

대형상업건물의 열병합발전 부하조사

한승호 · 권순우 · 정상원 · 정재혁

대한제당(주) 중앙연구소

A Survey on the Co-Generation Load for Large Commercial Buildings

Seung Ho Han, Soonwoo Kwon, Sangwon Jung and Jaehyuk Jung

TS Corporation R&D Center

요 약

서울특별시 소재 대형 상업건물중 50개 에너지 다소비업체를 선정하여 에너지 사용실태를 조사하였다. 조사대상 건물은 병원, 호텔, 백화점/사무실 등 3개 집단으로 분류하여 시설현황, 에너지사용량, 부하분포특성 등을 분석하였다. 여름철 냉방전력 사용량이 열부하 피크 발생에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이를 열병합발전-흡수식 냉동기 방식으로 대체할 경우 전기부하 분포가 연간 비교적 일정하게 변환시킬 수 있어 열부하추중운전방식이 적합함을 알 수 있었다. 그러나 단일건물의 경우 연간열부하분포가 경제적 규모에 미달하여 단독으로 열병합발전 설비를 도입하기에는 미흡한 점이 있어 다수건물을 대상으로 하는 공동 열병합발전 방식이 보다 유리한 것으로 판단된다. 이를 추진하기에는 전기사업법, 액화천연가스 요금체계 등과 같은 법제도의 정비가 선결되어야 할 것이다.

Abstract—Energy consumption statistics have been surveyed for 50 large commercial buildings with high energy consumption records in Seoul City. The buildings were classified into three different groups for data analysis: hospitals, hotels, and department stores/office buildings. The analysis was focused on identifying installed boiler and refrigerator data, energy consumption rates, and energy load distribution throughout the year. Refrigerating electricity was confirmed again to affect most on the formation of the summer electricity load peak as expected. Replacing the refrigerator electricity peak in the summer with co-generation will give rise to constant electricity load distribution, verifying the need for co-generation in large commercial buildings. However, overall heat load distribution in a single building is still considered not large enough for economically feasible co-generation and thus joint co-generation for multiple neighboring buildings are preferred and the Electric Power Law and LNG pricing policy should be revised favorably for co-generation in advance.

1. 서 론

최근 대형 상업건물의 에너지 사용량이 급격한 증가 추세에 있어 국가 에너지의 효율적 이용 측면에서 열병합발전에 대한 적극적인 검토가 요구된다. 특히 여름철 냉방전력은 침투부하 증가의 직접적인 원인이 되고 있으며 예비율 감소로 인한 신규발전소 건설 수요 증대 등 파급효과 때문에 정부의 전원계획에 심각한 영향을 미치고 있다. 이런 관점에서 전기수요관리는 정부 에너지 절약정책의 중요한 기초가 되고 있으며 정책적으로

도 건물 열병합발전설비의 도입을 촉진하기 위한 제도 정비를 서두르고 있다.

가스연료를 사용하는 건물 열병합 발전설비에 대한 연구는 국내에서는 한국가스공사 연구개발원과 에너지 자원기술개발지원센터를 중심으로 다년간 추진되어 왔다¹⁾. 열병합발전설비 도입을 위한 각종 제도 정비 및 지원정책 수립, 가스엔진 개발, 경제성 분석 소프트웨어 개발 등 다양한 분야에서 연구를 수행하였다²⁾³⁾. 또한 국내 대형상업건물중 신라호텔, 무역협회, 롯데월드 등에서는 이미 열병합발전설비를 설치하여 가동중에 있으

며 에너지절약에 크게 기여하고 있다¹²⁾.

건물열병합은 대개 부하속응성이 우수한 터빈/엔진방식을 채택하게 되는데 정부환경고시에 의하여 대도시지역은 대부분 가스연료(LNG) 사용을 의무화하고 있어 가스터빈이나 가스엔진 방식으로 제한된다. 건물열병합은 공장열병합과 달리 계절별, 일별 부하변동이 심한 특성이 있기 때문에 설비도입에 앞서 부하특성조사가 반드시 선행되어야 한다. 기초자료인 열부하, 전기부하조건을 토대로 하여 부하누적곡선(Load Duration Curve)을 작성한 후 최대부하, 최소부하, 연평균부하를 분석하고 보조보일러 사용여부 및 용량에 따라 최종적으로 적정 열병합발전 설비용량을 결정하게 된다¹³⁾. 설비용량 결정에는 열부하추중운전 또는 전기부하추중운전과 냉동기부하를 고려한다.

