

천연가스를 이용한 가스터빈 열병합발전 — 지역난방시스템의 국내적용

Feasibility of District Heating-Gas Turbine Co-generation System Using Natural Gas in Korea

김 우 식*, 박 달 영*, 최 인 영**
W. S. Kim, D. Y. Park, I. Y. Choi

1. 서 론

두차례의 에너지 파동 이후 에너지원의 다변화와 함께 에너지의 효율적 활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 에너지의 효율적 활용을 위해서 기존 공정의 개선과 폐열에너지의 재활용에 대해 중점적으로 검토하고 있으며 이러한 폐열에너지의 재활용 방안으로서 발전소나 공장의 폐열을 이용한 지역 난방이 적극 권장되고 있다.

1972년 스위스 W. Zublin 이 주리히시에 세계 최초의 지역난방 계획을 수립하였으나 실현되지 못하였고 1877년 미국의 New York 주 Lockport 에서 Birdrill, Nolley 가 압력 30psi 의 증기를 주택지역에 공급함으로써 세계 최초의 지역난방이 시행되었다.¹⁾ 유럽에서는 1896년 서독에서 Post Strasse 발전소의 증기를 Hamburg 시청의 난방에 이용함으로써 최초의 지역난방이 시작되었으며, 유사한 시기에 München 에서도 지역난방이 시작되었다.²⁾

유럽 각국은 대개 1900년대 초기에 지역난방을 실시하였으며, 1차대전 이후 본격적인 지역난방 기술발달이 시작되었다. 그 예로서, 1903년 영국에서는 Bloom Street 발

전소에는 열과 전력을 공급하였으며, 1901년에는 폴란드 바르샤바에서 지역난방이 시작되었다. 소련은 1924년 레인 그라드의 지역난방을 시점으로 급속히 팽창하여 현재 세계 최대의 총용량을 보유한 국가가 되었다. 2차대전후 유럽각국은 폐허된 도시를 재건하면서 에너지의 효율성을 고려하여 지역난방 system을 적극 도입하였으며, 에너지원도 석탄, 석유에서 가스, 쓰레기 소각열, 원자력등 다각적으로 연구 검토되기 시작하였다. 그래서 스웨덴은 스톡홀름 근교의 Farsta 지역에 10MW의 전력과 120℃ - 75℃의 난방용 열매를 생산하는 원자력을 이용한 세계 최초의 지역난방을 시험운전한 바 있다.¹⁾

프랑스에서는 도시의 쓰레기 소각열을 이용하여 지역난방을 운영하고 있다.³⁾ 일본에서는 1960년대 중반에 공해방지, 에너지의 효율성등의 압력요인에 의해 지역난방이 시작되었다. 초기에는 열병합발전 / 산업용에 치중되었으나 열병합발전 / 지역난방으로 전환되어 가고있다.

국내의 경우 1970년대 한강맨션 아파트에 10Gcal/hr 규모의 지역난방을 도입한 이래 대규모 아파트 단지에서 중앙난방 system에 의한 지역난방이 실시되고 있지만 아

* 한국가스공사 (Korea Gas Corporation)

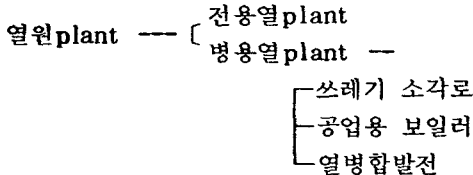
** 정회원, 한국가스공사 (Korea Gas Corporation)

직 열병합발전 / 지역난방 system에 의한 지역난방이 실시되고 있지않다. 그러나 1986년부터 목동, 신정동 신시가지 건설에서 유류와 쓰레기 소각열등을 이용하여 20,000kw의 전력과 396 Gcal/hr의 열량공급 능력을 가진 증기터빈 열병합 발전소가 가동될 예정이다. 이 최초의 열병합발전 / 지역난방 system은 1987년 LNG가 도입되면서 부터는 유류대신 천연가스를 이용할 예정이다.

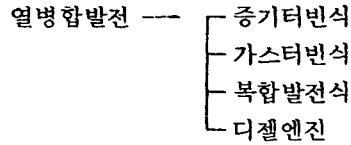
본 논문에서는 열병합 / 지역난방 시스템의 개괄적 고찰과 천연가스 이용시의 국내적용 가능성에 대해 검토하고자 한다.

2. 지역난방 시스템

열원을 공급하는 plant 는 그 방식에 따라 다음과 같이 분류된다.⁴⁾



전용열 plant 방식은 현재 국내의 대규모 아파트 단지내에서 지역난방으로 쓰고있는 대표적인 방법으로 peak 부하 이상의 용량을 설치해야 하므로 난방시(겨울철) 평균 가동율이 비교적 낮으며, 비난방시(여름철)에는 가동 중지하거나 급탕용 공급을 위해 매우 낮은 가동율로 운전되어야 하므로 에너지 효율면에서 비경제적이다. 반면 병용열 plant 는 부수적으로 발생하는 열을 지역난방에 이용하여 전체의 부하를 연중 일정히 유지토록 유도함으로써 높은 가동율에 의해 에너지 효율을 증가시킬 수 있다. 예로서, 열병합발전에서는 복수기에 의해 폐기되는 에너지를 지역난방에 이용함으로써 전체에너지 효율을 30-40%에서 70-80%까지 증가시킬 수 있으며, 난방 부하 피크와 전력부하 peak 시간대를 조절함으로써 높은 부하에서 운전이 가능해진다. 이러한 열병합 발전은 다음과 같이 구분된다.⁵⁾

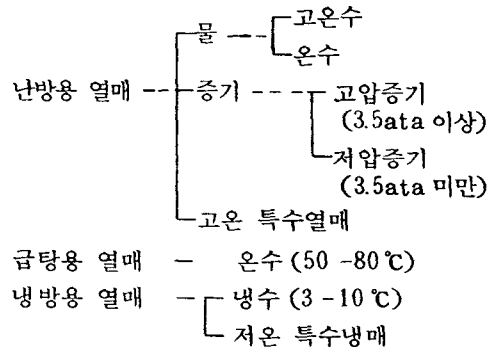


그외 핵연료를 이용한 열병합 발전도 가동 중에 있다.

