

열병합발전

최신기술

경제성

(1)



The Up-to-date Technology and Economical Efficiency of Co-Generation

한 혁

서울지역난방공사 기술이사

1. 서 론

1-1 열병합 지역난방 개념 및 도입배경

1-1-1 열병합 지역난방 개념

지역난방(District Heating)이란 도시 혹은 어느 지역내의 건물, 즉 난방을 실시하고 있는 열 수용가의 개별적인 열원에 의한 소규모 난방 실시를 지양하고 이들 열 수용가의 열 부하를 집합하여 일개소 혹은 수개소 중앙 집중화된 대규모 열원 플랜트를 설치하여 여기에서 생산된 열매(증기 혹은 온수)를 수송관을 통해 각 수용가에게 공급하여 효율적인 에너지 사용을 도모하는 난방방식을 말한다.

이러한 지역난방을 위한 열매생산 방식에는

열전용 플랜트 방식

열병합 발전방식

소각로에 의한 방식

산업폐열에 의한 방식

열 펌프에 의한 방식

이 있으며 이중 열병합 발전방식의 열매생산 제통을 열병합 지역난방이라 한다. 특히 1970년대의 유류파동 이후 비산유국들에 의한 탈 석유정책과 에너지 다변화정책은 대체 에너지의 개발을 촉진시켰으며 에너지의 효율적인 이용방안

또한 심각한 과제로 대두되었다.

이러한 세계적인 에너지 추세에 따라 열병합 발전방식(Combined Heat and Power System)은 종합 에너지 시스템(Total Energy System)의 하나로 부각되었고 이러한 방식에 의한 지역난방사업은 종래에 열원으로 의존하여 왔던 석유에서, 석탄 천연가스(LNG), 태양열, 지열 및 폐기물에 이르기까지 다양하게 개발되고 있으며 최근에는 원자력 에너지를 이용한 지역난방도 추진되고 있다.

1-1-2 열병합 발전 플랜트의 도입배경

전세계적으로 에너지 자원의 한계성을 체험함에 따라 에너지에 대한 관심도가 크게 증가되고 있기 때문에 대체 에너지 자원의 개발에 더욱 박차를 가하고 있으며 한편으로는 에너지를 합리적으로 이용하기 위한 방안의 연구에 심혈을 기울이고 있다. 특히 우리나라는 지난 1960년대 이후 급격한 경제성장으로 경제 규모의 확대, 산업구조의 고도화 및 소득수준의 향상에 따라 세계 에너지 평균 수요신장률이 연평균 5%정도인데 반하여 1967년 이래 연평균 10% 수준을 상회하는 증가율을 보여 왔다. 더우기 에너지 사용량이 국민총생산(GNP)에 비례하여 증가한

다는 점을 감안하면 우리나라와 같이 공업화 정책, 특히 중화학공업의 육성에 중점을 두어 고도의 경제성장률을 목표로 하는 경우 에너지 사용량은 증가될 것임이 분명하다.

우리나라의 에너지 소비량은 '73년 유류과동후 약간 둔화되었으나 이후 점차 증가추세를 보이고 있다.

또한 그림 1. 1에서와 같이 에너지의 상당부분을 산업 및 가정용에 사용하고 있어서 이러한 부문에서의 사용에 대한 전환 효율을 증가시키는 문제는 상당히 중요한 문제라 아니할 수 없다. 뿐만 아니라 에너지 수요의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라로서는 고도 성장을 지속하기 위하여 에너지 소비의 다변화와 대체 에너지의 개발이 필요하다.

대체 에너지란 석유대신 사용할 수 있는 에너지로, 석탄, 가스, 원자력, 태양열, 풍력, 조력 등이 있다. 우리나라의 대체 에너지 대종은 석탄이며, 다음이 원자력으로 '81년 2,897GWH, '86년 28,311GWH를 발전하였다. 가스는 주로 취사용으로 사용되고 있으며, LNG를 '87년 1,664,000ton 도입예정이다.

태양 에너지 이용문제는 '74년 에너지 연구소

(구 원자력연구소)가 태양열 주택을 설치하면서 본격적으로 논의되었다.

'80년 10월 기준 1,293가구의 태양열 주택이 건설되었으나 건설비가 비싸게 단점이다.

풍력자원은 한국과학기술원이 덧섬에 2kW풍차를 세움으로써 시작되었다. 우리나라의 잠재 발전 용량은 770만~2,900만kW이지만 건설비용이 비싸게 단점이다.

그러나 이러한 대체 에너지의 개발과 이용은 기술적으로 어려움이 있을 뿐만 아니라 경제적 측면에서도 상당한 제약을 받게 되어 장기적으로 추진, 검토되어야 할 것이다.

