

상을 도모하기 위하여 년1회 회원사를 대상으로 시범 실시한다.

3) 국내외 기술정보 수집보급

국내외의 열병합발전 관련정보를 수집하여 문헌정보화하며 이의 보급을 위한 체제를 구축하고 활용도를 증대시킨다.

4) 해외자료조사 및 시찰단 파견

선진국의 동종기술을 접할수 있도록 협회에서 외국의 연수대상업체를 조사.협조하여 해외 자료조사 및 시찰단을 파견할 예정이며 이때에 현지교통 및 안내를 협회에서 제공하게 될 것이다. 현재 대상지역은 기체연료, 액체연료, 고체연료를 사용하는 현장과 열병합발전 관련기기의 설계.제작하는 회사를 시찰할 계획이며 상세한 자료조사 및 시찰계획은 안내문서로 통보할 예정이다.

5) 국제협력사업의 추진

우선 선진국(일본,미국,독일등)과의 기술정보교류 협력체제구축을 추진할것이며 중국등한국의 기술을 필요로하는 국가와도 협력을 추진하여 국내기술의 해외진출기회도 확대해 나갈 계획이다.

6) 순회 간담회 개최

회원사의 요구사항 청취를 위하여 회원사를 방문하는 순회간담회를 계획하여 실시한다.

7) 협회지 "협회소식" 발간

협회지는 계간지로 계속발간하며 내실화를 기하기 위하여 회원사의 국내외 전문가의 집필요청내용을 보다 확대 수렴 반영한다.

8) 회원가입독려

협회 회원사가 보다 많은 정보에 접할수 있고 도움이 되도록 노력하므로써 필요에 따라 회원으로 가입할수 있도록 활동을 활성화하고 아울러 홍보도 강화한다.

9) 열병합발전 도입가능성 조사연구

기존 에너지 다소비업체를 대상으로 전문기관 및 업체와 합동으로 열병합발전 도입가능성에 대한 간이평가를 실시하여 도입을 촉진한다.

10) 자문위원 운용

업무의 효율성을 증대시키기 위하여 특수전문분야에 대해서 자문위원을 위촉하여 자문을 구하는 제도를 운용한다.

열병합발전이 에너지절약 및 환경에 미치는 영향



하 백 현
한양대학교 교수

열병합발전이란 의미는 연료를 사용해서 전기만 생산하는 것이 아니라 열도 사용할수 있도록 하는 즉 열과 전기를 한 시설에서 동시에 생산해서 사용한다는 뜻이다. 재래식 화력발전소는 전기를 생산하는 과정에서 많은 폐열을 발생한다. 그러나 이열은 폐열로 버리고 있다. 그러나 열병합발전은 연료를 사

용하여 보일러에서 열을 얻고 이 열로 고압의 증기를 발생 시켜서 증기터어빈을 돌려서 전기를 생산하고 압력이 떨어진 증기는 열로 이용하는 것이다. 증기터어빈 대신 가스나 오일을 사용하는 디젤엔진이나 휘발유엔진으로 발전을 행할 경우는 엔진의 폐열을 회수해서 사용하는 형식으로 열병합 발전을 행한

다. 에너지의 사용 측면에서 보면 전기만을 생산할 때 얻어지는 35-40%의 효율에 비해서 이러한 열병합발전방식은 80-85%의 효율을 낼수가 있다. 효율이 배이상으로 얻어지는 것이다. 이글에서는 이러한 열병합발전 설비의 특징과 설비별로 에너지 절약이 어떻게 얻어지며 또 이러한 설비의 도입이 환경개선에 얼마나 영향을 주는지 여러 가지 예를 들어가며 설명하기로 한다.

열병합발전의 원리

석유, 석탄 및 가스를 공기로 연소할 때 얻어지는 불꽃의 최고온도는 2000℃ 정도까지 올릴수가 있다. 그러나 보통 1800℃가 가능하다. 이 온도를 이용해서 보일러의 물을 끓이면 공장의 경우 증기의 온도는 220℃ 전후를 넘지 않는다. 그러나 불꽃의 온도와 증기의 온도차가 무려 1600℃나 된다. 이렇게 열을 주는 쪽과 열을 받은 쪽의 온도차가 크면 클수록 비가역성이 크다고 말한다. 에너지의 이용효율이 크려면 이러한 비가역성이 적어져야한다. 화력발전소의 경우는 증기의 온도가 높아서 얻어지는 최고 350℃ 정도까지나 된다. 이때는 매우 큰 압력을 나타내게 된다. 발전을 하기 위하여 고압의 증기를 사용하여 증기터빈을 돌리고 같은 축에 있는 발전기를 돌리고 나면 터빈을 나오는 증기는 압력이 떨어지고 온도가 낮아진다. 보통은 압력이 낮아진 증기는 찬물로 응축시켜(응축기, 복수기) 터빈의 효율을 올리게 된다. 이때 응축의 역할은 증기의 압력차를 크게 해주고 터빈의 효율을 최대로 올려주게 된다.