열의 공급목적은 수요지에서의 용도에 따라 난방용, 냉방용, 급탕용, 공업 공정용등이 있다. 여기서 지역난방에 국한해 볼때 난방용, 냉방용의 주요 용도에 따라 열전용 plant 의 방식을 다음과 같이 나눌 수 있다.

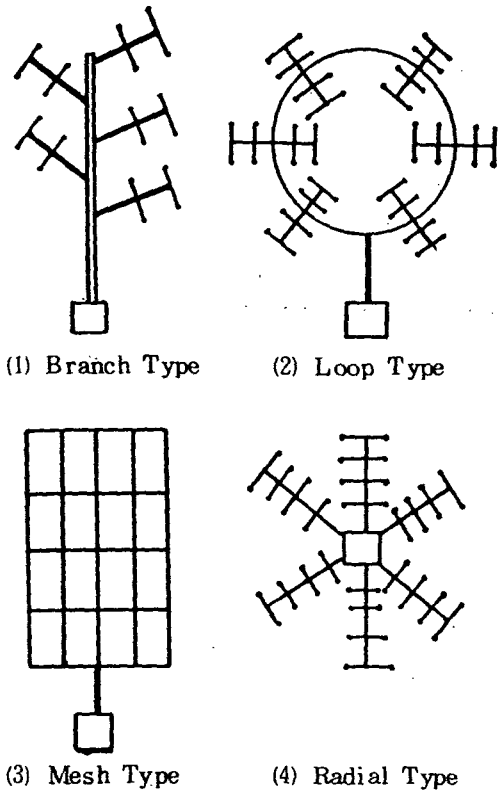
1. 난방용 plant
 2. 난방, 급탕용 plant
 3. 난방용 + 급탕용 plant
 4. 냉방용 + 난방 · 급탕용 plant
 5. 냉방용 + 난방용 + 급탕용 plant
- } 지역난방
} 지역
} 냉난방

열을 전달하는 열매로는 주로 온수와 증기가 이용되며, 간혹 특별한 경우에 특수열매가 이용되기도 한다. 열매는 운전 온도범위에 따라 다음과 같이 구분된다.^{4), 5)}



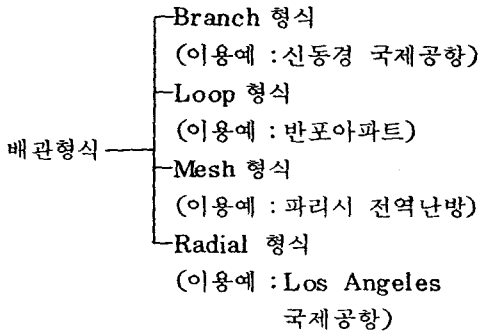
고온수에 의한 열공급 방법은 1930~1940년대에 미국에서 시도되기 시작한 것으로 부식이 적어 배관수명이 길며, 배관시 지형에 따른 압력구배의 영향과 열손실이 적다는 장점이 있다.

지역난방의 배관은 1차배관(옥외배관) 과 2차배관(옥내배관)으로 구분된다. 1차배관은 다시 배관망 형식에 따라 다음과 같이 구분되며, 각 형식의 모양은 그림 1과 같다.⁴⁾



(1) Branch Type (2) Loop Type
(3) Mesh Type (4) Radial Type

그림 1 Types of Pipe Distribution Networks



지역난방의 배관방식은 단관식, 2관식, 3관식, 4관식 등이 있으며, 열매의 사용목적, 열매의 종류등을 고려하여 선택 사용된다. 그림 2에는 지역난방의 배관형식에 관한 개념도를 나타내었다.⁶⁾

위에서 언급한 모든 사항들이 지역냉난방을 기획하는데 있어서 검토되어야할 주요 기술적 관련사항들이며, 이것이 적용될 지역의

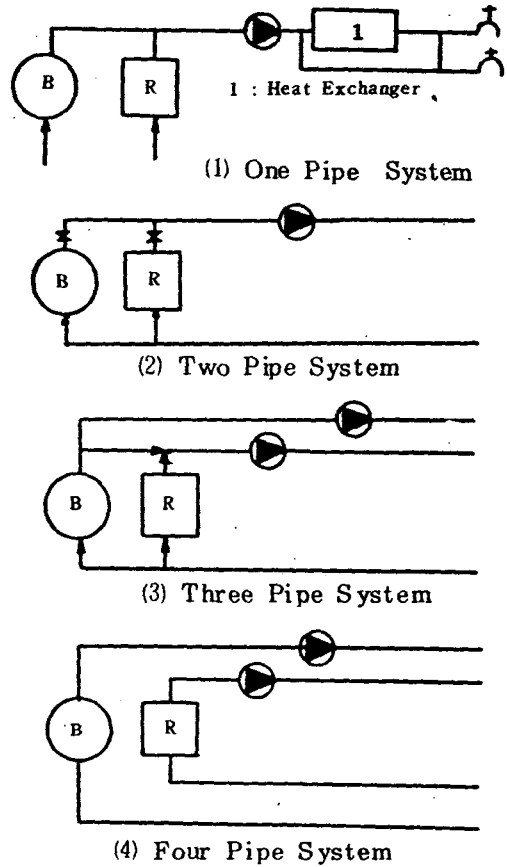


그림 2 Types of Pipe System
B:Boiler
R:Refrigerator

자연적(기후), 사회적 조건(인구, 주택밀도)과 연결되어 적용될 최적 system 선택에 중요한 인자가 된다.⁷⁾

3. 열병합 / 지역난방시스템

앞에서 열병합 발전방식에 따라 분류해본 바 있다.

열병합발전 / 지역난방이 개별난방식에 비해 가지고 있는 장점들을 알아보면 다음과 같다.⁸⁾

- 대용량 설비 채택과 고효율 운전에 의한 에너지 절약
- 신뢰성이 있고 편리하며, 보수가 적은 열설비
- 연도수 감소와 연도높이 증가로 인구밀집 지역에서의 대기오염 감소

- 보일러, 연료탱크 저장을 위한 공간절약 및 관리인원 절약
- 완전연소 및 고기능인력에 의한 운전으로 열공해 및 배기가스 공해 감소
- 열원설비 집중화로 투자비 절감

여기서는 화석연료에 의한 발전의 대표적 방식인 증기터빈 발전방식과 가스터빈 발전방식의 지역난방에 관한 특성 및 그 장단점에 대해 알아보기로 하자.