따라서 에너지 절약 및 합리적 이용방안에 역점을 두게 되었다. 우리나라의 실정으로 보아 실현 가능성이 높은 에너지 절약 및 합리적 이용방안으로 다음과 같은 방법이 있다.

- 1) 종합 에너지 시스템의 적용
- 2) 폐자원 이용의 극대화
- 3) 에너지 절약형 산업구조로의 전환
- 4) 에너지 절약형 기기개발 및 도입

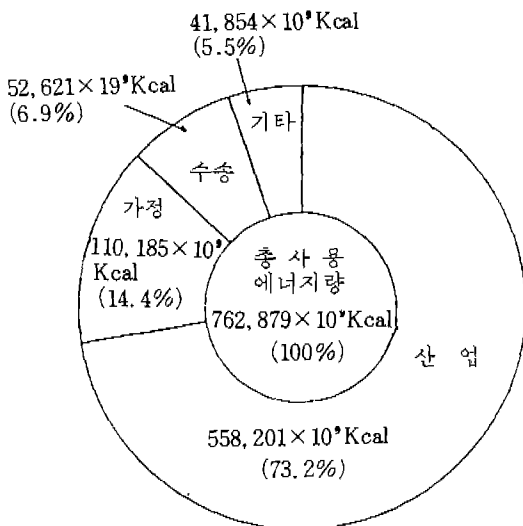
이들중 절약효과가 크고 실현 가능성이 높은 종합 에너지 시스템의 적용이 가장 큰 관심사가 됨은 당연하다 하겠다.

종합 에너지 시스템이란 모든 필요한 에너지는 단일원으로 부터 한 위치에서 공급되어지는 시스템이다. 따라서 열밀도가 높아 유리한 조건을 갖고 있는 대규모의 아파트 단지, 공단배후, 신도시에 지역난방방식을 도입하는 방안의 일환으로 열병합 발전방식이 채택되고 있는 이유이다.

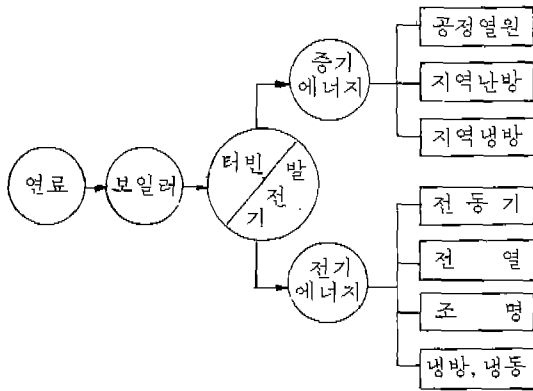
그림 1. 2는 종합 에너지 시스템을 간단히 도시한 것으로 유용 에너지를 최대한 이용코자 하는 방법이다.

1.2 열병합/지역난방 발전추이

지역난방은 19세기부터 중앙집중식 보일러에 의한 증기난방을 시작으로 몇 개씩의 큰 건물에 열을 공급하는 것으로 발전하여 20세기에는 기온이 낮은 북유럽측에서 대규모 지역난방을 보



〈그림 1. 1〉 부문별 사용 에너지



(그림 1·2) 종합 에너지 시스템

급게 되었으며 이때부터 도시근처의 소규모 발전소를 이용하여 열병합/지역난방이 도입되어 1940년대까지는 증가추세를 보였으나 그후 복수발전기의 대형화와 싼 에너지 값으로 열병합 발전에 대한 인식이 낮아지게 되었다. 그러나 석유 파동후 자원보호 측면 및 에너지 값의 상승으로 다시 관심을 쏟게 되는 분야이다.

표 1-1은 지역난방이 실시되고 있는 유럽 주요국가들의 열병합발전/지역난방 설비현황을 나타낸 것으로, 열 에너지의 연간 생산량 중 지역난방용, 산업용, 지역난방/산업용 및 지역난방 전용으로 분류하여 비교한 것이다.

2. 열병합 발전방안

2.1 열병합 발전방식

열병합 발전방식이란 종합 에너지 시스템에 의한 에너지의 효율적인 이용 방안으로서 단일 열원으로 부터 생산된 전력 에너지와 열 에너지를 단계적으로 사용하여 효율의 극대화를 얻고자 함이다.

