

전기구동 히트펌프(EHP)와 가스엔진구동 히트펌프(GHP)의 에너지소비량 및 환경부하 분석

김 상 훈[†], 임 상 채, 정 광 섭*, 김 영 일*
서울산업대학교 에너지환경대학원, *서울산업대학교 건축학부

Analysis of Energy Consumption & Environmental Load of Electric Heat Pump and Gas Engine Driven Heat Pump

Sang-Hun Kim[†], Sang-Cae Lim, Kwang-Seop Chung*, Youngil Kim*

ABSTRACT: Energy is motive power that makes convenient society. But, our country's energy is depending on most import. Also, energy and environmental issue are important problem in community of nations. The purpose of this study is to analysis the energy consumption and environmental load of EHP and GHP in Medium and small-scaled office building. The annual energy consumption used to cooling and heating by EHP was 10 percent more than GHP. And annual energy cost of EHP was 33 percent more expensive than GHP. But, Compared to the annual CO₂ emission, EHP was 6 percent less than GHP. Therefore, equipment selection should be consider environmental load as well as energy consumption and cost.

Key words: Energy consumption(에너지소비량), Environmental load(환경부하), Electric heat pump(전기구동 히트펌프), Gas engine driven heat pump(가스엔진구동 히트펌프), Carbon emission factors(탄소배출계수), CO₂ emission(이산화탄소 배출량)

1. 서 론

에너지는 현대사회를 편리하게 영위할 수 있도록 조성해주는 원동력이나, 현재 주로 사용하고 있는 화석에너지의 매장량이 한정적이기 때문에 유한성이라는 문제점을 내재하고 있다.

특히, 한국은 석유 40년, 석탄 220년, 천연가스 64년의 고갈성 에너지를 산업발전의 기반으로 하고 있으며, 소득에 비하여 에너지 다소비형 산업 구조로 구성되어 있어 선진국보다 높은 수준의 에너지소비원단위를 보이고 있다. 막대한 양의 에너지를 사용하고 있으나 수입의존도가 약97%에 이르기 때문에 오일쇼크와 같은 에너지 대란

이 발생할 경우 스스로 통제할 수 있는 능력이 전혀 없기 때문에 에너지문제는 심각하게 다루어야 하는 과제이다.

그리고, 인구의 폭발적 증가와 과학기술의 발달로 대량생산·대량소비의 산업사회가 정착되면서 오존층 파괴, 기상 이변, 생물종의 감소 등 지구 환경위기 발생으로 인류는 생존위기라는 거대한 도전에 직면하게 되어 환경과 조화된 에너지 계획수립의 중요성이 높아지고 있다. 이러한 중요성을 인식하여 우리나라는 기후의 안정성을 확보를 목적으로 하는 기후변화협약에 1993년 12월 가입하였다.

기후변화협약에서 규제하는 온실가스는 주로 화석에너지의 사용으로 배출되기 때문에 에너지 소비가 많은 국내의 경제 산업구조에 대한 수정을 요구하는 심각한 문제이다.

따라서, 본 연구에서는 중소규모 건축물에 주

[†]Corresponding author

Tel.: +82-2-972-4095; fax: +82-2-972-4096

E-mail address: ksh0226@snut.ac.kr

로 적용되고 있는 냉난방시스템인 전기구동 히트펌프(이하 EHP.)와 가스엔진구동 히트펌프(이하 GHP.)를 대상으로 냉난방에 소요되는 에너지소비량과 에너지소비에 따른 이산화탄소 배출량을 분석하는 것을 목적으로 하였다.

2. 대상 건축물 및 적용 시스템

2.1 대상 건축물 개요 및 조건

본 연구의 대상 건축물은 서울시 강남구에 위치한 지하2층, 지상7층의 중소규모 건축물로서 지하2층에는 기계실, 저수조실, 전기실, 지하1층과 지상1층은 근린생활시설, 지상2층부터 지상7층까지는 사무실로 계획하였다. 건물개요를 정리하면 Table 1과 같다.

기상데이터는 서울지역 표준 기상데이터(대한설비공학회, TMY)를 기준으로 하였으며, 냉방과 난방시 실내 설정온도는 각각 26℃와 20℃로 하였다.

건물에 적용된 외피 열관류율은 구조체의 물성치를 고려하여 적용하였으며, 건물의 주된 용도인 사무실의 내부발열 부하는 건물의 실제 운영 실태를 조사하여 채실밀도 0.2 인/㎡, 조명부하 25 W/㎡, 기기부하는 10 W/㎡로 설정하였고 인체발열은 현열, 잠열 각각 65 W/인을 사용하였다. 건물의 운영시간은 09시부터 20시까지로 하였으며 주말인 토요일과 일요일에는 건물을 운영하지 않는 것으로 하였다.