여기에서는 서울특별시 지역에 소재하는 백화점, 종합병원, 호텔, 사무용건물 등 약 50개 대형 상업건물에 대하여 최근 1년간 에너지 사용실태를 조사하여 열병합발전설비 도입의 경제성 평가를 위한 열부하, 냉방부하, 전기부하조건을 분석하고자 한다.

2. 조사 항목 및 방법

2-1. 조사대상 업체

서울특별시에 소재하는 에너지 다소비업체중 대형 상업건물을 대상으로 하되 연간 연료사용량 500 TOE 이상, 전력사용량 150만 kWh 이상인 업체 50개를 선정하였다. 최종 조사에 응답한 업체는 48개 업체로 각각 병원 22, 호텔 17, 백화점 5, 사무용건물 3, 기타 1 이었다 (Fig. 1 참조).

2-2. 주요 조사항목

조사항목으로는 다음과 같이 열병합발전설비 도입 검토에 필요한 기초 부하자료 사항을 포함한다.

2-2-1. 기존시설현황 조사

- 건물 연면적, 난방면적(m²)

- 보일러: 형식, 용량(톤/시), 효율(%), 급수온도(°C), 증기압력(kg/cm²), 증기온도(°C), 사용연료

- 냉방기: 형식, 용량(RT), 소요동력(kW)

- 전력: 계약용량(kW), 수전전압(kV)

2-2-2. 부하특성

- 월별 연료사용량: 연료사용량(Nm³ 또는 kL), 증기발생량(톤/월), 급탕사용량(톤/월)

- 계절별 일평균 열부하: 봄/가을(4월), 겨울(1월), 여름(8월)의 평일 24시간 열부하(%) 분포

- 계절별 일평균 냉방부하: 봄/가을(4월), 겨울(1월), 여름(8월)의 평일 24시간 냉방부하(%) 분포

- 월별 전력사용량: 총전력사용량(kWh), 최대전력(kW), 냉방전력사용량(kWh)

- 계절별 일평균 전기부하:봄/가을(4월), 겨울(1월), 여름(8월)의 평일 24시간 전기부하(%) 분포

2-3. 조사 방법

전항에서 규정한 조사항목을 포함하는 설문지를 작성하여 우편으로 발송하였으며 일정 기간이 지난 후 설문지를 우편으로 회수하였다. 자료가 미비한 경우는 별도로 조사원이 직접 업체를 방문하여 담당자를 면담하고 자료를 보강하는 방법을 채택하였다.

2-4. 조사기간

1996년 1월부터 3개월간 전년도 자료를 대상으로 조사하였다.

3. 조사결과

3-1. 시설현황

3-1-1. 보일러

조사대상 건물에 설치되어 있는 보일러는 크게 노통연관식, 수관식, 관류식으로 구분할 수 있으며 Fig. 2에서 나타나는 바와 같이 노통연관식이 수량 면에서 전체의 약 59%를 차지하여 주류를 이루고 있다. 수관식은 약 28%, 관류식은 약 13%를 차지한다. 보일러 형식별

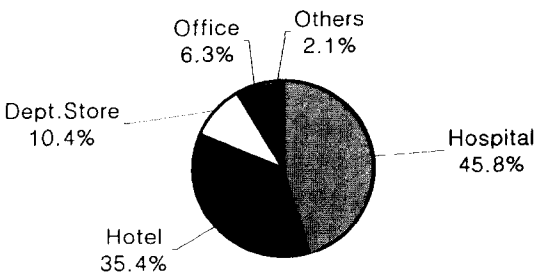


Fig. 1. Classification of building types.

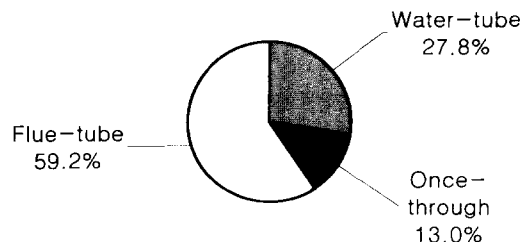


Fig. 2. Boiler type statistics.

용량 분포는 Fig. 3에 정리하였다. 노통연관식 보일러가 용량 면에서도 역시 주류를 차지하고 있음을 보여주고 있다.

보일러 용량별 분포는 10톤/시 미만과 10~20톤/시 범위가 가장 많은 것으로 나타났으며 20톤/시 미만 크기의 보일러는 조사대상의 약 83%를 차지한다(Fig. 4 참조). 서울시 지역에 소재하는 건물들이므로 보일러 연료로는 모두 액화천연가스(LNG)를 사용한다.