다시 말하면 보일러를 통과한 고온 고압의 증기가 터빈/발전기에서 전력을 생산하고 이 터빈에서 일을 하고 나온 증기의 열 에너지를 추출하여 공장의 공정용으로 사용하거나 온수를 만

(표 1·1) 지역난방 주요설시국의 설비현황

국명	서독	프랑스	덴마크	핀란드	영국
전체설비수	470	301	241	104	1,701
열전용지역난방설비수	366	148	215	21	1,520
전체시설용량(MW) (전력+열)	197,000	16,900	14,100	15,000	8,500
열에너지연생산(Pcal)	38,160	44,160	19,390	31,440	5,930
지역난방 CHP(%)	28,800	4,320	4,340	6,240	4,930
산업용 CHP(%)	0	26,400	3,140	22,560	0
지역난방산업용 CHP(%)	0	0	2,210	1,920	50
지역난방전용(%)	9,360	13,400	9,700	720	940

※주: 1) 1975년 기준

2) Pcal = 10¹⁵ cal

들어서 인근 주택, 상가, 사무실 및 병원 등 일반 수용가에 공급하여 난방용으로 사용하는 것을 말하며, 후자의 경우 열병합발전/지역난방 방식(CHP/DH System)이라 한다.

열병합 발전방식은 재래식 발전방식, 즉 복수기를 이용한 발전방식의 효율(30~40%)을 80~87%까지 높일 수 있어 최고의 경제적 효과를 얻을 수 있으며 배압 터빈의 경우에는 설비가 간단하여 일반산업체로 부터 크게 각광을 받고 있다. 그러나 이러한 방식은 전력과 열 에너지를 동시에 공급할 수 있도록 적용대상지역의 소비 부하가 적절한 조화를 이룰수록 이상적이라 할 수 있다.

열병합 발전방식의 종류는 증기 터빈 발전, 가스 터빈 발전, 디젤 발전 및 원자력 발전으로 대별될 수 있으며 여기에서는 증기 터빈 발전에 의한 열병합 발전방식을 설명하고자 한다.

그림 2-1은 재래식 발전방식과 열병합 발전방식에 의한 전형적인 기본원리와 에너지 이

용도를 도식화한 것이다. 재래식 발전소는 에너지가 열원으로 부터 공급되면 보일러에서 10%, 터빈 발전기에서 3%, 복수기에서 49%의 손실이 발생하므로 전력 에너지를 생산하는 데 38%만 유효하게 이용되며 이 경우에 복수기를 통하여 유실되는 손실은 전체 공급열에 비하여 상당히 크다는 것을 알 수 있다.

열병합 발전의 경우 보일러와 터빈/발전기의 손실은 재래식 발전소와 같으나 전력생산에 28%를 이용하고 지역난방에 59%의 에너지를 이용할 수 있으므로 공급된 에너지의 87%를 유효하게 이용할 수 있음을 알 수 있다.

즉 열병합 발전소에는 재래식 발전의 복수기, 손실 49%가 유효열이 되는 것이다.

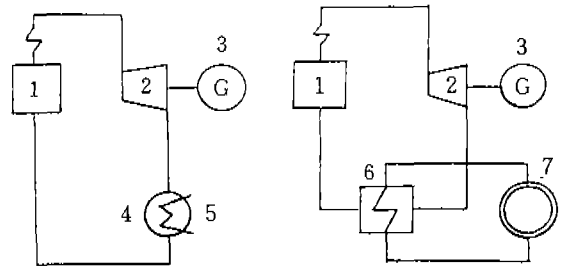
2.2 지역난방 열공급방식

지역난방 열공급방식에는 열전용 플랜트 방식과 다목적 플랜트방식으로 대별되며 다목적 플랜트방식에는 열병합 발전방식, 쓰레기소각 병용방식, 공업용 열원병용방식 등이 있다.

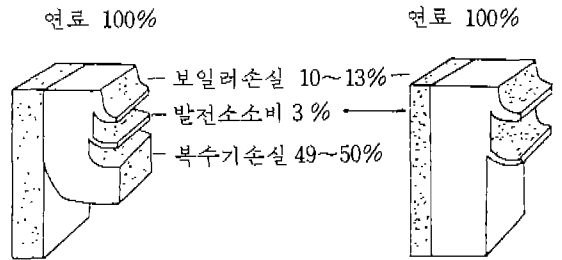
2.2.1 열전용 플랜트방식

지역난방에 필요한 열원을 열전용 플랜트, 즉 열생산 보일러를 사용하여 생산, 공급하는 방식이며 지역난방방식의 가장 대표적인 방법이다.