2.2 적용 시스템 개요

EHP와 GHP는 압축기에 의하여 구동되는 1대의 실외기에 다수의 실내기를 조합하여 실내를 냉난방 하는 방식으로 전기모터에 의하여 압축기가 구동되는 EHP와 달리 GHP는 압축기의 구동에 가스엔진을 사용하는 차이점이 있다.

본 연구에서 적용된 EHP와 GHP의 실외기 및 실내기는 건물 열부하 시뮬레이션을 실시하여 계산된 장비용량을 기준으로 국내에서 판매되고 있는 동급용량의 장비를 선정하였다.

그리고, 건물에 적용된 장비의 월별 에너지사용량은 동적 열부하 계산 프로그램인 DOE-2.1E에서 시뮬레이션된 값을 적용하였다.

Table 1 Summary of the building

Location	Gangnam-ku, Seoul, Korea
Floor	B2F, 7F
Structure	Reinforced Concrete
Gross floor area	3,196m ² (968py)
Use	Office

3. 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량 분석

3.1 에너지원별 발열량 및 탄소배출계수

분석대상 시스템인 EHP와 GHP의 에너지소비량 비교를 위하여 Table 2에 나타난 석유환산 기준표의 에너지원별 발열량을 이용하여 전기 및 도시가스 사용량을 에너지소비량으로 환산하였다.

환경부하는 지구의 대기기온을 상승시키는 온실가스의 80% 이상을 차지하는 이산화탄소 배출량을 지표로 하였다.

도시가스의 이산화탄소 배출량 산출을 위하여 1996년 IPCC Guidelines에서 규정한 탄소배출계수를 이용하였으며, 전기는 소비단계에서 대기오염물질의 배출이 없으나, 발전과정에서 연료사용에 따른 탄소배출이 있으므로 1996년도 한국전력 발전연료 구성비와 IPCC 자료에 의하여 산출된 탄소배출계수를 사용하였다.

Table 2 Heating value of energy resources

Energy resources	Heating value		Oil equivalent		
	Unit	value	Unit	Equivalent factor	
Oil	Crude oil	kcal/kg	10,000	kg/kg	1.0
	Gasoline	kcal/l	8,300	kg/l	0.83
	Kerosene	kcal/l	8,700	kg/l	0.87
	Light oil	kcal/l	9,200	kg/l	0.92
Gas	Propane	kcal/kg	12,000	kg/kg	1.20
	Butane	kcal/kg	11,800	kg/kg	1.18
	City gas	kcal/Nm ³	10,500	kg/Nm ³	1.05
Coal	Anthracite	kcal/kg	4,500	kg/kg	0.45
	Soft coal	kcal/kg	6,600	kg/kg	0.66
	Cokes	kcal/kg	6,500	kg/kg	0.65
Electricity	kcal/kWh	2,500	kg/kWh	0.25	

Table 3 Carbon emission factors & CO₂ emission

Energy resources		Carbon emission factors	Carbon emission per unit	CO ₂ emission per unit
		TC/TOE	kg C/unit	kg CO ₂ /unit
Oil	Crude oil	0.829	0.829/kg	3.040/kg
	Kerosene	0.812	0.707/l	2.592/l
	Light oil	0.837	0.770/l	2.824/l
Gas	Propane	0.713	0.856/kg	3.137/kg
	Butane	0.713	0.841/kg	3.085/kg
	City gas	0.637	0.669/Nm ³	2.454/Nm ³
Coal	Anthracite	1.100	0.495/kg	1.814/kg
	Soft coal	1.059	0.699/kg	2.562/kg
	Cokes	1.210	0.787/kg	2.885/kg
Electricity			0.132/kWh	0.484/kWh

각 에너지원별 탄소배출계수는 탄소량을 나타내므로 이산화탄소 배출량으로 환산하기 위하여 탄소배출계수에 이산화탄소와 탄소의 질량비인 44/12를 적용하여 산출하였다.

Table 3에 각 에너지원별 탄소발생량 및 이산화탄소배출량을 나타내었다.

3.2 에너지소비량

대상 건축물의 냉난방에 소비되는 전기 및 도시가스 사용량을 Table 2를 이용하여 동일한 단위인 Mcal로 환산하여 Fig 1에 월별 에너지소비량을 나타내었다.

냉방기간은 5월부터 10월까지로 8월에 냉방용 에너지소비가 가장 많았고, 난방기간은 12월에서 3월까지로 1월에 에너지를 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다.