3-1-2. 냉동기

냉동기 형식은 크게 압축식과 흡수식으로 구분할 수 있는데 전래의 압축식 냉동기는 압축기 형태에 따라 다시 왕복동, 스크루, 터보방식으로 분류한다. Fig. 5와 같이 수량면에서는 압축식이 전체의 69%를 차지하는 것으로 조사되었으며 대부분 터보압축기를 사용한다. Fig. 6은 냉동기 형식별 용량분포를 정리한 결과이다. 터보

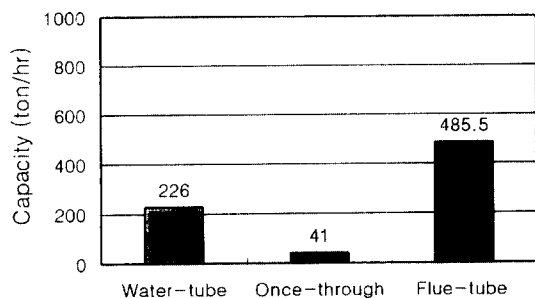


Fig. 3. Boiler types and total capacities.

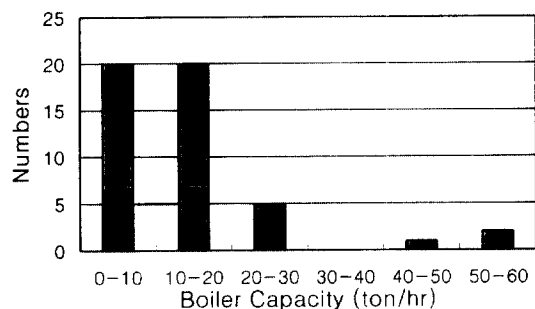


Fig. 4. Boiler capacity statistics.

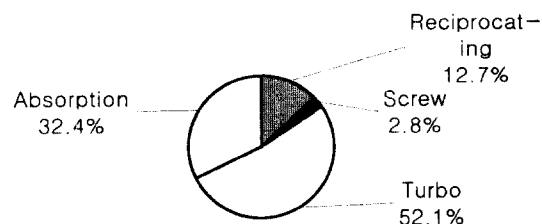


Fig. 5. Refrigerator type statistics.

방식이 여전히 주류를 이루고 있으며 전체 용량의 약 55%를 차지한다. 그 다음으로는 흡수식이 약 29%를 차지하고 있다.

반면 각 건물에 설치되어 있는 냉동기 시설용량은 Fig. 7과 같이 비교적 다양한 분포를 보여준다. 500~1,000 RT 크기가 가장 많으며 1,000~1,500 RT가 2위로 나타난다. 1,500 RT 이상의 대용량 냉동기도 적지 않은데 이 범주는 조사대상의 약 29%를 차지한다. 2,000~2,500 RT가 대형 냉동기 중에서도 다수를 차지하는 점이 특이하다. 이는 냉방부하는 난방부하와 달리 건물의 기능에 따라 근본적으로 수요에 차이가 나타나기 때문으로 추측된다. 냉방방식은 중앙집중식과 공기덕트방식

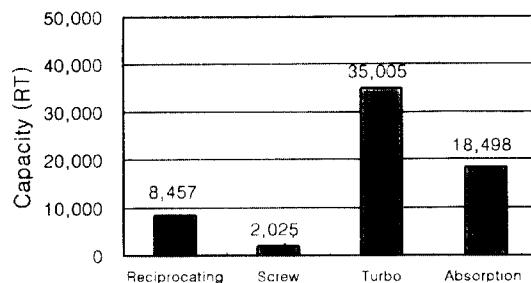


Fig. 6. Refrigerator types and total capacities.

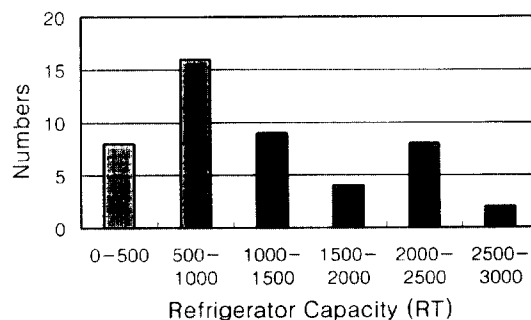


Fig. 7. Refrigerator capacity statistics.

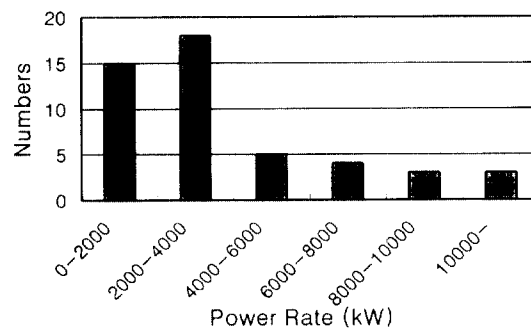


Fig. 8. Contracted power rate statistics.