난방, 급탕용으로 설치되는 보일러는 생성되는 열 매개체에 따라 증기 또는 온수 보일러로



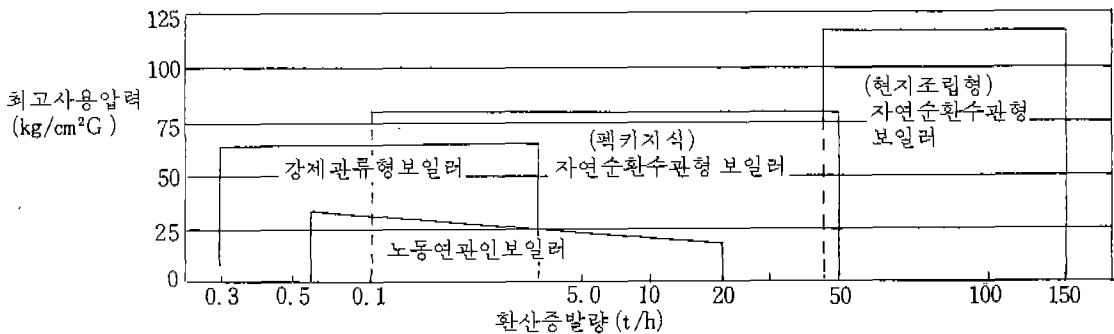
- 1 보일러
- 2 터빈
- 3 발전기
- 4 복수기
- 5 복수기 손실
- 6 지역난방용 열교환기
- 7 지역난방 지역



동력생산 33~38%

동력생산 25~28%
지역난방의 열이용 55~59%

〈그림 2·1〉 재래식 발전소와 열병합 발전소의 기본원리 비교



〈그림 2·2〉 보일러형식의 적용범위

구분된다.

(1) 증기 보일러

증기 보일러는 난방에 사용된 이후의 응축수를 환수하게 되며 급수, 응축수 펌프, 수처리장치, 화학약품 주입장치, 연소장치 및 배관 등으로 구성된다. 보일러 형식으로는 노통연관식, 자연순환 수관식, 강제관류형 보일러가 있으며 이러한 각 형식의 적용범위를 그림 2·2에 표시하였다.

증기는 사용방법으로는 발생된 증기를 열 매개체로서 지역난방에 사용하는 방법과 발생된 증기를 온수와 열교환하여 사용하는 방법이 있다.

증기 보일러에는 증발현상에 따른 관수의 농축이 있으므로 관수 및 급수의 처리설비를 고급화할 필요가 있고 부식방지를 위하여 탈기 장치를 필요로 하며 안전운전을 위하여 예비급수펌프 등을 설치하여야 한다.

(2) 온수 보일러

보일러 형식으로는 노통연관식, 자연순환 수관식 및 강제관류형 보일러가 대표적인 형식이다.

온수 보일러의 각 형식을 비교하면 표 2·1과 같다.

통상 노통연관식 보일러 출력은 10 Gcal/hr, 압력 16kg/cm², 온도 160℃ 정도가 한계이고 이 이상의 압력, 온도에 대해서는 관류형이 유리하다.

자연순환 수관형 고온수 보일러는 관내 유동의 안정성 및 수격(Water Hammer) 등의 문제가 있다.

부속설비로는 온수순환 펌프 및 가압장치 등이 있으며 제어는 증기 보일러와는 달리 보일러 순환온수량을 일정하게 하고 출구온도를 검출하여 연소장치에 의해 조절한다.

부하변동시의 순환량을 일정하게 하기 위하여 회수해더(Return Header) 사이에 차압조절 밸브를 설치하는 경우가 있다.

〈표 2·1〉 온수 보일러의 각 형식비교

형식	구조	장점	단점
노통연관식	증기가 생성되어 차지할 수 있는 공간없이 온수만 가득차게됨	가격이 싸다 펌프동력비가 적게 든다.	지압 소용량에 한한다.
자연순환 수관식	물의 비중차에 의하여 자연순환	대용량에 적합. 펌프동력비가 적게 든다.	물의 비중차에 의하여 순환되기 때문에 보일러높이가 커진다.
관류형	소용량에서는코일형 관류관을 병렬로 배열하여 원통형 연소실을 형성한다. 대용량에서는관류관 중간에 혼합해더를 설치하여 과열을 방지한다.	교압의 적합, 물의 흐름이 명확하다.	병열의 유량분배가 중요하며 유체흐름의 저항이 커서 순환펌프의 동력이 크다.

(3) 열전용 플랜트방식과 타방식과의 비교

지역난방을 위한 열전용 플랜트방식은 일반적으로 단지별 열공급방식에 비하여 열원 플랜트 자체가 대형화되기 때문에 건설비 감소 및 운영효율 증가 등 많은 이점을 갖고 있다. 열원 플랜트의 집중화로 동시 부하율의 저하 및 효율의 향상에 따라 연료소비가 감소되어 열매단가가 낮아진다. 한편, 열전용 플랜트 방식에서는 넓은 지역에 대하여 열을 공급키 위하여 열공급관의 설치가 필요하게 되어 시설시설비가 증가하게 된다. 따라서 열전용 보일러 플랜트의 최적 위치선정과 용량은 배관설계와 관련, 결정하여야 한다.

열전용 플랜트방식과 열병합 플랜트방식의 비교에 있어, 예를 들어 증기터빈에 의한 열병합은 열전용 플랜트보다 열역학적으로 경제적인다는 것은 명백하다.