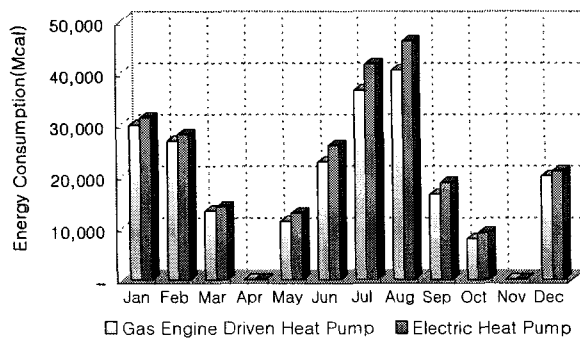


Fig 1 Monthly energy consumption

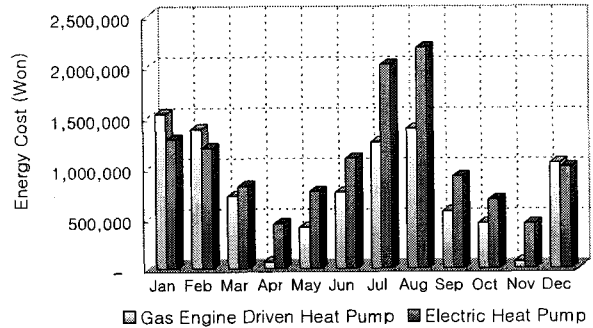


Fig 2 Monthly energy cost

연간 냉난방용 에너지소비량은 EHP와 GHP가 각각 247,922 Mcal, 224,576 Mcal를 사용하는 것으로 나타나 EHP의 에너지소비가 23,346 Mcal 많은 것으로 분석되었다. 이것은 전기의 환산발열량을 1차 에너지 공급량 기준인 2,500 kcal/kWh를 적용하였기 때문에 최종에너지 출력량 860 kcal/kWh를 기준으로 하는 장비의 성능계수 및 열효율과 차이가 발생하는 것으로 생각된다.

분석된 에너지소비량을 기준으로 에너지비용을 산출하여 Fig 2에 나타내었다. 에너지비용의 기준은 전기의 경우 한전요금(2005.12.28)을 사용하였으며, 도시가스는 강남구 공급업체인 대한도시가스의 요금(2006.03.01)을 적용하였다.

에너지소비량과 에너지비용의 차이는 동절기에는 가스요금이 비싸고 하절기에는 전기요금이 비싼 요금부과체계의 특성 때문에 발생하였으며, 냉난방에너지가 소비되지 않는 4월과 11월에는 전기요금의 기본요금 때문에 EHP와 GHP의 에너지비용차가 큰 것으로 생각된다.

에너지비용을 비교했을 때 EHP의 연간 에너지비용은 12,819,824원으로 GHP의 9,618,833원보다 3,200,990원 많게 산출되었다. 이것은 전기요금은 기본요금이 있으며 단위 발열량당 요금이 비싸기 때문으로 판단된다.

3.3 이산화탄소 배출량

EHP와 GHP의 에너지소비에 따른 환경부하는 분석하기 위하여 본 연구에서는 지구온난화 현상의 주된 원인이 되는 이산화탄소 배출량을 산출하였다.

Fig 3과 Fig 4와 같이 탄소배출계수는 에너지소비량이 가장 많은 8월에 가장 높게 나타났으며 탄소배출계수에 따른 이산화탄소 배출량도 동일한 경향을 나타내었다.

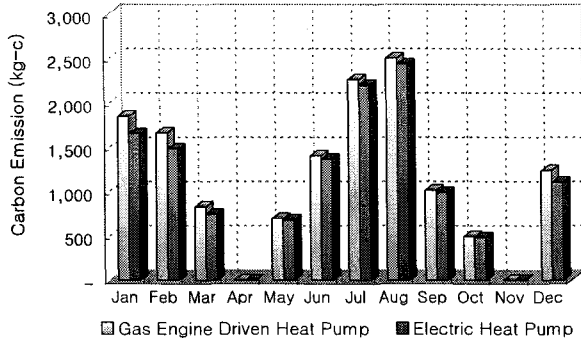


Fig 3 Monthly carbon emission

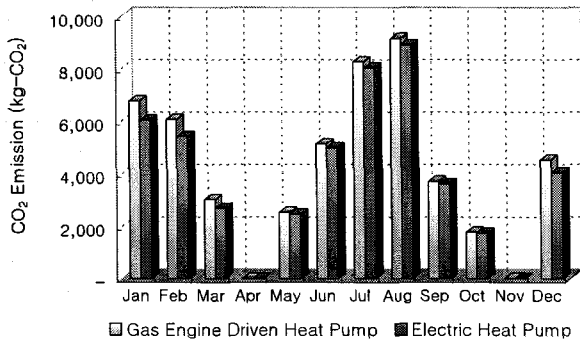


Fig 4 Monthly CO2 emission

연간 탄소배출계수는 EHP의 경우 13,090 kg-C였으며 GHP는 13,924 kg-C로 산출되었다. 이를 근거로 각 시스템별 연간 이산화탄소 배출량을 환산하면 EHP와 GHP가 각각 47,998 kg-CO₂, 51,056 kg-CO₂로 EHP가 3,058 kg-CO₂ 적은 것으로 나타났다.