이 각각 55%, 45% 비율을 구성한다.

3-1-3. 계약전력

한편 건물별 계약전력 분포를 정리하면 Fig. 8과 같이 나타난다. 10,000 kW 이상의 계약전력을 유지하는 건물도 3개가 있었으며 최고치는 20,000 kW이었다. 그러나 대부분의 건물은 4,000 kW미만으로 조사되었으며 이는 전체의 약 70%를 차지한다. 빈도수가 가장 많은 범위는 2,000~4,000 kW 이다.

3-2. 연간 에너지 사용량

3-2-1. 연간연료사용량

정부 고시에 의하여 가스연료를 사용하고 있으며 Fig. 9에 정리한 바와 같이 연간 연료사용량은 예상했던 대로 건물 기능에 따라 큰 차이를 보여주고 있다. 일반적으로 난방면적이 증가함에 따라 연료사용량도 비례하여 증가하는 추세를 보이지만 증가율은 병원이 가장 높고 호텔, 백화점/사무실 순서로 작아진다. 조사대상 대부분의 건물은 난방면적 10만㎡ 미만, 연료사용량 300만 Nm³/yr 미만의 범주에 속함을 알 수 있다. 5만㎡ 미만 크기의 건물에서는 호텔의 연료사용량이 타 건물에 비하여 비교적 높게 나타난다.

3-2-2. 연간전력사용량

연간 전력사용량은 냉방전력을 포함하는 총계를 기준 하였으며 그 결과를 Fig. 10에 정리하였다. 연간 2,000만 kWh 이상을 소비하는 초대형 소비업체도 있지

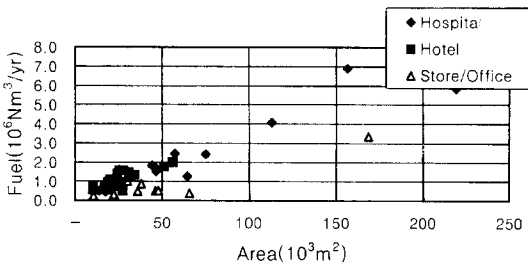


Fig. 9. Total fuel consumption statistics.

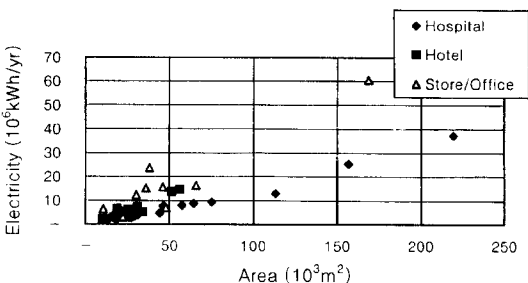


Fig. 10. Total electricity consumption statistics.

만 대부분은 2,000만 kWh 이하의 소비형태를 나타낸다. 같은 난방면적에 대하여 병원의 전력소비량이 상대적으로 가장 낮으며 호텔, 백화점/사무실 순으로 증가한다. 병원에 비해 백화점, 호텔은 건물크기에 따라 소비형태가 매우 크게 차이나는 특징이 발견된다.

3-2-3. 냉방전력사용량

연간 냉방전력 사용량은 Fig. 11과 같으며 대략 연간 총전력사용량의 약 10%를 차지하는 정도이다. 건물유형에 관계없이 전반적으로 분산정도가 심한 편이다. 이는 건물별로 전력소비구조에 차이가 크기 때문으로 추정된다.

3-2-4. 에너지사용율

조사대상 건물의 에너지 사용실태를 에너지사용율 (Nm³/m² 또는 kWh/m²)로 환산한 결과를 Table 1에 정리하였다.

Table 1에서 에너지사용율은 Figs. 9~11상에서 원점을 지나는 1차식 추세선(Y=aX)의 기울기로 산출하였다. 연료사용율은 호텔이 병원이나 백화점/사무실보다 매우 높게 나타나고 있으나 R²값이 0.52로 매우 낮아 호텔간에도 건물에 따라 차이가 큼을 알 수 있다. 병원도 호텔에 버금가는 높은 연료사용율을 보여준다. 반면 백화점/사무실건물은 호텔에 비하여 현저하게 연료사용율이 낮은 편이다.