열병합발전은 터빈의 효율을 일부 희생 하면서 터빈의 중간에서 증기를 빼거나 터빈을 나온 저압의 증기를 가지고 온수를 생산하면 된다. 이때 얻어진 온수를 가지고 주택의 난방에 쓰거나 산업체에서는 공정의 온수로 쓸수가 있다.

이런 시설을 보통 산업체에서는 열병합발전 설비라고 말하고 도시열공급체계에서는 열병합발전식 지역난방이라고 한다. 물론 지역난방에 따라서는 발전은 하지않고 열만 생산하는 경우도 있다. 저압의 스팀을 많이 필요로 하는 산업체로 식품, 섬유, 제지 및 화학공업등에서 열병합발전 방식의 에너지 공급 시스템을 많이 도입하고 있다. 도시의 열병합발전에서

저압의 증기는 온수로 만들어 아파트 단지 등의 난방열로 사용하고 생산 한 전기는 가정용 전력으로 쓸수가 있다.

옛날 미국의 수력발전이 풍부한 나이아가라 폭포근처의 탄산소다 공장은 값이 싼 전기의 공급이 가능한데도 불구하고 자가 화력 발전을 했다고 한다. 그 이유는 어차피 저압의 증기는 필요한 것이기 때문에 열병합발전형으로 하면 전기는 공짜로 얻는 꼴이 되기 때문이다.

그렇다면 증기의 온도를 350℃ 이상으로 하고 입력을 차근차근 내리는 형식을 취한다면 효율은 훨씬 더 올릴수가 있으나 설비가 고압에 견딜

수가 없다. 따라서 이 정도가 한계라고 말할 수가 있다.

가스를 사용하는 경우 LPG나 LNG같은 것을 이용하게 되면 사정은 좀 달라진다. 가스터빈을 사용할 수가 있다. 가스를 고압의 상태에서 연소 시켜서 고온/고압의 연소가스를 얻고 연소가스로 터빈을

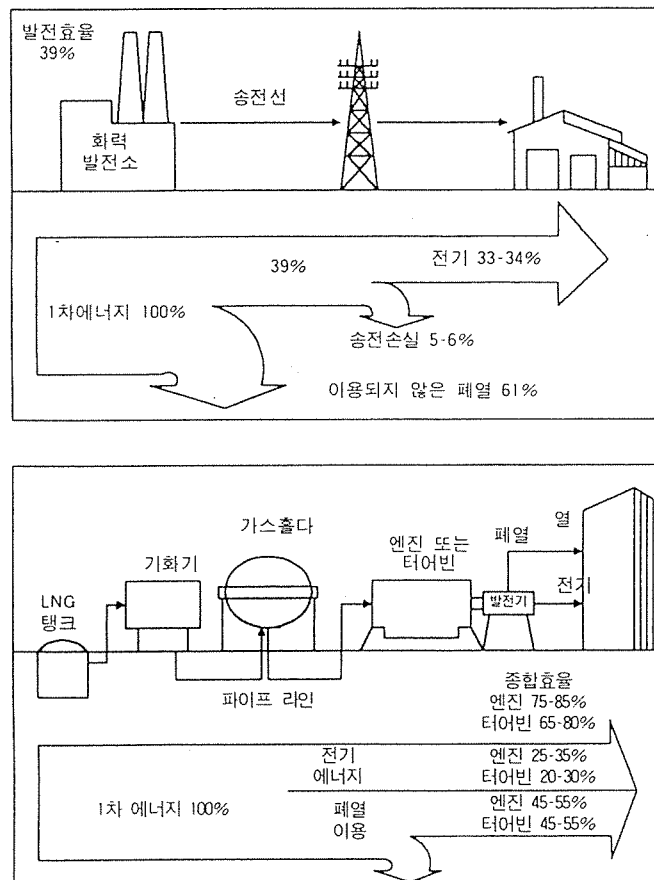


그림1 종래의 화력발전(상부)와 열병합발전(하부)의 에너지 이용효율의 비교

작동시키는 가스터어빈 발전방식을 실시하게 되면 증기터어빈을 돌릴때의 350℃의 이상인 고온에서 터어빈을 돌릴수가 있고 터어빈에서 나오는 폐가스로 보일러의 증기를 생산하여 증기터어빈을 돌리게 되면 두 개의 터어빈(가스+증기)을 사용할 수가 있어서 열 이용의 비가역성을 크게 줄일수가 있고 발전 효율도 크게 올라간다.

증기쪽에 있어서도 고압과 저압의 두 개의 터어빈을 사용하게 되면 3단계의 열의 이용이 가능해 지게 된다. 즉 이처럼 다단계 이용의 출발점이 열병합발전의 참모습이라고 할 수가 있다. 시설면에서 보면 다단계 이용은 초기 투자비가 크기 때문에 효율증가와 설비투자 증가사이에서 최적 단계수를 결정하여야 하겠지만 약간 설비투자측을 올려서 설계하는 쪽이 좋다. 왜냐하면 유가 예측이 불투명하고 한 번 투자한 것은 적어도 10-20년 정도 사용해야 하기 때문이다.

