유럽에서 100년에 가까운 역사를 가졌고 차츰 여열을 이용하는 발전 및 난방 열에 이용되어 대표적인 것으로 프랑스의

CPU, E.D.F에서 그 예를 볼 수 있다. 일본도 일찍이 1차 대전을 전후한 공업단지에 열병합 발전 플랜트를 도입하였고, 1970년 오오사카 EXPO를 기점으로 지역냉난방 플랜트가 급속히 보급되어 왔다.

우리나라의 경우는 울산석유화학 공업단지에 에너지 콤비나트의 건설이 1970년에 등장되었으며, 지역 난방으로서는 1987년 7월에 가동이 시작된 목동 신시가지의 열병합발전 플랜트가 처음이다. 1970년대 석유위기를 맞아 산업계에서는 유류가 앙등으로 수출에 큰 영향을 받았으며, 에너지 다소비 산업체에서는 열병합발전 플랜트에 관심을 갖게 되고 지역난방 시스템에 대한 실시는 이보다 뒤늦게 이루어져 전술한 서울 목동지역에 적용되었다. 이보다 앞서 쌍용양회 한국종합화학(충주비료)이 산업체로서는 1960년과 1969년에 처음으로 4,000kW, 10,000kW급 열병합발전 시스템을 도입하였고, 그후 노후에 의하여 폐기되었다. 한편 열병합 발전 지역난방 시스템은 1976년 인구 100만의 행정수도 도시계획에 그 개념을 도입 기본설계를 실시한 것을 비롯하여 한국동력자원연구소, 한국과학기술원등 연구기관과 외국전문기술 용역단에 의하여 여러 차례 본 사업의 타당성을 보고하였다. 또 몇년 전부터 기존 발전소를 개조하여 서울화력, 울산시, 여천시 그리고 포항시등의 지역난방과 에너지콤비나트시스템을 반월, 이리공업단지에 추진중에 있다. 일반적으로 우리나라는 지역난방 채택의 존립조건이 매

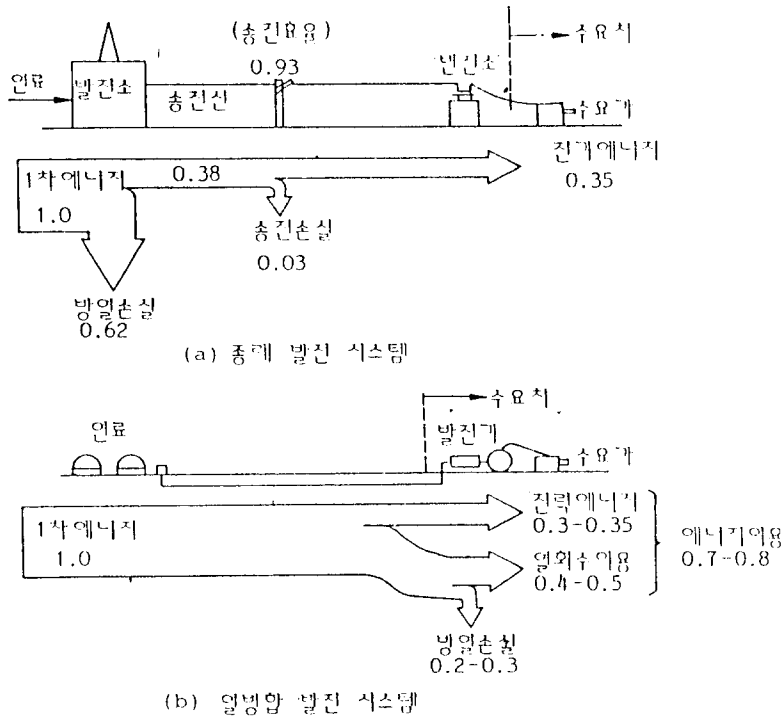


그림 1 중대화력발전시스템과 열병합발전시스템 비교

우 우수하며 여러 전문기관에 의하여 사업의 타당성이 보고되었는데도 불구하고 그동안 정부와 정책결정자가 조기 시행에 소홀하였으나 최근에 정부 당국에서 분당지구등 구체적인 cogeneration 건설계획을 수립하는 정책전환을 하고 있다. 최근 페르시아만 사태발생과 더불어 에너지 절약기술의 중요성으로 볼 때 환경오염문제의 심각성과 맞물려 cogeneration 기술의 적극적인 활용의 필요성은 재론의 여지가 없다는 것을 강조한다(그림 1).