반면 전기사용율은 백화점/사무실이 가장 높게 조사

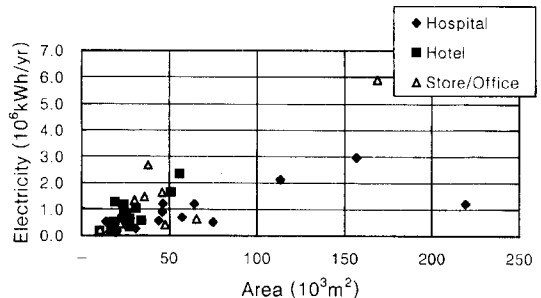


Fig. 11. Refrigerating electricity consumption statistics.

Table 1. Statistical analysis for energy consumption rates.

	Fuel (Nm ³ /yr/m ²)	Electricity (kWh/yr/m ²)	Refrigerating Elec. (kWh/yr/m ²)
Hospital	33.2 (R ² =0.90)	155.1 (R ² =0.96)	12.3 (R ² =0.40)
Hotel	40.9 (0.52)	222.8 (0.82)	31.4 (0.65)
Store/Office	17.6 (0.84)	344.8 (0.88)	32.3 (0.76)

되었으며, 이는 타 건물유형에 비하여 에너지의 전력의 존도가 매우 높기 때문으로 추정된다. 호텔의 경우도 비록 $R^2=0.82$ 로 가장 낮은 수치가 산출되었지만 자료분산도 측면에서 연료소비를 보다는 비교적 자료분포가 고른 결과를 나타낸다. 병원의 단위면적당 전기사용율이 가장 낮으며 $R^2=0.96$ 으로 가장 일관된 결과를 보여준다.

냉방전력사용율은 $R^2=0.40-0.76$ 으로 전반적으로 타 경우보다 낮은 값으로 나타나는데 이는 업체간에 차이가 매우 큼을 의미한다. 백화점/사무실과 호텔의 냉방전력사용율이 거의 동일한 수준으로 높게 나타났으며 이에 반해 병원의 냉방전력사용율은 상대적으로 매우 낮은 편이다.

3-2-5. 월간 에너지사용량 분포

Figs. 9~11은 모든 조사대상 건물의 연간 에너지사용합계를 이용하여 분석한 결과이므로 월간 에너지 사용량 분포를 이해하기 위해서는 조사자료를 난방면적으로 나누어 표준화하는 방법을 채택하였다. 이러한 방법으로 단위면적당 평균에너지사용량의 연간분포를 건물 유형별로 분석한 결과는 Figs. 12~14와 같다. 모든 건물에서 여름철 냉방부하로 인한 전기사용량이 8월에 최대치를 보여주고 있다. 여기서 사용한 평균값은 조사대상 자료의 월별 산출평균으로 구하였으며 자료의 분산도를 추정하기 위하여 최대치와 최소치를 동시에 표시하였다. 병원과 호텔은 비교적 유사한 에너지 소비형태를 보여주고 있는 반면, 백화점/사무실은 여름철 전기사용율이 병원이나 호텔의 약 2배까지 증가하고 있으며 연료

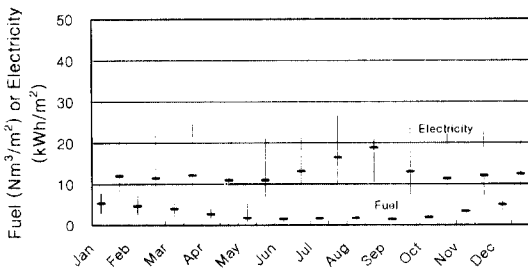


Fig. 12. Average energy consumption rates for hospitals.

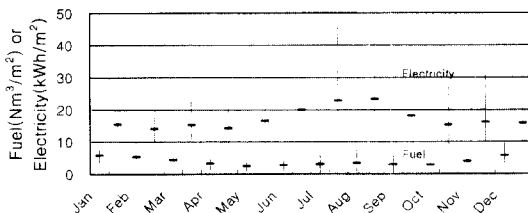


Fig. 13. Average energy consumption rates for hotels.

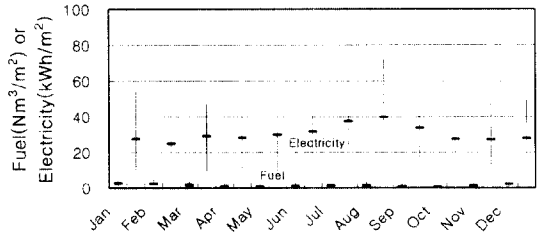


Fig. 14. Average energy consumption rates for department stores/offices.