3-1 열병합발전 / 지역난방 종류 및 개요

가. 증기터빈 열병합발전

증기터빈 발전방식은 Rankine cycle에 의한 발전방식으로 터빈을 통과하고 나온 증기를 처리하는 방식에 따라 배압터빈식 발전과 복수터빈식 발전으로 구분된다.

증기터빈 열병합발전의 흐름도는 그림 3와 같다. 증기터빈을 거쳐나온 증기를 6에서 난용으로 이용하느냐, 단순히 복수기를 거쳐 응축시키느냐에 따라 배압식과 복수식으로 구분되며 완전 복수식 터빈은 3에서 열교환해서 나온 교환수의 양이 대량이며, 온도차가 크지않아 지역난방의 열원으로는 이용될 수 없다.

배압터빈식 열병합발전은 터빈에서 나온 최종 증기를 지역난방의 열원으로 이용하고 응축수를 회수하는 방식으로 열량수요의 변화가 년중에 걸쳐 적고, 전력수요와 열수요가 대략 평행하게 변화할때 이용될 수 있다. 그래서 열량수요의 기저부하(base load)용으로 이용된다.

추기터빈식 열병합발전은 터빈제어와 에너지 효율성 향상을 위해 터빈 중간부분에서 뽑아낸 증기를 지역난방에 이용하는 것으로 터빈을 완전히 통과한 최종 증기의 처리에 따라 배압식과 복수식으로 구분된다. 추기 배압식의 경우는 열량부하율이 높고 연중부하 변화량이 일정할때 적용되며 경제성이 양호하므로 부하율이 높은 산업체 공정 열공급에 유리하다.

추기 복수식은 전력수요와 열수요가 일치

하지 않을 때 적용되며, 열제어가 용이하고 실제 적용이 좋으며, 부하변동에 따른 순용성이 좋다는 장점을 가지고 있다. 반면 추기 터빈식 열병합 발전은 전기출력에 감소를 야기시키는 단점도 있다.

나. 가스터빈 열병합발전

가스터빈 발전방식은 크게 나누어 등압연소 cycle 과 등적연소 cycle 이 있으며, 등압연소 cycle 에는 Brayton cycle 과 Ericsson cycle 등이 있다. 일반적으로 가스터빈 발전방식을 말할때는 Brayton cycle 에 의거한 발전방식을 말한다.¹¹⁾

가스터빈 열병합 발전의 개략도는 그림 4와 같다. 압축기를 거쳐 압축된 가스가 연소실

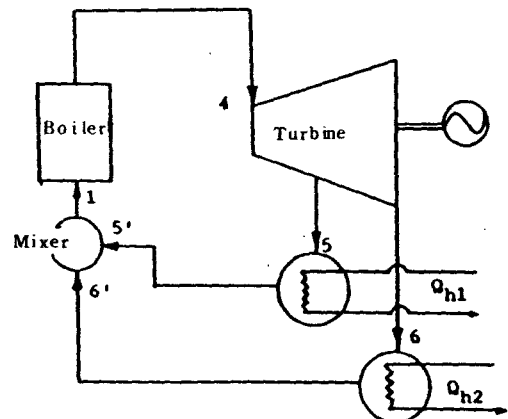
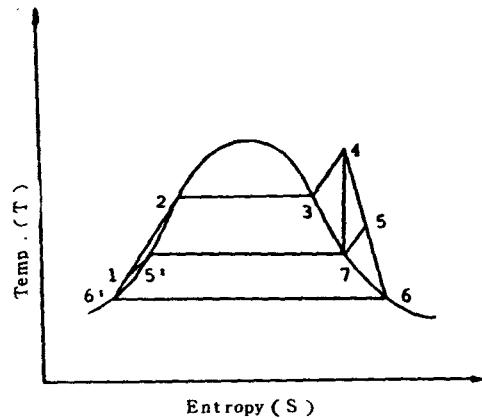


그림 3 Schematic Diagram of Steam Turbine Cogeneration and T-S Diagram

에서 고온으로 가열되어 가스터빈을 거친후 연도를 통해 대기로 방출된다. 이와같은 방식을 개회로(Open cycle) 가스터빈이라 하며, 가스터빈을 나온 가스를 열교환기에서 냉각시켜 다시 압축기를 통해 재순환되는 방식을 폐회로(Closed cycle) 가스터빈이라 한다. 개회로 가스터빈 열병합 발전의 경우 폐열이용시 전혀 전력손실이 없고 시동이 빠르고, 건설비용이 싸며, 부하조절이 용이하기 때문에 비상시나 전력이나 열부하의 첨두부하시기에 적합하다. 반면 이것은 열소비율이 높고, 부분 부하시의 효율이 낮으며, 연료로 유류(중유)를 이용할때는 연료계통 설비의 보수유지에 소요되는 shutdown 시간이 많다는

것이 약점이다.

그러나 연료로 천연가스를 사용할 경우 기존의 가스터빈 시스템에서 나타나는 여러가지 장점 이외에도 독특한 장점을 나타낼 수 있다. 이에 관해서는 뒤에서 언급하였다.

그외 열병합 지역난방이 가능한 것은 디젤 엔진 발전방식과 원자력 발전방식 등이 있다.

3-2 열병합발전/지역난방의 열역학적 해석

가. 증기터빈

추기배압식 열병합발전의 열역학적 선도는 그림 3와 같다. 총 발전량을 P 라 하면

$$P = P_C + P_B$$

$$= \frac{G_B}{860} (h_4 - h_5) \eta_{mg} + \frac{G_C}{860} (h_4 - h_6) \eta_{mg}$$

가 된다.

여기서 G_B : 추기량 (kg/hr)

G_C : 복수량 (kg/hr)

P_B : G_B 에 의한 발전량 (kw)

P_C : G_C 에 의한 발전량 (kw)

h : steam의 엔탈피 (kcal/kg)

η_{mg} : 기계 효율 × 발전기 효율이다.