1.1 Cogeneration의 특성

(1) 양면성이 있다.

	공익성	환경보전	경제성	에너지 유효이용
D.H.C	○	○	△	○
C.H.P	×	○	○	○

(2) 존립요건의 구비

- 가상조건
- 열수요 밀도
- 주택구조
- 국민의 생활수준
- 공업기반 조성 정도
- 열원의 확보상태
- 국가정책 지원
- 기술개발의 수준

(3) 기대효과

- 에너지 절약(열원 설비효율 향상)
- 설비집중화로 시설용량 감소, 운영비 절감
- 저렴한 연료 선택의 다원화
- 고해감소 및 재해방지
- 주거환경의 개선(도시미관 등)

1.2 세계의 Cogeneration기술의 연혁

- 1874년 서독 Humburg시에 세계 최초의 지역난방 개시
- 1877년 미국 New York에서 지역난방 개시
- 1920년대(세계 1차대전 이후)유럽 각국의 지

역난방 급신장

- 1925년 Paris의 쓰레기 소각 열병합 지역난방 실시(C.P.C.U, E.D.F, T.I.R.U)
- 1950년 미국 에너지 수요의 15%가 cogeneration에 의하여 공급되었음.
- 1950년대와 1960년대 세계 2차대전 후 재난 복구, 경제성장에 따른 cogeneration 본격적인 보급(유럽국가)
- 1960년 충주비료공장 열병합발전 플랜트 가동(한국최초)
- 1962년 미국 Hartford시에서 지역난방 개시(세계최초)
- 1970년 센리 뉴타운(일본 최초의 지역난방)
- 1970년 일본 세계박람회장(90m²)에 지역난방 시스템 가동
- 1970년대 “석유위기”를 맞아 열병합발전 시스템이 세계적으로 보급 확산
- 1970년 울산 석유화학단지 열병합발전소 가동
- 1970년대 복합 사이클에 의한 cogeneration 보급
- 1971년 일본 삿포로시 열병합 지역난방방 실시(일본에서 최초의 쓰레기 소각 발전)
- 1984년 일본 히카리가 오카 열병합 지역난방 단기 가동(93%절약, 쓰레기 소각열, 지중송전선 냉각열, 열펌프 사용)
- 1987년 7월 목동신시가지, 230Gcal/H, 20MW 지역난방 가동(한국최초)
- 1987년 12월 남서울 지역난방 가동(390Gcal/h, 250MW)
- 1980년대 cogeneration 성능향상 기술 실용화(공해 배출물 감소, 출력 증가)
- 1980년대 분산형 cogeneration 보급

2. 현 황

우리나라는 주지하는 바와 같이 열병합발전, 지역난방의 존립여건과 구비조건이 매우 좋다고 말할 수 있다. 앞 장에서 논술한 바와 같이 cogeneration은 보급단계에 진입되어 있으며

●플랜트 보급 현황(개소)

산업체	공업단지	주거단지
51	11	2

그동안의 시행착오, 문제점을 보완하여 개량하고 시스템 구성의 최적화와 구성장치의 기술개발 등 연구할 과제가 많이 남아 있다고 본다.