사용량은 1/2 수준에 머물고 있는 점이 특이하다. 또한 전기사용량의 최대-최소치 범위가 매우 큰 사실은 각 건물에 따라 전기사용구조에도 큰 차이가 있음을 의미한다. 이에 반해 연료사용량은 비교적 최대-최소치 범위가 적은 편이다. 전반적으로 연료사용량에 비하여 전기사용량의 연간분포가 변동폭이 크게 나타나고 있다.

3-3. 부하분포특성 분석

3-3-1. 난방부하분포

각 건물별 하루중 난방시간분포를 정리하면 Fig. 15와 같다. 백화점/사무건물은 하루 중 사용시간이 제한되므로 타 건물에 비하여 난방시간도 상대적으로 비교적 짧은 편이다. 호텔의 난방 및 급탕요구시간이 가장 길고 그 다음은 병원이 차지한다. 호텔과 백화점/사무실 등에서는 난방시간보다 급탕시간이 더 오랜 특성이 있다. 일평균 가동율은 가동시간 기준으로 병원 68.0%, 호텔 84.2%, 백화점/사무실 44.2%이다.

연간 열부하 분포를 단위 면적당 월평균열부하를 기준으로 표시하면 Fig. 16과 같다. 예상한 바와 같이 겨울철(12월~2월) 난방부하가 건물유형(업종)에 관계없이 연중 가장 높게 나타난다. 그러나 여름철 난방부하분포는 업종에 따라 차이가 발견되는데, 호텔과 백화점/사무실의 경우 여름철 난방부하가 오히려 이상적으로 증가하는 역현상을 보이고 있다. 전체적으로는 가운데가 매

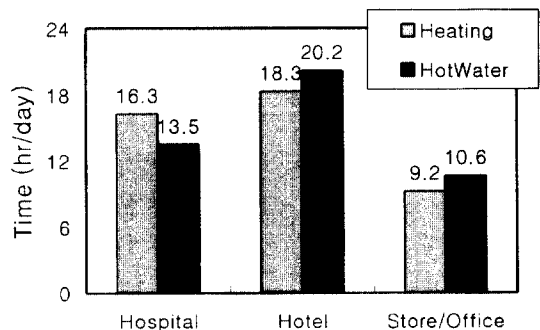


Fig. 15. Daily heating time statistics.

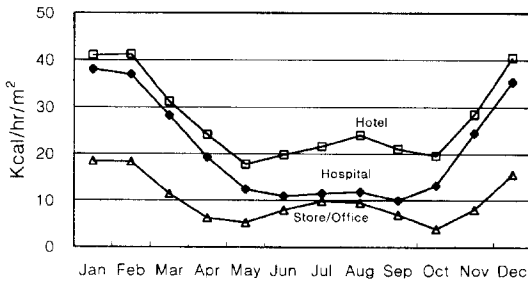


Fig. 16. Monthly average heat load distribution.

우 낮은 W자 혹은 U자형 분포를 나타내고 있으며, 호텔의 열부하가 가장 높고 병원, 백화점/사무실 순서로 낮아진다. 겨울철 난방부하는 호텔과 병원이 큰 차이가 없으나 여름철 난방부하는 병원보다 호텔이 현저하게 높게 나타난다.

3-3-2. 냉방부하분포

대부분의 건물은 업종에 관계없이 평균적으로 연간 약 4~4.4개월간 냉방기를 가동하는 것으로 조사되었다. 그러나 하루중 냉방시간은 건물유형에 따라 다소 차이가 있다. Fig. 17은 냉방시간분포를 정리한 결과이다. 병원의 냉방요구시간이 가장 높고 백화점/사무용건물이 가장 낮다. 일평균 가동율은 가동시간 기준으로 병원 64.6%, 호텔 61.7%, 백화점/사무실 46.3%이다.

연간 냉방전기부하 분포는 Fig. 18에 정리하였다. 단위면적당 월평균 냉방전기사용율을 토대로 작성한 결과이다. 여름철 최고치는 백화점/사무실이 약 60 Kcal/hr/m²로 가장 높고 호텔, 병원 순서로 낮아진다. 호텔은 8월 최고치가 약 50 Kcal/hr/m², 병원은 약 40 Kcal/hr/m² 수준이다.

3-3-3. 전기부하분포

Fig. 19는 연간전기부하 분포를 역시 단위면적당 월평균전기부하를 기준으로 정리한 결과이다. 여름철 냉

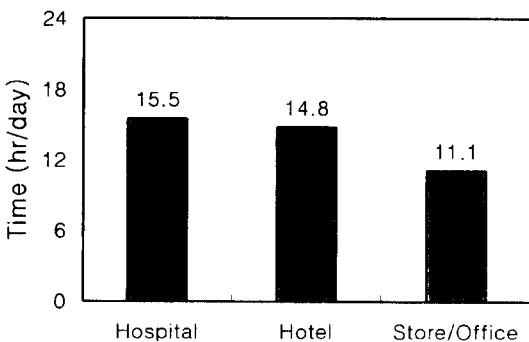


Fig. 17. Daily refrigerating time statistics.