추기로 인한 전력감소량은 다음과 같이 구해진다.

$$P_R = \frac{G_B}{860} (h_5 - h_6) \cdot \eta_{mg} (kw),$$

P_R : 추기로 인한 전력감소량

총 발전가능량에 대한 발전감소량의 비(발전감소비율 : R_B)은 다음과 같다.

$$R_E = \frac{P_R}{P} = \frac{P_R}{P + P_R} = \frac{G_B (h_5 - h_6)}{G (h_4 - h_6)}$$

여기서 $G = G_B + G_C$ 의 관계가 있다.

(G : 총 발생증기량) 발전량과 회수열량과의 비(R_E/H)를 무차원으로 구해보면 다음과 같다.

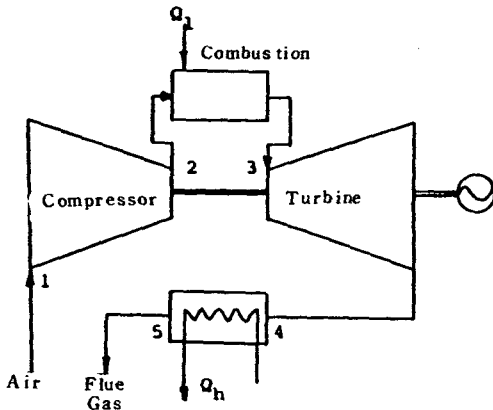
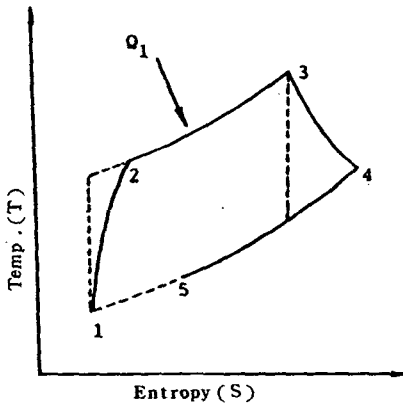


그림 4 Schematic Diagram of Gas Turbine Co. generation and T-S Diagram

$$R_E/H = \frac{P}{Q_h} = \frac{P}{Q_{h1} + Q_{h2}}$$

$$= \frac{\eta mg(h_4 - h_5) + (1-m)(h_5 - h_6)\eta mg}{m(h_5 - h'_5)\eta_e + (1-m)(h_6 - h'_6)\eta_e}$$

여기서

η_e : 열교환기의 효율

m : 추기비

$m = 1$ 인 경우 즉, 전량 추기한다고 하면

$$R_E/H = \frac{\eta mg(h_4 - h_5)}{\eta_e(h_5 - h'_5)}$$

가 되면 $m = 0$ 인 경우 즉, 전량배압 시키면

$$R_E/H = \frac{\eta mg(h_4 - h_6)}{\eta_e(h_6 - h'_6)}$$

이 된다.

이 열병합 발전의 총에너지 효율을 알아보면 다음과 같다.¹²⁾

$$\eta_p = \frac{\text{총회수에너지}}{\text{총투입열}}$$

$$= \frac{(P_C + P_B) + Q_h}{G(h_4 - h_1)/\eta_B}, \quad \eta_B : \text{보일러효율}$$

$$= \frac{[m(h_4 - h_5)\eta mg + (1-m)(h_4 - h_6)\eta mg + m(h_5 - h'_5)\eta_e + (1-m)(h_6 - h'_6)\eta_e]}{(h_4 - h_1)/\eta_B}$$

나. 가스터빈

가스터빈의 발전량 (P)은 다음과 같다. (그림 4 참조)

$$P = \frac{GC_p}{860} [(T_3 - T_4) - (T_2 - T_1)] \eta mg$$

C_p : 가스의 비열

발전량 (P)에 대한 회수열량 (Q_h) 과의 비를 무차원으로 구해보면 다음과 같다.

$$R_E/H = \frac{P}{Q_h} = \frac{(T_3 - T_4) - (T_2 - T_1)}{(T_4 - T_5)} \eta mg$$

가스터빈의 총 열효율, η_p ,는 다음과 같다.¹²⁾

$$\eta_p = \frac{P + Q_h}{Q_1} \quad Q_1 : \text{보일러 공급열량}$$

$$= \frac{[(T_3 - T_4) - (T_2 - T_1)] \eta mg + (T_4 - T_5)\eta_e}{(T_3 - T_2)/\eta_B}$$

가스터빈에서의 열병합 발전시 전력감소가 없다.

4. 천연가스를 이용한 가스터빈열병합 / 지역난방시스템 검토

앞에서 열병합발전 / 지역난방에 이용될 수 있는 몇가지 기본 system에 관해 고찰해 보았다. 여기서는 천연가스를 이용한 가스터빈 열병합발전 / 지역난방system에 관해 구체적으로 알아보기로 한다. 열병합발전 / 지역난방 system을 적용한데 있어서 화력발전소는 발전소에서 발생하는 배기가스의 대기에 대한 영향과 소요 용수등의 필수적 입지조건 때문에 인구밀집 지역이나 대도시 주변에 위치하기가 매우 힘든반면 지역난방system은 열량 공급 측면에서 수요지에 어느정도 거리이내에 존재해야만하는 상반되는 점이 있다. 그래서 천연가스를 이용한 가스터빈 열병합발전 / 지역난방system이 이러한 문제점을 해결해줄 수 있다고 생각된다. 이 system이 위와같은 조건을 만족시킬 수 있는 것은 다음과 같은 특성 때문이다.

- i) 배기가스의 대기오염이 없다.
- ii) 규모가 작으며, 용수가 대량으로 필요치 않다.
- iii) 배관에 의한 연료공급으로 연료 저장 시설이 필요없다.
- iv) 발전효율을 증가시켜 준다.