이를테면 1차 에너지를 모든 과정을 동원하여 주위의 자연에너지까지 포함시켜 다단적으로 이용하고 환경보존에 관심을 기울여야 한다고 생각한다. 80년대 cogeneration플랜트 총수는 64개이며, 총 시설용량은 1,169MW로서 한국전력 발전설비 대비 약 5.5%에 해당한다(그림 2). 사용연료는 석유가 56%로서 주종을 이루고 유연탄, 부생가스, 폐자원(폐목 등)순이다. 또 연도별 가동시설 용량변동을 보면 70년대 후반과 80년대 후반에 2개의 최대값을 나타내고 있다. 이러한 현상은 70년대 석유위기를 맞아 에너지 유효이용의 관심이 점차 제고되었고, 80년대에 와서는 국제사회 경쟁과 개발체제하에 경제성장을 하겠다고 하는 기업의 합리적 경영방식이 어느 시기보다 필요하였고, 환경보존과 아울러 국민민복을 위한 의지가 담

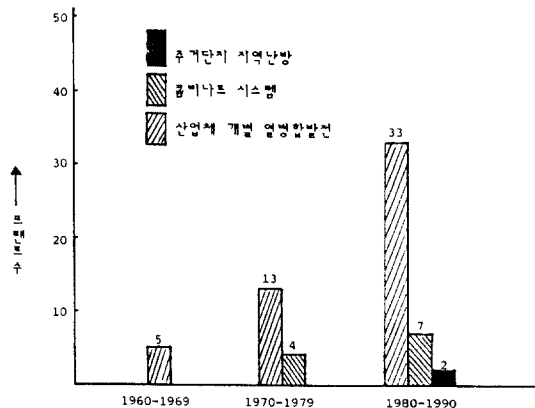


그림 2 Cogeneration의 종류별 플랜트수

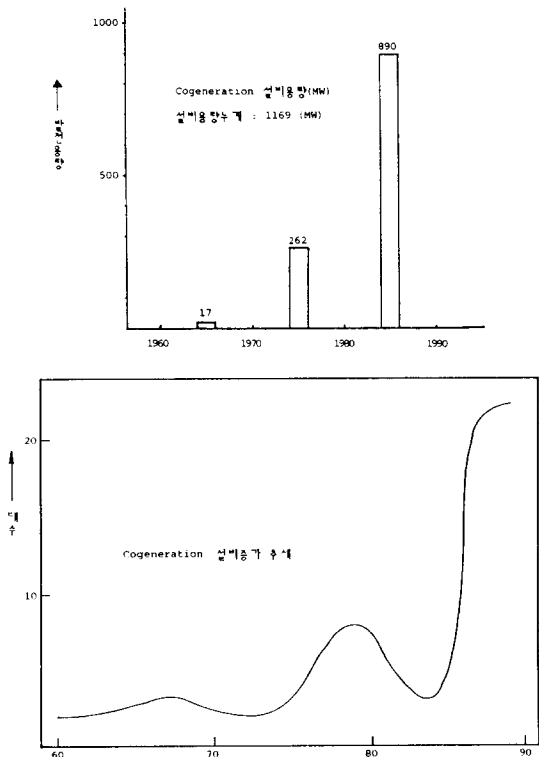


그림 3 Cogeneration 설비증가 추세

● 사용 연료별 현황(%)

유류	유연탄	부생가스	폐기물
56	24	12	8

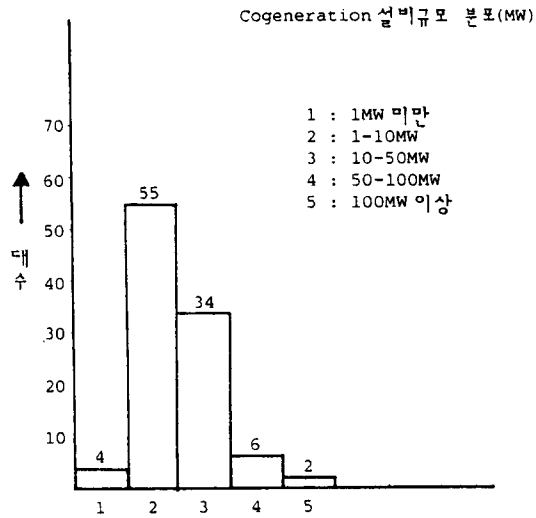


그림 4 Cogeneration 설비규모 분포

거지고 있는 것으로 판단된다(그림 3). 어쨌던 통계에 의하면 1980년대 열병합발전 용량은 1970년대에 비교하면 무려 3.4배의 성장을 하였다.