가스나 휘발유, 등유 및 경유와 같은 고급유를 사용할 경우는 터어빈 대신 엔진(휘발유 및 디젤)기관을 사용하여 발전할 수가 있고 이때는 배가스로부터 열을 얻어 증기를 생산할 수가 있다.

이런 한 엔진을 사용할때는 엔진 축에 히트펌프와 결합하여 냉방 시스템을 가동 할 수가 있고 다단계인 열의 이용의 시스템을 구성할 수가 있다. 이런 경우 효율을 한층 올릴수가 있는 것이다. 이러한 시스템의 도입은 에너지 사용패턴에 따라서 적절한 조화된 설계를 선택하여야 하는 것이다.

이외에도 아직 실용화가 본격적으로 이루어지고 있지 않으나 곧 크게 보급이 예상되는 연료전지도 발전효율이 화력발전보다 클 뿐만 아니라 연료전지에서 발생하는 열을 사용할 수가 있어서 열병합발전 시스템을 구성할 수가 있고 효율도 매우 커지게 된다. 연료는 천연가스나 LPG를 사용할 수가 있기 때문에 가스공급망이 들어와 있는 아파트단지에서 직접(on-site)발전을 하는 시대가 멀지 않았다고 생각한다. 그림1은 종래의 화력발전과 열병합발전(가스사용의 경우)의 에너지 이용효율을 나타내고 있다.

열병합발전이 에너지절약에 미치는 영향

에너지절약이란 무엇인가를 묻는다면 두말할것도 없이 그의 "사용효율"을 올리는 것 즉 합리적인 에너지의 이용이라고 할 수가 있다. 쓸곳에 쓰지않는다

는 것이 아니라 "쓰기는 쓰되 효율을 올려라"라고 말할 수가 있는 것이다. 우리 나라는 에너지수입이 1996년에 200억\$를 넘어섰다. 우리나라의 경제규모로 보면 너무나 큰 지출이라고 아니할 수가 없다. 경제적 구조면에서 중화학공업 지향적인 상태에서 에너지의 사용은 불가피하나 효율만 올린다면 예를들어 10%의 효율만 올린다고 하더라도 20억\$의 외화를 절약할 수가 있다.

에너지의 이용효율을 올리는데는 열병합발전 방식의 에너지공급 방식이 가장효과가 큰 것이라고 말할 수가 있다. 더욱이 효율을 계속 더 올리려면 다단 에너지 전환 방식의 복합시스템이 되어야 하고 히트펌프 등을 조합했을 때에는 수요 처의 에너지 이용 시스템을 용도(급탕과 증기, 냉난방 그리고 전기)에 맞춰 어떻게 설계 하느냐에 따라서 효율의 크기가 결정된다. 대형 건물이나 건물군 또는 중소기업의 단지(대규모 또는 소규모)에 열과 전기수요비 그리고 냉방의 소요량 등을 고려하여 설계 될 경우 그림1에서 보는바와 같이 가스터어빈의 종합효율은 65-85% 정도가 된다. 종래의 전기만을 이용하는 것에 비하면 2배이상의 큰 효율이 얻어진다. 어떻게 보면 열병합발전은 전력소비에 비해서 열의 소비(열전비, 熱電比라고 함)가 큰 시설에서 더 좋은 효율을 올릴수가 있다. 그러니까 열을 유효하게 사용할수 있는가가 포인트라고 할 수가 있다.

앞서 나이가가라 폭포가 있는 지역에서 풍부한 전기가 있는데도 불구하고 자가발전을 하는 이유를 설명하였다. 그것은 탄산소다 공장은 저압의 증기가 많이 필요하기 때문에 가능한 것이다. 건물의 경우 용도에 따라 그리고 산업의 업종별로 열과 전기의 비(열전비라고함)를 표1에 나타내었다.

표1 건물용도 및 산업업종별 열전비

상 업 용		산 업 용	
용 도	열전비	용 도	열전비
호텔	1.5 - 2.5	화학공업	3.1
병원	2.5 - 3.0	펄프제지업	4.4
스포츠센터	2.0 - 2.5	목재업	5.2
사무빌딩	0.4 - 0.9	섬유공업	2.3
연회장	1.7 - 1.8	철강공업	0.8
음식점	2.0 - 2.5	출판인쇄관련사업	0.3

$$\text{열전비} = \frac{\text{열연료 소비량}}{\text{전력 소비량}}$$

건물에서는 스포츠센터, 호텔, 음식점 그리고 산업에서는 목재공업, 펄프제지업, 화학공업등이 열사용비율이 높아 열병합발전의 도입이 유리한 것을 알수가 있다.