천연가스는 표 1에서 보는바와 같이 불순물(질소, 황성분, 분진)이 전혀없는 깨끗한 에너지원이다. 그러므로 연소시에 NO_x 나 SO_x 를 발생하지 않으면, 매탄이 주성분이므로 완전연소가 쉽게 이루어질 수 있다.⁹⁾

가스터빈발전system은 증기터빈발전system에 비해 설비규모가 작고 용수사용량이 적어 큰강이나 해안지역에 입지해야하는 증

표 1 Typical Composition of LNG to be imported in Korea

Compound	Nitrogen	Methane	Ethane	Propane	N-butane	i-butane	\bar{M}^*
Composition (mol %)	0.01	85.12	9.32	4.57	0.42	0.56	19.05

* \bar{M} : Average Molecular Weight

기터빈 발전소의 약점에서도 탈피할 수 있다.

천연가스는 가스배관망을 통해 공급될 예정이므로 유류나 석탄사용시에 필요한 저장시설 및 관계부지가 필요치 않으며, 공기에 비해 매우 가벼워(비중 : 0.659) 만일 누설된다 하더라도 대기중으로 쉽게 확산되어 폭발의 위험성이 적다. 이러한 천연가스 이용 가스터빈 열병합발전system의 특성 때문에 인구밀집 지역이나 대도시 중심가에도 설치될 수 있다.

천연가스의 배기에는 부식성이 거의 없으므로 가스유입 온도를 증가시킬 수 있어 가스터빈의 발전효율도 증가시킬 수 있으며(유입온도를 750℃에서 1000℃로 증가시킬 경우 약 5%의 효율증가) 분진성분이 없어 유류(중유)사용 화력발전에서 자주 일어나는 연료계통설비의 문제점도 줄일 수 있다.¹³⁾

5. 지역Model에 의한 천연가스이용 열합병/지역난방시스템

5-1 Area Model

대규모 인구밀집지역인 대도시는 거주형태에 따라 공업지역, 상업지역, 주거지역으로 구분될 수 있다. 여기서 지역난방이 적용될 수 있는 지역은 상업지역과 주거지역이다. 대도시 중심에는 사무실, 호텔등의 상업지역이 주류를 이루며 외곽으로 나갈수록 상업지역 : 거주지역의 면적비가 감소하게 된다. 여기서는 지역적 특성을 Model 화하여 지역난방의 부하 및 이용률등을 계산하여 보았다.

천연가스를 이용한 가스터빈 열병합/지역난방시스템을 적용할 지역의 총 건물면적을 50 만㎡로 고려하였다. 이 총면적이 지역특성에 따라 상업용 면적과 거주용 면적의 분

율이 변하게 되며, 각 지역의 면적당 열부하량은 표 2와 같다.

월별 열부하율의 분포는 그림 5와 같다. 이

표 2. Yearly Energy Consumption Per Unit Area

(Unit : Gcal / 100㎡)

Apartment *	Office	
	Heating *	Cooling **
17.63	9.03	0.63

* : Ref . (14)

** : Ref . (15)

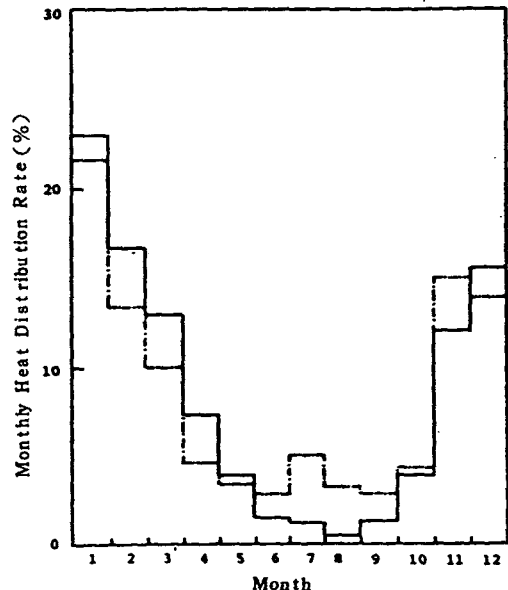


그림 5 Graph of Monthly Heat Distribution Rate (—, Apartment Area ; ---, Office Area)

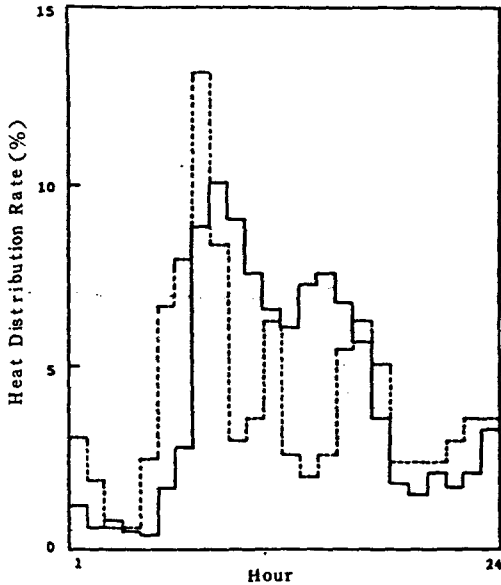


그림 6 Graph of Hourly Heat Distribution Rate in Office Area (—, Winter ; - - - - - , Spring , Summer , fall)

것은 여의도지역과 반포지역의 아파트와 사무실 및 공공건물을 대상으로 월별연료 사용량으로부터 얻은 것이다. 시간별 열부하량의 분포는 그림 6 및 7에 나타나 있다.¹⁴⁾ 열부하는 계절에 따라 그 pattern 이 크게 좌우된다.

아파트 열부하율 분포에서 봄, 여름, 가을의 경우 열부하율 pattern 은 약간의 차이는 있지만 오전 6-7시와 오후 5-7시에 2번의 peak 가 나타나는 pattern 이 유사하므로 같은 분포로 고려하였으며 겨울의 경우에는 정오경에 한번의 peak 가 더 나타난다. 사무실 열부하율 분포는 아파트와는 달리 업무가 시작되는 8-9시와 오후 2-3시정도에 큰 peak 가 나타나며 퇴근시간 이후 자정까지의 영업용 수요에 의한 작은 peak 가 나타남을 알 수 있다. 그림 8에는 월별 냉방부하율 분포를 나타내었다.¹⁵⁾ 대부분의 냉방부하율 분포가 6-9월 사이에 걸림을 알 수 있다.