분석대상 시스템의 에너지소비량과 이산화탄소 배출량 결과가 상이하게 나타나는 것은 에너지원으로 사용되는 도시가스 및 전기의 탄소배출계수의 차이 때문에 발생하는 것으로 분석되었다.

즉, EHP에서 많이 사용되는 전기에너지의 경우, 전력 생산과정에서 발생하는 에너지원별 탄소배출량의 합을 전체 발전량으로 나눈 탄소배출계수를 산출하기 때문에 국내 발전량의 약 35%를 차지하는 원자력과 수력은 탄소배출 없이 전기를 생산하는 것으로 적용되어 화석연료인 도시가스를 주 연료로 사용하는 GHP보다 상대적으로 탄소배출계수 및 이산화탄소배출량이 낮게 나타난다.

3.4 결과 비교

연간 에너지소비량, 이산화탄소배출량, 에너지비용을

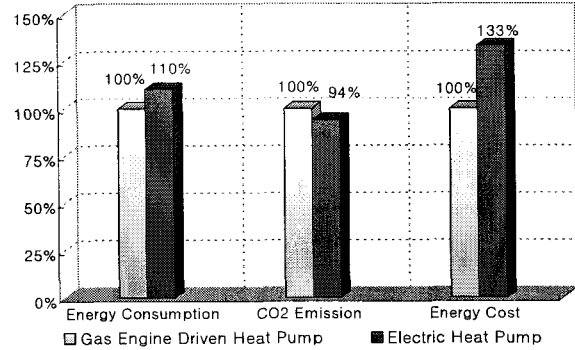


Fig 5 Performance comparison of EHP & GHP

종합하여 Fig 5에 나타내었다. GHP를 기준으로 하였을 때, 1차에너지 공급량을 기준으로 한 연간 냉난방용 에너지소비량은 EHP가 10% 많았으며, 연간 이산화탄소배출량은 6% 적은 것으로 분석되었다. 연간 에너지비용은 EHP가 33% 많은 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 지하 2층, 지상 7층, 연면적 3,196m²의 중소규모 사무소 건물을 대상으로 EHP와 GHP 시스템을 적용하여 에너지소비량과 환경부하를 분석하였다.

건물에서 사용되는 연간 냉난방용 에너지소비량은 EHP 247,922 Mcal, GHP 224,576 Mcal로 나타나 EHP의 에너지소비량이 10% 많은 것으로 분석되었다. 이것은 성능계수 및 열효율이 출력열량을 기준으로 하지만 본 연구에서는 공급열량을 기준으로 하였기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

에너지비용은 EHP와 GHP가 각각 12,819,824 원, 9,618,833원으로 산출되어 EHP의 에너지비용이 33% 많은 것으로 분석되었다. 이는 전기요금은 기본요금이 있고 단위 발열량당 단가가 비싸기 때문으로 생각된다.

에너지소비에 따른 이산화탄소배출량은 각 시스템별로 47,998 kg-CO₂, 51,056 kg-CO₂로 나타나 EHP가 6% 환경부하 측면에서 우수한 것으로 나타났다. 이것은 전기의 경우 원자력, 수력 등 탄소배출이 없는 에너지를 이용하여 발전을 하기 때문으로 판단된다.

따라서, 건물에 적용되는 시스템 선정시 에너지 소비량 및 비용뿐만 아니라 장기적인 관점에서 환경부하도 고려되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Korea Energy Economics Institute., 2004, Long-term Policies and Strategies on the United Nations Framework Convention on Climate Change, First year Report.
2. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
3. Kim, J. Y., LEE, S. E, and Sohn, J. Y., 2004, An Estimation of the Energy Consumption & CO₂ Emission Intensity during Building Construction, Journal of AIK, Vol. 20, No. 10, pp. 319-326.
4. Cho, K. H. and Choi, D. S., 2003, A study to compare of the methodologies for quantifying energy and environmental load on the architectural field, Journal of AIK, Vol. 19, No. 6, pp. 155-162.
5. Kwon, Y. C., LEE, G. H, and Kim, K. H., 2001, A Study on the Economic Assessment of Heating Energy Source Considering Environmental Cost, Journal of AIK, Vol. 17, No. 12, pp. 169-176.
6. Kim, S. S. and Kim, Y. I., 2004, Measurement and Analysis of Energy Consumption of HVAC Equipment of a Research Building, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 16, No. 10, pp. 914-922.
7. <http://www.keei.re.kr/index.html>.