전기는 전기대로 전력회사로부터 공급을 받으면서 열은 열대로 보일러에서 얻어 쓴다는 것은 매우 비합리적이다. 그러나 옛날에는 발전을 해서 매전하는 것은 한전만이 가능했기 때문에 즉 전매 사업 이어서 자가 열병합발전이 불가능했으나 지금은 이것이 가능해 졌고 따라서 우리나라에서도 대형 공업단지 예를들면 울산석유화학단지, 또는 대구의 염색단지, 제지회사는 물론이고 주택밀집지역(아파트 단지)에서 도입하고 있다. 인구밀도가 높은 목동, 일산, 분당 등 신도시에서 지역난방에 도입되고 있는데 이런 사업이 가능한 것은 개인도 발전시설을 가질수 있기 때문인 것은 물론 에너지 절약이 가능하기 때문이다.

유럽 특히 북유럽의 대부분의 국가 예를 들면 덴마크, 스웨덴, 프랑스, 독일, 러시아 등의 국가들은 거의 1세기 전부터 열병합발전식 열공급방식을 채용해 왔다. 그래서 적어도 난방에 대해서만은 개인적인 보일러를 소유하기 보다는 지역난방회사로부터 스팀이나 온수공급계약을 맺고 집을 짓는다. 실제 건물의 경우 에너지절약의 가능성을 예를들어 설명하기로 한다. 열전비가 소비형태에 따라 달라지기 때문에 업무, 상업, 숙박(호텔), 교육시설 및 의료시설(병원)로 구분

할 수가 있고 따라서 열전의에너지 공급방식도 달라지게되는데 보통 5가지 방법으로 구분할 수가 있다.

1) 히트펌프 구동방식 : 여름과 같이 더울 때 냉방부하에 따라 운전하며 동시에 발생하는 폐열을 급탕에 이용하도록 설계 된 경우이다. 중간기와 난방기에는 히트펌프의 온열과 터어빈 및 엔진의 폐열을 합해서 난방과 급탕에 쓰도록 한 즉 열부하 추종운전을 한다.

2) 전력수요 추종방식 : 필요한 전력부하 전량에 맞춰 가동하도록 한 것이다.

3) 중간 전력공급방식 : 시간별 전력부하의 최대치의 1/2를 발전기 용량으로 하는 것이다. 전력부하가 발전용량보다도 클 경우에는 발전기를 풀 가동하고 부족 분은 전력회사로부터 수전한다. 또한 전력부하가 발전기 용량보다 작을 경우에는 전력부하에 맞춰 발전한다.

4) 베이스 전력공급방식 : 시간별 전력부하의 최소치를 발전용량으로 하고 1년을 통해서 풀 가동한다. 부족분은 전력회사에서 수전한다.

다음 표2는 재래시스템(전력은 전력회사로부터 수전하고 열을 얻기 위해서는 보일러를 가동하는 경우)의 에너지소비량을 1로하고 공급방식별로 그의 소비량을 나타내고 있다. 따라서 1보다 적은 것은 재래방식보다 에너지가 절약된다는 것을 의미한다.

표2 열병합발전식 열공급방식을 채용할 경우 에너지절약(종래 시스템을 1로한 경우)

원동기종	디젤엔진					가스터어빈				
	업무	상업	숙박	교육	의료	업무	상업	숙박	교육	의료
히트펌프구동	0.89	0.97	0.80	0.76	0.69					
전력수요추종	0.87	0.95	0.80	0.92	0.85	1.64	1.85	1.13	1.40	0.97
중간전력공급	0.90	0.94	0.86	0.92	0.88	1.36	1.52	0.98	1.33	0.95
베이스전력공급	0.99	1.00	0.94	0.98	0.96	1.06	1.08	0.92	1.05	0.98
부분베이스전력공급	0.98	0.99	0.94	0.97	0.96	0.99	1.00	0.92	1.00	0.98

표2를 보면 디젤엔진을 사용하는 경우가 가스터어빈의 경우보다 에너지소비가 감소하고 있다. 즉 에너지절약이 양호한 것을 알수가 있다. 또한 가스터어빈을 사용한 경우도 절약되는 경우가 있고 무엇보다도 이 표가 말해주고 있는 것은 건물의 에너지 수요에 따라 시스템구성을 적절하게 최적화 해야됨을 말해주고 있다. 위 표2는 단순히 에너지 소비량의 비이며

값이 1보다 큰 경우이고 비싼 전기값을 고려하면 즉 돈으로 환산하면 경제성이 있는 경우가 많아짐으로 고려해 볼만하다.

필자가 대구에 있는 염색단지를 방문한적이 있다. 이때 이 단지에 열병합발전 시설을 한창 설치하고 있을 때이었다. 염색에는 많은 열이 필요하고 생산원가에 약 30%정도나 차지하고 있었다. 때문에 연료값

이 상승함에 따라서 원가비중이 올라가서 도저히 수지가 맞지 않는다고 말하면서 열병합발전 시설이 완공되어 개인 보일러의 가동을 중지하면 연료비용을

30%정도 절감시킬수가 있어서 적자에서 흑자로 돌아설수가 있다고 말하고 있었다. 여러 운영방법에 따라 달라지는 투자회수기간을 표3에 나타내고 있다.