냉방부하는 거주율을 고려하지 않고 사무

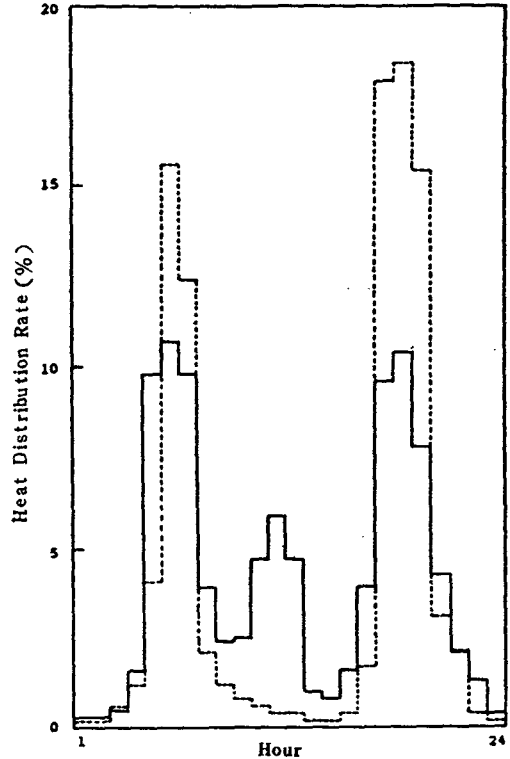


그림 7 Graph of Hourly Heat Distribution Rate in Apartment Area (—, Winter ; - - - - - Spring , Summer , fall)

실용만 고려하였다. 대부분의 건물에는 전기를 동력으로 터보식이나 왕복식 압축기에 의한 방법으로 냉방을 하고 있었다. 그림 9는 아파트지역과 사무실지역은 냉·난방에 소요되는 전력소요율 분포를 나타내었다.

아파트지역의 경우에는 난방 및 온수 공급을 위한 보일러실과 기계실 소요전력만을 고려하였으며, 사무실지역은 난방설비 운전전력 및 냉방용 전력수요를 모두 고려한 것이다. 사무실의 경우 냉난방을 거의 하지않는 4월과 10월에 가장 낮으며 냉방부하와 난방부하가 큰 1월과 7-8월에 peak 가 나타남을 알 수 있다.

천연가스를 이용한 열병합 / 지역난방시스템은 그림 10과 같은 시스템을 선택하였다.¹⁰⁾ 이 system은 일본의 동경가스빌딩, 도시바

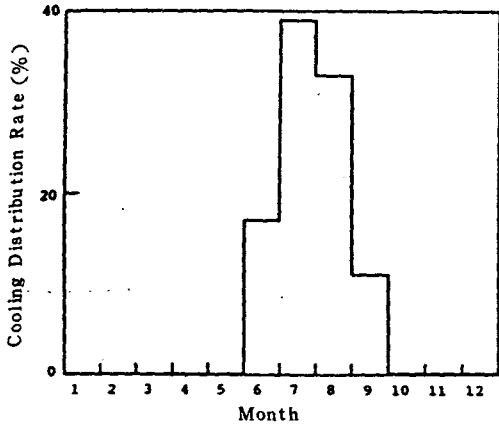


그림 8 Graph of Monthly Cooling Dis-tribution Rate in office Area

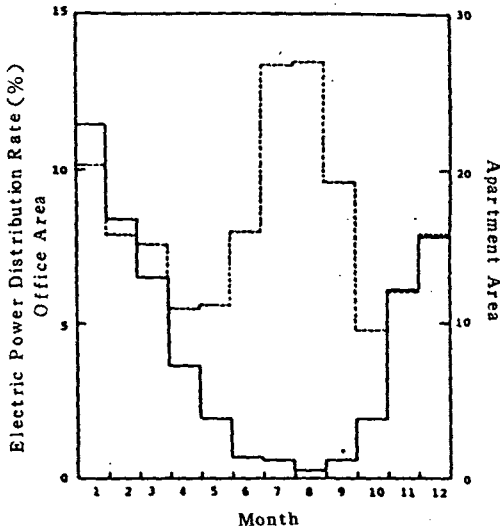


그림 9 Graph of Monthly Electric Po-
wer Distribution
Rata (-, Apartment Area *; -
---, Office Area),*;Ref [14]

빌딩등 몇몇 건물에 집단적으로 이용하고 있는 system이다. 이 system의 에너지 효율은 표 3에 나타나 있다. 이러한 system을 국내 적용하는데 있어 시간별 수요 peak 조절을 위해 축열조(heat storage tank) 설치를 고려하였다. 여기서는 년중 최대 일일수요량에 비례하게 축열조용량을 설정할때 총면적 50 만㎡중 상업용 지역과 거주용 지역

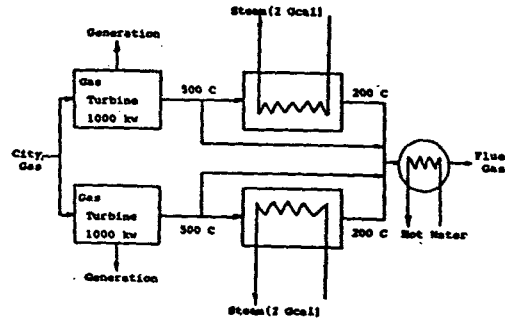


그림 10 Schematic Diagram of Gas Turbine Cogeneration System Using City Gas (Tokyo Gas Company)

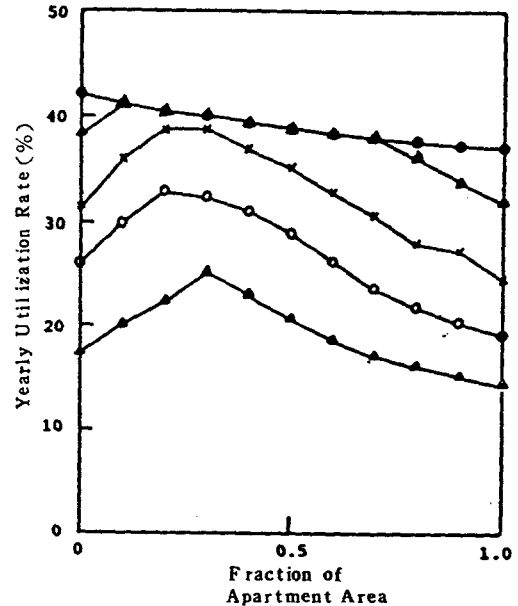


그림 11 Yearly Utilization Rate Dis-tribution With Fraction of Apartment Area
(●, HS = more than 0.4 ; ▲, HS = 0.3 ; X, HS = 0.2 ; ○, HS = 0.1 ; △, HS = 0.0)

의 여러 분율에 대해 열량수요 및 이용율등을 계산하였다.