Cogeneration 구성을 살펴보면 압도적으로 보일러-스팀터빈-발전기 형식이 대종을 이루고 내연 기관에 의한 방식은 80년대 들어 단위건물의 전력과 냉난방 및 급탕을 공급하는 곳이 "롯데"를 비롯하여 몇개 가동되었다. 우리나라에는 아직 가스터빈 또는 복합 사이클방식 채택은 극히 미미한 상태였으며 인천 일도에 LNG 가스터빈 복합발전 플랜트 건설이 계획중이다. 특기할 것은 "동양화학"에 FBC보일러에 의한 12.5MW급 열병합발전소가 가동중이며 몇개 산업체에서도 건설중이다. 이는 대기

오염 방지측면에서 유리하므로 국내에 관심을 모으고 있다.

한편, 설비규모를 보면 1~10MW급이 54%를 점유하여 절반 이상이고, 다음이 10~50MW급이고, 1MW미만급은 4대에 불과하다(그림4). 우리나라 지역난방은 1987년 목동 신시가지를 처음으로, 곧 뒤이어 남서울 지역난방단지가 가동되었다.

외국과 비교하면 일본의 경우 1979년에 이미 지역난방 플랜트 수는 161개소에 달하고 있으며, 유럽 각국과 비교하면 너무나 엄청나게 우리나라는 그 보급이 미미한 상태이다. 유럽 국가의 경우 1970년 중반, 통계에 의하면 인구 백만당 100~2,000MW의 지역난방 설비를 보유하고 있다. 다행히 현재 새로운 열병합 지역난

방 사업이 대대적으로 계획 추진되고 있는데, 국내 열병합 발전의 보급현황을 산업체자가용, 건물자가용, 집단에너지 부분으로 분류하면 아래와 같다.

○ 산업체자가용

89년말 42개 업체가 가동중이며 발전용량은 660MW이다. 이는 포항, 광양제철소의 500MW를 제외한 수치이며 신·증설업체가 10개소로서 추진중에 있다.

○ 건물자가용

주로 폐열회수식 디젤발전이며 현재 6개소가 가동중이며 발전용량은 49MW이다.

○ 집단에너지 공급형

· 공업단지

'70년대에 2개의 석유화학공업단지에 열병합 발전이 도입된 이래 그후 증설되어 현재 3개 공단에서 가동중이며 7개 공단이 건설중이고 1개 공단이 검토중이다.

· 지역난방

'80년대에 지역난방의 필요성이 대두되면서 '84년에 목동, '86년에 남서울 지역난방이 도입된 이래 근간에 속속 건설계획이 수립되고 있다.

검토중인 일산지구, 평촌, 산본, 과천지구, 분당지구 및 둔산지구는 인구 총 130만, 열생산시설 2,545Gcal/H를 계획하고 있는데 특기할 것은 열공급면에서 냉방까지 포함시키고 있는 점이다. 열공급시기는 지구에 따라 다르지만 늦어도 '93년까지는 개시될 것으로 예상된다.