표3 투자회수기간(A:3년미만, B:3-5년, C:5-7년)

원동기종	디젤엔진					가스터어빈				
	업무	상업	숙박	교육	의료	업무	상업	숙박	교육	의료
히트펌프구동	C		A		C	-	-	-	-	-
전력수요추종	B	B	A	A	B			B		A
중간전력공급	A	B	A	A	B			A		A
베이스전력공급	C		A	A	C	B	C	A		A
부분베이스전력공급			A	A	C	A	B	A	A	A

계산기준: 전기요금 25원, 연료단가 64원/1,000kcal, 디젤엔진발전 120만원/kW, 가스터어빈 140만원/kW, 냉동기 32만원/1000kcal, 보일러 8만원/1000kcal.

95년도말 현재우리나라 집단에너지 공급시설 운영 결과에 따르면 열병합발전 시설의 도움으로 이루어진 에너지 절감량은 총 889천 TOE이고 에너지 절감율은 16.6%에 이르는 것으로 조사되었는바 이는 95년도 국내 에너지 총 사용량의 0.6%에 해당하는 것이다. 또한 공업단지의 열병합발전에서는 374천TOE로서 절감율은 16.9%이며 이는 제조부분 사용량인 57,940천 TOE의 0.6%에 해당되는 량이다.

열병합발전이 환경에 미치는 영향

우리가 사용하는 에너지는 현재 화석연료가 주류를 이루고 있다. 물론 우리나라와 같이 국내 에너지가 거이없는 경우 90%이상의 화석연료를 해외에서 수입할 수밖에 없다. 수입 즉 에너지의 유통량이 증가하면 그것에 비례해서 원유의 유출이 가능한 사고 발생률도 증가하게 된다. 예를들면 석유를 캐내는 유전지대에서의 사고는 엄청난 피해를 일으키고 있다. 이라크와 쿠웨이트 전쟁당시에는 이라크가 후퇴하면서 유전을 파괴함으로써 일어난 것이지만 그 피해는 과히 가공할만한 것이었다. 유조선의 해란 사고도 우리 남해안 지역에서 많이 발생하고 있다. 방제시설을 완벽하게 갖추어야 하겠지만 어떻게 하던지 조심해야 하고 또 그의 소비량이 더 이상 증가하지 않아 유통량이 늘어나지 말아야 한다 그러기 위하여서는 산업 구조조정도 있어야 하겠지만 구조조정은 하루 아침에 이루어지는 것이 아니므로 당장 우리가 해야

하는 것은 에너지 절약인 것이다. 에너지 사용이 환경에 미치는 영향은 크게 두가지로 나뉘 수가 있다. 첫째는 국지환경문제이고 다른 하나는 지구환경문제이다.

국지환경은 소규모 이어서 오염물질의 확산이 넓지 않는 경우이다. 공업단지에서 발생하는 오염피해나 도시 자동차공해 또는 생활폐수 같은 것을 말하는 것이다. 대기에 확산되는 것은 아황산가스, 산화질소, 먼지, 소음, 냄새등이 되겠으나 수질에 대한 것은 공장폐수나 도시폐수 그리고 고형 폐기물 등이라고 할 수가 있다. 소음도 에너지사용에서 발생할 수가 있고 먼지는 특히 석탄사용에서 심하게 일어나지만 도시에서는 디젤자동차에서 많이 발생한다. 공장의 폐수에서는 기름의 유출이 반드시 수반된다.

지구환경은 오존층의 파괴, 온실효과 그리고 산성비가 그것이다. 연료사용에서 오는 산성비는 국지환경으로 볼수 있을지 모르나 오염물질의 월경으로 국제문제화 된지가 오래 되었다. 오존층의 주범은 냉매인 후레온가스가 주범이며 냉방시스템에 후레온이 사용됨으로 에너지 사용의 차원에서 다루어야 한다고 생각한다. 가장 온실효과를 크게 내는 것은 에너지사용과 관련해서 볼 때 화석연료의 사용에서 오는 탄산가스이다. 온실효과를 유발하는 가스는 탄산가스 외에도 후레온, 메탄가스 산화질소등 큰 분자들이 모두 관여될 수가 있으나 탄산가스가 량이 많아 가장 큰 영향을 미치고 있다.

이러한 지구환경오염과 국지환경오염문제를 해결하는 데는 다음과 같은 것들이 있다.

1) 탄산가스를 적게 발생하는 연료를 선택해야 한다는 것이다. 여기에는 두가지의 에너지가 국제적으로 추천되고 있다. 하나는 LNG(CH₄)를 사용하는 것이다. 이것은 액체연료에 비해서는 2/3 탄산가스를 발생한다. 그리고 고체인 석탄에 비해서는 1/2 정도 밖에는 탄산가스를 발생하지 않는다.