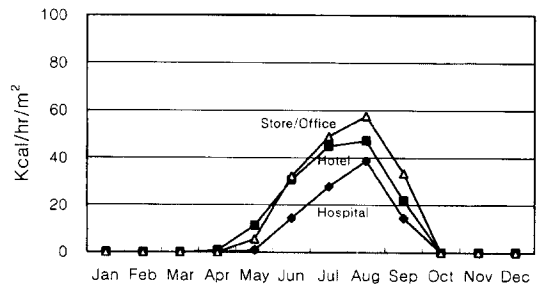


Fig. 18. Monthly average refrigerating load distribution.

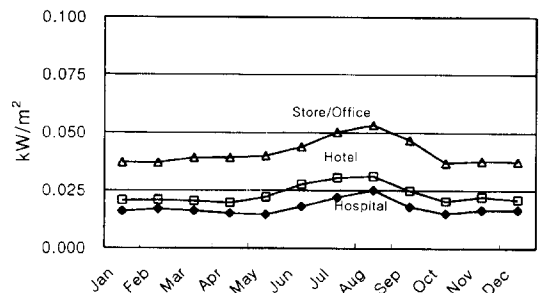


Fig. 19. Monthly average total electricity load distribution.

방전기부하 곡선이 그대로 연간 부하분포곡선에 반영되어 있음을 알 수 있다. 전반적으로 백화점/사무실의 전기부하가 타 건물유형에 비하여 현저하게 높은 수치를 보여주고 있는 반면, 호텔과 백화점은 거의 유사한 경향을 나타내고 있다.

3-3-4. 열병합 부하 분포

열병합발전설비는 열부하 공급을 위한 열원동기(엔진 또는 터빈)와 냉방부하 공급을 위한 흡수식 냉동기를 함께 사용하기 때문에 기존 시설보다 열부하는 증가하고 대신 전기부하는 이에 상응하여 크게 줄어들게 된다. Fig. 20은 냉방전기부하를 열 부하로 환산하여 총 난방

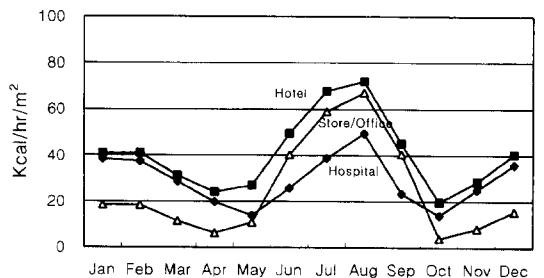


Fig. 20. Monthly average (heat+refrigerating) load distribution.

부하를 계산한 결과를 보여준다. Fig. 16에 비하여 총 난방부하는 가운데가 매우 높은 W자형을 보여주고 있어 냉방부하의 영향이 매우 큼을 알 수 있다. Fig. 16의 여름철 부하는 호텔 > 병원 > 백화점/사무실 순서였으나, Fig. 20에서는 호텔 > 백화점/사무실 > 병원으로 순서가 바뀌어 백화점/사무실의 여름철 부하증가가 병원을 능가하고 있는 점이 이채롭다.

비슷한 개념에서 냉방전기부하를 제외한 순 전기부하를 산출하면 Fig. 21과 같이 정리된다. 전기부하 중에서 차지하는 냉방전기부하의 비중이 워낙 크기 때문에 이를 제외시키면 순 전기부하는 연간 거의 일정한 상태로 유지될 수 있음을 보여준다. 즉 흡수식냉동기를 도입하여 냉방전기부하를 열부하로 바뀌주면 열병합발전에 유익한 전기부하구조로 전환시킬 수 있는 가능성이 매우 커짐을 알 수 있다.

이상과 같이 건물열병합설비의 운전방식은 전기부하 추종운전보다 열부하추종운전 방식이 적합할 것으로 추정된다. 열부하추종운전 방식에서는 Fig. 20을 기준으로 하게 되며 전기부하추종운전 방식은 Fig. 19의 총전기부하를 토대로 열병합발전설비 용량결정을 위한 계통분석을 실시하게 된다.