5-2 Results and Discussion

아파트지역 면적분율(AF)에 따른 연간 이용율의 변화가 그림 11에 나타나 있다. 이

표 3 Energy Balance of Community Energy System Using City Gas

(input : 100)

*Generation	*Steam	Flue Gas Loss	Generation Loss	*Hot Water	Total
20	46	20	6	8	100

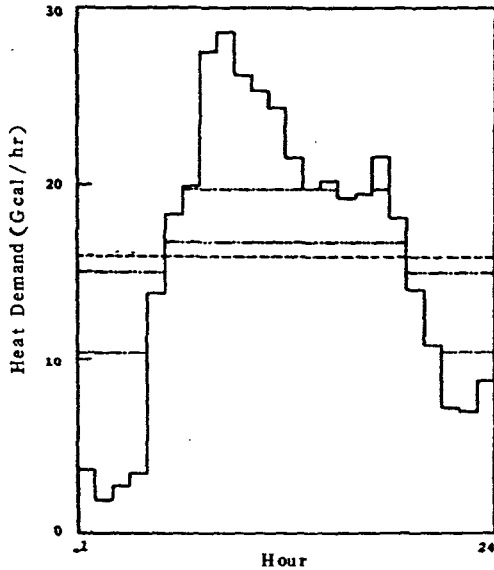


그림 12 Hourly Heat Demand Distribution at Peak Day (January)
(AF=0.2) (—, HS=0.0; -.-, HS=0.1; ···, HS=0.2; ---, HS=greater than 0.3)

용율은 년중 최대 peak 시간의 수요를 공급할 수 있는 설비용량에 대한 년중 이용량의 비율로 나타내었다.

아파트지역과 사무실지역의 시간별 부하분포는 약간의 차이가 있으므로 적절한 비율로 분포되어 있을 때 최대 이용율이 나타남을 알 수 있다. 축열조의 용량(HS)이 증가할수록 연간이용율도 증가하였으며 HS가 0.4이상일 때는 더 이상의 변화가 없었다. 외국의 경우 연간이용율이 20~40%정도이며 충분히 경제성이 있는 것으로 고려되고 있으나 여기서는 AF=0.2일때 연간이용율이 40%이상되는 경우에 대해 세부적으로 알아보았다. 그림 12에는 AF=0.2일때 peak 일의 시간별

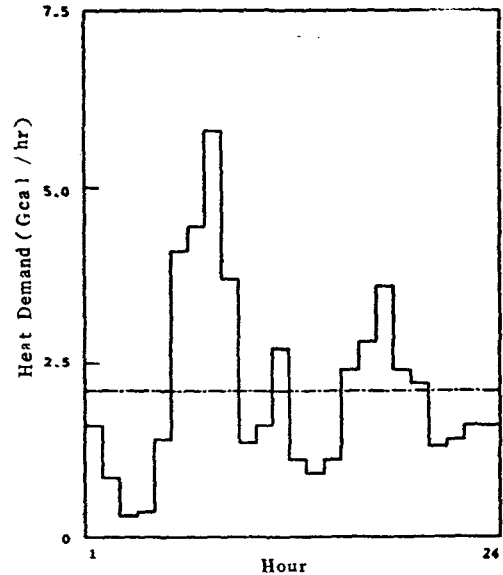


그림 13 Hourly Heat Demand Distribution at Base Day (September)
(AF=0.2) (—, HS=0.0; -.-, HS=greater than 0.1)

열량수요를 나타내었다. 아파트지역과 사무실 지역의 열량수요가 중복되어 개별적인 경우보다 분포pattern의 변화가 심하지는 않았다. 축열조의 용량이 증가할수록 시간별 수요변화가 크게 감소하였으며 HS가 0.3이상에서는 시간별 수요가 일정하게 나타났다. 실제 적용에 있어 축열조에서 열의 축적과 추출과정에서 축열온도 수준과 이용온도 수준의 차이에 의해 다소의 에너지가 더 소비될 수도 있으나 여기서는 고려하지 않았으며 열공급 pattern도 운전조작에 의해 크게 좌우될 수 있으나 여기서는 비 peak 시의 여유분을 저장하여 peak 시에 시설용량 이상 수요분에 대해 공급한다는 개념을 적용하였다. 그림 13

에는 $AF = 0.2$ 일때 base 일의 시간별 열량 수요를 나타내었다.

일일 총열수요량이 적어 축열조의 용량이 0.1만 되어도 시간별 수요가 일정하게 나타났다. 그림 14에는 월별이용을 분포를 나타내었다. 축열조용량이 증가할수록 월별이용율도 증가하였다. 겨울철의 이용율에 비해 5월~10월사이의 이용율이 매우 낮음을 알수 있다. 7-8월의 경우 흡수식 냉방기에 의한 냉방수요가 있어 이용율이 약간 높으나 5-6-9월의 시기에는 각 건물에서는 냉·난방을 거의 하지않고 아파트의 경우 약간의 온수만을 공급하기 때문에 이용율이 매우 낮다.

이 경우 앞에서 제시한 규모의 가스터빈 열병합/지역난방system을 여러대 설치하여 하절기 수요에 맞게 부분 운전한다며 높은 부분 이용율을 유지할 수 있으리라 생각된다. 그림 15에서 보는바와 같이 $AF = 0.2$ 인 경우 축열조 용량(HS)이 0.3 이상이면 연간이용율은 변화가 없다.