다른 하나는 원자력을 이용하는 것이다. 원자력은 전력생산에 주로 이용되고 있으나 열을 사용하게 되면 지역난방에 매우 적합한 방법이 될 수도 있다. 아직 보급은 거이없는 상태이다. 그러나 메탄가스의 사용은 유럽과 일본 그리고 LNG 생산국에서는 열병합 발전에 의한 지역난방의 연료로 가장 적합한 것으로 되어있다.

가스터빈에 의한 열병합발전 그리고 앞서 말한 바와같이 엔진에 의한 열병합발전 모두 좋은 조건의 에너지로 되어있다.

2) 연료를 절약해서 그의 발생량을 줄이자는 것이다. 절약의 의미는 이미 말한바와 같이 에너지를 쓰지 말자는 것이 아니고 쓰기는 쓰되 합리적으로 쓰자고 하는 것 즉 이용효율의 향상이라는 뜻이 첫째이다. 그리고 반드시 쓰여야할곳이 아니라면 쓰지 말자는 즉 아끼자는 의미의 두가지 뜻을 담고 있는 것이다. 그런 의미에서 보면 열병합발전은 열과 전기를 동시에 사용할 경우 이용효율증가로 크게 연료가 절감되고 탄산가스의 배출을 크게 줄일수가 있다. 또한 황분이나 먼지를 많이 발생하는 연료로부터도 그의 발생량을 줄일수가 있는 것이다. 단순히 연료 사용량만으로 산출한 우리나라 집단에너지의 공급시설에서 95년도 총 방출한 대기오염 배출량은 55,020톤으로서 기존방식에 비하여 대략 8000톤 즉 12%정도가 줄어든 것으로 나타나고 있다.

3) 아황산가스과 산화질소는 산성비의 원인이 됨으로 그의 발생을 억제하거나 연소가스를 처리해서 오염성분을 제거할수 있다. 열병합발전의 에너지 생산방식에서 이에 대한 대책이 가장 잘 발휘될 수가 있는 것이다.

첫째 발생의 억제이다. 황으로부터 발생된 황산화물은 원유 정제시 탈황시설을 도입하는 것이 가장 좋다. 완전히 황을 없애는 데는 너무나 원가가 크기 때문에 법적으로 정해 놓은 수준밖에는 황의 함량을 낮추지 않게된다. 따라서 아황산 가스의 발생은 불가피하며 이런 경우 배가스 탈황시설을 갖추어야 하는 것이다.

산화질소는 두가지 원인에 의하여 발생한다. 하나는 연료-질소산화물(Fuel-NO_x)이고 다른 하나는 열-질소산화물(Thermal NO_x)이다. 전자는 연료중 포함된 질소로부터 발생하는 것으로서 석탄이나 석유중에 질소함량이 많을 경우 산화질소량이 증가하게 된다. 연료중 질소분도 탈황과정에서 상당부분 줄일수가 있다. 그러나 후자는 연소과정에서 발생을 크게 억제 시켜야 하는 것으로 LNG나 LPG 같은 연소시 고온이 되는 경우 많이 발생한다.

따라서 가스터빈을 설치할 경우 많이 발생한다. 이때는 발생을 억제하는 촉매를 사용하거나 발생된 산화질소는 정제하여야 한다. 산화질소는 대기중에 발생하면 발암성 물질일 뿐만아니라 각종 유기물을 산화시켜 과산화 물을 생성 할 수가 있고 이 과산화물은 각종 생활제품을 산화시키거나 인체에 큰 해를 주게되는 것이다. 산화질소의 발생 억제는 연소의 온도를 낮추거나 억제촉매를 사용하면 생성과정에서 발생량을 줄일수가 있고 또 발생된 것을 분해 또는 환원촉매를 사용하여 무해한 질소로 전환해야 하는데 이러한 발생 억제나 생성된 산화물의 환원/정화는 열공급방식으로 열병합발전방식을 채용할시 경제적이고도 효과적으로 처리하는 것이 가능해 지는 것이다.

현재 일본이나 미국에서는 산화질소를 암모니아로 환원해서 제거하는 방법을 가스터빈을 사용하는 열병합발전 시스템에 적용하고 있다. 소형보일러를 각 가정마다 설치하거나 소형의 건물별로 보일러를 설치할 경우는 환경대책을 위한 시설을 설치할 수가 없다. 설치가 가능하다고 하더라도 비용이 크게 들고 설치할공간도 많이 필요하게 된다. 열병합발전은 보일러의 설치가 필요없을 뿐만아니라 오염정화시설도 필요가 없다. 따라서 오염대책이 쉬워지게 되고 처리비용도 단독에 비하여 크게 감소한다.