3.3-5. 단위면적당 연평균 에너지부하

이상의 분석결과를 종합하여 단위면적당 연평균 에너지부하를 계산한 결과는 Table 2와 같다. Table 2의 수치는 월간에너지부하를 12개월간 산술평균으로 구한

값을 나타낸다.

4. 결 론

병원, 호텔, 백화점, 사무건물 등 서울특별시에 소재하는 에너지 다소비업체 50개를 조사하여 열병합발전 설비 도입을 위한 기초자료를 분석하였다. 조사결과 단독건물의 총에너지 소비량이나 연간 에너지소비량 분포가 열병합발전설비를 도입하기에는 대부분 경제성이 아직 부족한 수준에 있으며 앞으로도 계속해서 여름철 냉방부하 증가현상이 지속될 것인지가 열병합의 도입여부 결정에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다¹⁷⁾. 전기부하가 여름철에 집중되어 피크가 발생하는 불리한 에너지 구조를 경제적으로 개선하기 위해서는 다수 건물을 동시에 포함하는 공동 열병합발전 방식의 보급이 적합하나 아직 전기사업법이나 천연가스의 요금체계가 건물열병합의 도입을 적극적으로 추진하는데 여러 가지 장애요인을 내포하고 있어 제도상의 시급한 정비가 선행되어야 한다^{14,15)}. 최근 해외에서는 기존 전력사업자 이외에 독립전력사업자의 참여가 확대되는 추세에 있으며, 국내에서도 점차 민자발전소의 건설이 추진되고 있으므로 여름철 피크에 대한 전기수요관리의 효율성을 위해서도 건물열병합발전의 보급을 재추해야 할 것이다.

감사의 글

이 조사는 에너지관리공단원의 지원을 받아 "가스열병합발전 경제성분석 프로그램 개발 연구"의 일부로 추진하였으며 조사과정에 적극적인 협조를 해주신 에너지관리공단과 조사대상 건물의 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 최병혁 외: 가스이용 기술개발 II, 한국동력자원연구소 (1986).
2. 방효선, 손화승, 최정환: 천연가스 이용 빌딩 열병합발전 기술개발 기초연구, 한국가스공사 (1991).
3. 방효선 외: 소형 열병합발전시스템 개발 및 보급방안 연구 Workshop, 한국가스공사 (1993).
4. 방효선 외: 소형 열병합발전시스템 개발 및 보급방안 기획 연구, 한국가스공사 (1993).
5. 방효선 외: 1000 kW급 가스터빈 패키지 열병합 시스템 개발, 한국가스공사 (1995).
6. 엔진 열병합발전 기술, 한국기술자문본부 (1991).
7. 정동수 외: 냉난방을 위한 가스엔진 구동 열펌프 기술개발, 한국기계연구소 (1991).

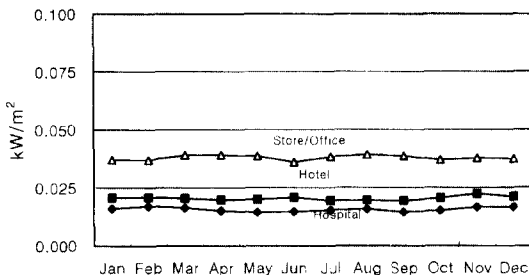


Fig. 21. Monthly average (electricity-refrigerating) load distribution.

Table 2. Average co-generation loads.

	Heat (Kcal/hr/m ²)	Electricity (kW/m ²)	Heat+ Re- frigerating (Kcal/hr/m ²)	Electricity- Re- frigerating (kW/m ²)
Hospital	21.06	12.91	29.21	11.47
Hotel	24.55	17.28	40.66	14.94
Store/Office	10.18	30.44	25.03	27.80

8. 오시덕: 국내외 가스터빈 열병합 시스템의 기술개발 현황과 보급 전망, 효성중공업주식회사 (1995).
9. 유광택: 가스엔진 열병합발전 시스템의 기술개발 현황과 보급전망, 쌍용중공업주식회사 (1995).
10. 한승호 외: 열병합발전 도입계획지원 프로그램 개발, 에너지관리공단 (1994).
11. 소형 열병합발전소 관리 및 제어 소프트웨어 개발에 관한 최종 보고서, 통상산업부 (1995).
12. 열병합발전 우수사례 발표 기술설명회, 에너지관리공단 (1994).
13. 한승호 외: 가스열병합발전 경제성 분석 프로그램, 에너지관리공단 (1996).
14. 김종달, 김종덕: 열수급계약 승인기준설정에 관한 연구, 에너지경제연구원 (1993).
15. 박화춘: 가스열병합발전 시스템의 보급환경, 한국에너지기술연구소 (1995).