3. 우리나라 Cogeneration의 장래전망과 향후대책

우리는 에너지 공급이 최종적으로 핵융합 또는 태양에너지 기술에 의존 해결될 것으로 믿고 있으나 적어도 향후 30년은 세월이 걸릴리라고 전문가가 추측하고 있다. 정부는 그동안 탈석유정책의 일환으로 수입 석유의존도를 50%로 목표하고 있다. 21세기에 들기 전에 석유위기가 다시 오지 않으리라고 누가 단정할

수 있을지, 식자간에 예측이 심상치 않다고 생각한다. 신재생에너지의 개발과 아울러 이의 이용기술의 실험단계가 필요하며 아마도 많은 신재생에너지의 이용은 21세기에 가서야 이루어지지 않을지, 선진국들은 에너지 장기계획에서 전망하고 있다. 따라서 금후 중단기적으로 그동안에 에너지 절약기술 실적을 토대로 보다 발전된 기술의 확립과 보급이 급선무가 아닌가 느껴진다. 대체에너지 실용화때까지는 화석연료에 의존할 수 밖에 없으므로 당분간 에너지 total system으로서 cogeneration기술을 민수용, 산업용 공히 확대 보급해 나가는 길만이 최선책이라고 본다. 에너지를 사용하는 과정에서 온도가 높은 고위의 에너지를 기점으로 하여 저온의 저위 에너지로 홀리가 마지막에 가서는 모두가 저질의 열의 형태가 되어 우주속에 엔트로피의 증대로 축적되어진다.

열에너지를 기계적 에너지로 바꾸는 열기관의 열효율은 이미 기술개발의 성과로 한계에 도달하였다. 효율이 가장 좋은 박용디젤의 경우 $\eta = (1 - T_2 / T_1) \times 100 (\%)$ 에서 화석연료의 연소에서 최고온도 2,000°C 전후로 보아도 87%이며 이는 열기관의 상한이다. 이는 현존 열기관의 열효율은 이의 절반도 안되며 아직 개량의 여지가 많다는 것을 뜻한다. 하지만 보일러, 증기터빈, 내연기관등 열기관 단독기관으로서 어느 것이건 열효율은 비약적으로 향상은 가능성이 적으며 이미 완성된 기술이라고 보아도 과언이 아니다.

끝으로 cogeneration의 장래추세와 추진 방향을 요약하면 아래와 같다.

(1) 고효율 가스터빈의 개발과 열효율을 개량하는 수단으로서 기존 열기관을 각기 특징을 살려 복합시키며 배열을 직접 이용하므로써 시스템 전체의 종합효율을 향상시키는 방법이 현 단계에서는 최선이 아닌가 생각된다.

(2) 내연기관, 외연기관에 의한 발전과 그 배열 및 도시폐기물 소각열에 의한 냉난방, 급탕 시스템 그리고 쓰레기의 수송, 처리시스템, 하

수재생처리 이용시스템을 조합하는 지역단지 운영은 매우 유용하며 에너지의 효과적 이용 및 환경보존에 부합되는 방안을 수립하여 정부(동력자원부, 환경처)가 중점시책에 반영하기를 바란다.

(3) 아울러 cogeneration은 발전과 증기발생을 기본으로 한 모든 폐열(소각열, 지중전력 냉각열, 변압기 냉각열), 자연열(하천수 등)을 종합적으로 이용 극대화하는 모듈 집약 유틸리티 시스템(modular integrated utility system)을 국가 차원에서 계획 추진하기를 바란다.

(4) 끝으로 에너지 효율과 환경오염 차원에서 가장 유리한 연료전지에 의한 cogeneration 시스템은 선진국가 간에서 실용보급이 머지 않아 실현될 것이므로 우리도 이 방면에 관심을 갖고 준비를 해야된다고 생각한다.

4. Cogeneration의 추진방향

- (1) 정부(동력자원부, 환경처)와 전력공사의 확고한 정책수립
- (2) 지역난방 시스템의 광역권화를 위한 장기 계획 수립
- (3) 분산형 cogeneration적극 보급
- (4) 모듈 집약 유틸리티 시스템제도 계획
- (5) cogeneration 관리 연구개발
 - 시스템의 최적화
 - 구성기기의 선정 최적화
 - 구성기기의 성능 개발 연구
 - 복합발전기술, 연료전지를 이용한 cogeneration시스템 연구
 - 열펌프, 축열기술등 주변관련기술의 적극적인 활용



뜻모아 에너지 절약 손모아 에너지 저축