4) 도시 열공급방법의 지역난방은 가연성 폐기물을 이용할 수가 있는 면에서 유리하다. 따라서 쓰레기 소각형식의 열병합발전방식을 채용할 수가 있다. 이러한 방식의 채용은 도시 쓰레기 처리에서 유리할 뿐만 아니라 대형의 연소시설(소각로)를 가동할 수가 있어서 환경대책 즉 세정시설을 가동할 수가 있는 것이다. 쓰레기는 아무리 분류를 잘한다고 하더라도 합성수지의 혼입이 가능하고 그렇게 되면 염화수소, 산화질소 같은 것이 발생하게 된다. 이러한 성분은 알카리수에 의하여 가스를 세척/정화해서 방출해야 하는 것이다.

세정시설이 대형의 열병합발전 시스템에서는 경제적으로 가능하다. 결국 열병합발전 시스템은 도시쓰레기를 처리할수 있고 또 여기서 발생하는 에너지를 이용할 수가 있어서 크게 에너지절약과 환경대책이 되는 것이다.

최근에 쓰레기 소각시설에서 다이옥신이 확산되고 해서 사회적인 문제를 일으키고 있다. 그러나 소각 방법을 개선하고 제거시설을 갖추면 해결이 가능한 것이다. 일본의 동경에는 약15개의 쓰레기 소각시설이 있고 대부분 열병합발전방식을 채용하고 있다. 단 한곳만이 전기를 생산하지 않고 있다. 덴마크에서는 목재에서 벗겨낸 나무껍질을 소각하고 있는데 이런 경우도 열병합형식이 사용된다.

5)석탄을 사용할 경우 가압유동연소 발전 시스템을 도입할 경우 에너지이용효율을 크게 올릴수가 있고 유동층 연소로는 석회석을 유동층에 혼합할 경우 아황산가스를 제거할 수가 있다.

그림2가 가압유동연소 발전 시스템의 개요를 나타내고 있다.

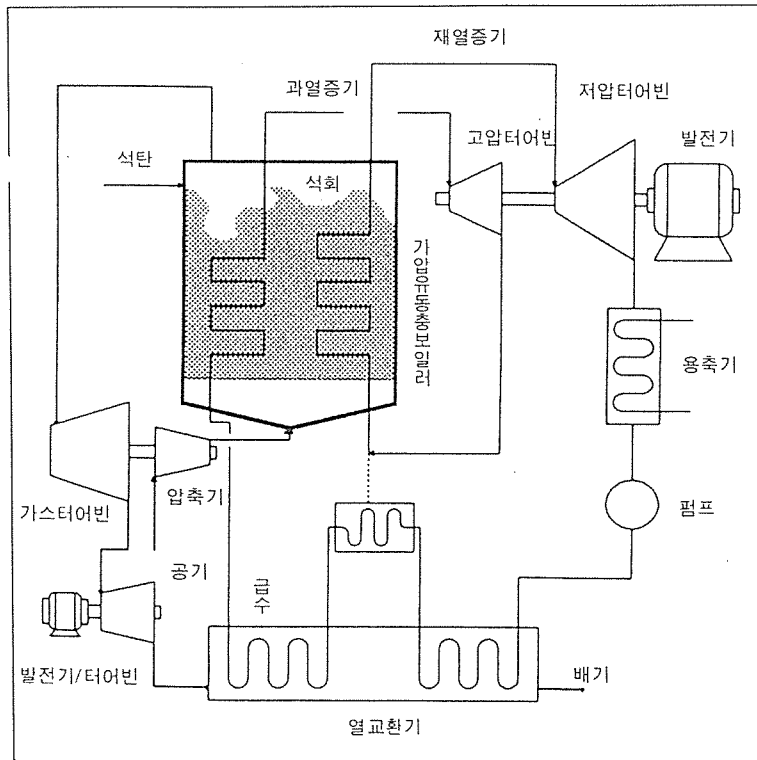


그림2 가압유동연소 발전 시스템

석탄가스화 복합발전은 2단계의 에너지 전환을 하는 열병합발전 방식이고 고체연료인 석탄을 사용할 수가 있고 효율이 크게 향상된 것으로 앞으로 기술

이 더욱 발전하면 크게 보급될것으로 보고 있다. 가압유동층 발전 시스템은 약4-5단에 걸친 에너지의 전환방식으로 되어 있어서 효율이 매우크고 환경대책이 일반석탄 사용할 때 보다 유리하게 된다.

투입된 석탄이 가압 유동층 보일러에서 연소하며 연소가스는 노를 나와서 가스터어빈을 돌려서 가압 유동층 보일러에 들어가는 공기를 압축해서 넣어주게 된다. 가스터어빈을 나온 가스는 제2의 가스터어빈에 가서 발전기를 돌려 발전을 행하고 열 교환기에서 다시 증기터어빈 루프에 공급되는 물을 가열하고 대기로 방출된다. 연소가스의 온도가 3단계에 걸쳐서 에너지를 전환한다. 한편 물/수증기 루프에서는 가열된 과열증기가 고압 터어빈에서 터어빈을 돌린다. 이 터어빈과 같은 축상에 있는 저압 터어빈은 고압터어빈에서 나온 재 가열한 증기에 의하여 같이 회전하고 있다. 저압터어빈의 응축수는 응축기에서 응축되고 증기는 펌프에 의하여 가스쪽 배기가스와 열교환 되어 다시 유동층 보일러에 들어가 과열되어 증기가 되는 형식으로 순환된다. 수증기의 루프에서도 3-4단에 걸쳐서 에너지의 전환과 이동이 일어난다.