그러나 실제적용시 축열조용량(HS)은 시간별 수요peak 조절뿐 아니라 긴급사고로 인한 system의 운전중단 중에도 운전재개때까지 열공급을 계속해주기 위한 것을 고려하여 결정되어야 할 것이다. 예로 현재 추진중

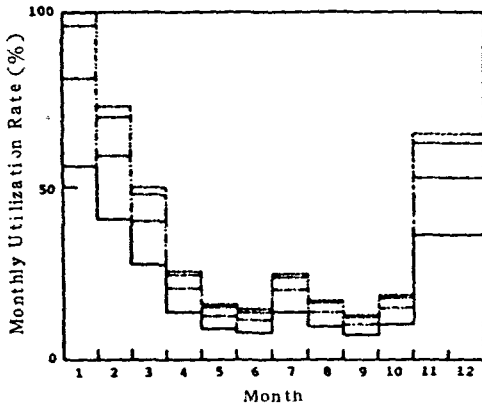


그림 14. Monthly Utilization Rate Distribution
($AF = 0.2$)(—, $HS = 0.0$; ---, $HS = 0.1$; - · - · -, $HS = 0.2$; ---, $HS = \text{greater than } 0.3$)

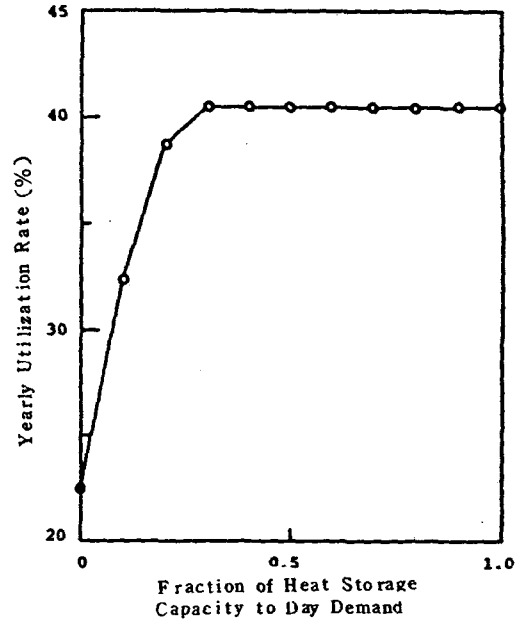


그림 15 Yearly Utilization Rate Distribution with HS at $AF = 0.2$

인 남서울화력발전소(구 당인리발전소)의 폐열을 이용한 지역난방의 경우 최대일일 수요량의 2배이상에 달하는 축열조 규모를 적용하고 있다. 이러한 천연가스를 이용한 가스터빈 열병합/지역난방system은 높은 이용율 외에도 연료의 전처리, 후처리 설비와 저장설비등이 필요없고 용수사용량도 적으며 건설에 필요한 면적 및 기간들이 짧아 다른 system에 비해 높은 경제성을 가질 수 있다.

또 다른 활용방안으로서 기존의 사무실 건물이나 아파트단지내의 냉·난방system 설비와 연관시켜 열량수요의 peak 부분을 이 system이 공급하고 기존의 system은 기저부하용으로 항상 일정하게 운전하는 방법도 고려될 수 있다.

6. 결 론

이상에서와 같이 열병합/지역난방에 대한 개략적 검토와 천연가스 이용시의 국내적용

가능성에 대해 알아보았다.

열병합/지역난방system은 기존의 발전방식에 비해 높은 열효율을 가질 수 있으며 천연가스를 이용한 소규모 가스터빈 열병합system의 경우 이용을 면에서 충분히 경제성을 가지고 있었다.

기존 증기터빈 발전소의 경우 개수에 따른 어려움과 지역난방 수요지와의 거리관계 등으로 인해 쉽게 대도시나 인구밀집 지역에 적용하기 힘든 반면 가스터빈 발전의 경우 단순한 폐열이용과 개수나 신축이 용이하다는 점에서 지역난방 이용에 상당한 잇점이 있다. 더우기 가스터빈 발전에 천연가스를 이용할 경우에는 발전효율증가, 건설비감소, 건축면적축소, 공해억제 등의 잇점이 있어 대도시 중심부나 인구밀집 지역에도 신축이 가능하다.

지역Model에서 살펴본바와 같이 천연가스를 이용한 가스터빈 열병합/지역난방 시스템은 상업지역이 많은 도심에서 적정용량의 축열조가 설치된다면 40%이상의 높은 이용율을 가질 수 있음을 알 수 있었다.

이 시스템은 지역난방을 위한 열생산 이외에도 전력이 동시에 생산되므로 기존의 전력공급system 및 열공급 전용system과 유기적으로 연관시켜 활용한다면 효과적인 지역난방system이 이루어질 수 있으리라 예상된다.

참 고 문 헌

1. “도시에 대한 지역난방의 계획 및 건설기술에 관한연구”, 연구보고서, 일본 건설센타, 1970
2. Jurgen Kehrman, Diplo - Kfmo, “Economic Consideration of District Heating Schcmes within Growing Property Devlopments”, 1st International District Heat - ing Conference, Section I, London, 1970
3. “세계의 지역 난·냉방”, 도시환경공학 회, 일본, 1975. 5
4. 최인영, 김영걸, “신도시건설에 있어 지역난방 개념의 적용연구”, 연구보고서, 중앙대학교, 1978. 3
5. 이춘식 외, “발전폐열을 활용한 지역 난방 종합에너지시스템에 관한 연구, B.S. E. 498(1)-1547-2(1), 한국과학기술연구소, 1980. 12
6. “지역난방계획 조사보고서”, 동경로 도시정비국 공해방지 계획부, 1975. 3
7. “도시에 대한 지역난방의 계획 및 건설기술에 관한 연구”, 연구보고서, 일본 건설센타, 1973. 1974
8. “Advantages of District Heating and Economical Efficiency,” International Power Conference, 1970
9. “엔엔지 편람”, 한국가스공사, 1984
10. “동경가스빌딩의 Community Energy System”, 동경가스 주식회사, 1984. 11
11. “Gas Turbine 운전조작교본”, 한국 전력공사, 1978
12. 遠藤昭博, “지역냉난방과 열병합발전” 냉동, 제 49권, 566호, p 35
13. 김풍기 외, “연소계통 개선방안연구”, 연구보고, 한국전력공사, 1982. 11
14. “남서울지역난방”, 용역보고, 대우엔지니어링(주)-BRUUN & SØRENSEN AS, 1982.
15. “GAS 냉난방”, 극동도시가스주식회사, 1983.