이 시스템은 석유대신에 석탄을 이용할 수가 있다는 장점과 효율이 크게 향상된 에너지 전환 방식으로 세계 여러나라에서 많은 연구가 진행되어온 기술이고 우리나라에서도 몇곳에서 실증연구가 진행되고 있다.

이런 방식은 석탄의 연소를 유동층으로 하지않고 가스화해서 사용한 석탄 가스화복합 발전방식도 있다. 이 시설은 가스화시설에 돈이 많이 들어가나 발생된 가연성 가스로 가스터어빈을 돌릴수있다는 점에서 가스터어빈에서 많은 유리한 점을 가지게 된다.

이런 방식들은 모두 에너지 전환이 다단으로 일어난다는 점에서 효율이 상승하게 되는 것이다. 우리가 현재 거론하고 있는 폐열을 이용하고 동시에 증기터어빈을 이용해서 발전하는 방식이 2단계 전환이라고 보면 가압 유동층 복합발전이나 가스화 복합발전 시스템

은 다단이라는 것이 다르고 앞으로는 열병합발전 방식이 다단으로 갈 것이 예상된다. 다단으로 갈 경우는 초기투자비가 커지게 되나 앞으로 석유가의 상승에 대비해서 설계시 적절한 유가기준이 설정된다면 복합발전 방식이 크게 보급 될것으로 보고 있다.

당장은 경제성 있게 가능한 것이 LNG에 의한 가스 복합발전(가스와 증기터어빈의2단)이다. 우리나라에서도 채용되고 있지만 단수는 더욱 늘어갈 것이다.

결 언

열병합발전의 발전량이 크게 증가하는 나라는 일본이다. 최근 기아급수적으로 팽창하고 있다. 일본 뿐만 아니라 역사적으로 보면 유럽 여러나라가 앞서있다. 그러나 독일같은 나라는 전기의 전매사업으로 인

해서 장애요인이 되고 있었으나 최근에는 이 문제가 해결되어 그 보급이 크게 발전되고 있다. 우리나라도 전기의 전매가 문제가 되었으나 이제는 별 문제가 없는 것으로 알고 있다. 따라서 앞으로 적절한 설계 위에 그의 보급을 크게 확장해 갔으면 하는 마음이다.

참고문헌

- 1) 집단에너지 사용추진현황, 에너지관리공단(1996)
- 2) 협회소식, 한국열병합발전협회, 2(12) (1996)
- 3) 석유평가에너지 시스템,(일본)통산자료조사회편(1987)

에너지절약정책과 집단에너지 사업추진방향

통상산업부 이승우 사무관
(02)503-9636

I. 국내 에너지 수급 및 절약정책 추진방향

〈주요국 에너지소비증가율, %〉

1. 국내 에너지 수급동향

- 국내 에너지 수급동향은 지속적인 경제성장 및 점차 강화되는 환경규제로 인해 석유 및 LNG의 수입이 급증함에 따라 에너지 수입액이 96년 244억불에 달했으며 97년에는 19.3% 증가한 291억불에 이를 전망
 - 석유 : 97년에도 국제유가가 96년보다 0.8~0.9 불/Bbl이상 상승될 것으로 예측되며 지속적인 수요증가, 원유도입단가의 상승, 정유시설 확충이 지속될 전망
 - LNG : 도시가스의 급속한 지방확대

	90	92	94	95
한 국	14.1	12.0	8.2	9.6
일 본	4.9	1.7	4.9	2.5
미 국	0.2	1.6	2.1	1.7
프랑스	2.7	0.5	△2.4	2.6

- 1인당 에너지소비량도 이미 일본수준에 근접
- 90년 초반까지 급증세를 보이던 에너지 소비증가율은 94년에는 다소 둔화되었으나, 아직도 경제성장률을 상회하는 증가세를 유지하고 있음
 - 국민소득수준의 향상에 따라 무연탄 등 저급연료의 소비는 급격히 감소되는 반면, 전기, 가스 등 고급에너지로의 전환이 가속화

2. 국내 에너지 소비동향

우리나라의 인구는 세계 25위이고 경제규모는 세계 11위인데 반해 에너지소비증가율은 세계 5위, 에너지소비량은 11위이며 특히, 석유소비는 세계 6위(석유수입은 세계 4위)를 시현하고 있으며 90년 이후 에너지소비 증가세가 선진국에 비해 현저하게 높은 수치를 나타내고 있음

〈에너지 소비 및 수입동향〉

구 분	'95년	'96년
• 경제 성장률(%)	9.0	7
• 에너지 소비증가율(%)	9.6	9.8
• 에너지 수입액(억\$)	186.5	244