

# 냉난방기기의 에너지 효율 및 이산화탄소 배출 비교 분석

■ 정시영 / 서강대학교 기계공학과, syjeong@sogang.ac.kr

■ 박윤철 / 제주대학교 기계공학과, ycpark@jejunu.ac.kr

660 m<sup>2</sup>(200평) 상업용 건물을 기준으로 멀티히트펌프와 GHP를 포함한 냉난방기기의 에너지 효율과 이산화탄소 배출 특성을 비교 분석

## 개요

히트펌프는 공기열, 태양열, 지열, 하수, 호수, 하천수, 산업폐수 등 대부분 저온상태로 존재하는 재생열원을 이용하여 온수, 난방 및 냉방열원을 만들 수 있는 기기로 적은 전기 에너지를 이용하여 보다 많은 에너지를 열의 형태로 공급하는 열 변환 기기이다. 멀티히트펌프는 하나의 실외기에 다수의 실내기가 설치되는 장치로서, 난방 시에 대기 중의 열을 이용하므로 에너지 효율이 높고, 이산화탄소 배출을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 본고에서는 멀티히트펌프와 GHP를 포함한 냉난방기기의 에너지 효율과 이산화탄소 배출 특성을 비교, 분석하고자 한다.

## 비교 대상 및 조건

주어진 공간에 대하여 다양한 기기로 냉난방을 수행하는 경우의 에너지 사용량과 이산화탄소 배출량을 비교하기 위하여 660 m<sup>2</sup>(200평) 상업용 건물을 기준으로 분석을 실시하였다. 냉방은 6 ~ 9월 4개월 간 매일 12시간씩 운전하는 것을 가정하여 연간 운전시간은 1,464시간이며, 표 1에 비교 대상 기기의 냉방 성능이 나타나 있다.

표 1에서 보는 것처럼, 비교 대상을 6가지로 선정하였다. 고효율 EHP, 일반 EHP, GHP는 통상 시스템 에어컨으로 분류된다. 인버터 방식, DPS, 정속형은 중대형 PAC에 속하며 성능에 다소 차이가 있다. 660 m<sup>2</sup>의 상업용 건물에 필요한 냉방용량은 EHP의 경우에 29 kW의 냉방용량(10마력 압축기)을 갖는 기기를 4대 설치하는 것으로 하였고, GHP의 경우에는 56 kW의 냉방용량(20마력 압축기)을 갖는 기기를 2대 설치하는 것으로 생각하였다. 냉

<표 1> 냉방 에너지 분석을 위한 대상 기기의 성능

		고효율 EHP	일반 EHP	GHP	인버터	DPS	정속형냉방기
제품		국내 S사 용량 10HP급	국내 S사 용량 10HP급	국내 S사 용량 20HP급	국내 S사 용량 5HP급	국내 S사 용량 10HP급	국내 S사 용량 10HP급
1대 용량	kW	29	29	56	14.5	30	30
대수		4	4	2	8	4	4
냉방용량	kW	116	116	112	116	120	120
COP		4.05	3.41	1.372	3.61	2.4	2.5
전기입력	kW	28.642	34.018	2.460	32.133	50	48
가스입력	kW			79.2			



〈표 2〉 난방 에너지 분석을 위한 대상 기기의 성능

		고효율 EHP	일반 EHP	GHP	인버터	DPS	전기히터
제품		국내 S사 용량 10HP급	국내 S사 용량 10HP급	국내 S사 용량 20HP급	국내 S사 용량 5HP급	국내 S사 용량 10HP급	국내 S사 용량 10HP급
1대 용량	kW	32.6	32.6	63	16.7	36	40
대수		4	4	2	8	4	4
난방용량	kW	130.4	130.4	126	133.6	144	160
COP		4.34	4.28	1.533	3.61	2.88	1
전기입력	kW	30.046	30.467	2.580	37.008	50	160
가스입력	kW			79.6			

방용량을 동일하게 하여 비교하는 방법도 생각할 수 있으나, 실제 생산되는 제품을 기준으로 냉난방 시스템을 구성하여 비교하는 것을 중요하게 생각하여 본고에서는 냉방용량에 약간의 차이가 발생하는 것을 감수하고 분석을 실시하였다. 기기의 성능은 고효율에너지기자재 인증서나 제품 카탈로그 등에 수록된 값을 사용하였다.

COP는 EHP처럼 전기만을 사용하는 경우에는 냉방용량을 전기입력으로 나눈 값으로 정의되고, GHP처럼 전기와 가스를 동시에 사용하는 경우에는 냉방용량을 전기입력과 가스입력의 합으로 나눈 값으로 정의된다.

난방은 11, 12, 1, 2, 3월 총 5개월 간 매일 12시간씩 운전하는 것을 가정하여 연간 1,812시간 난방운전을 하는 것으로 계산하였다. 표 2에 비교 대상 기기의 난방 성능이 나타나 있다.

위에서 보듯이, 히트펌프에서는 응축열은 증발열에 압축기의 동력을 더한 값이므로, 일반적으로 난방 COP는 냉방 COP보다 크게 나타난다. 냉방에서와 마찬가지로 실제 제품의 용량을 기준으로 난방용량을 정하였으므로 각각의 기기 간에 난방용량이 약간 차이가 나는 것을 유념하여야 하며, 냉방에서 정속형 냉방전용기기를 사용하는 경우는 별도의 난방기가 필요하므로 이 경우에 대해서는 40 kW의 전기히터를 4대 사용하는 것으로 가정하였다.

### 분석 방법

EHP와 GHP처럼 서로 다른 에너지원을 사용하

는 기기의 효율과 이산화탄소 배출을 비교하기 위해서는 1차 에너지원으로 환산하여 비교하는 것이 필요하다. 전기를 1차 에너지원으로 환산하기 위해서는 한전에서 발표한 2009년 전국 화력발전 평균 열효율인 0.3879(송전단 기준)를 사용하였다. 이는 100이라는 가스와 같은 1차 에너지가 투입되면 38.79라는 전기에너지를 얻는 것을 의미한다. 일본의 경우, 발전효율을 주간과 야간으로 나누어 제시하고 있는데, 평균치는 0.3689로서 우리나라보다 2% 정도 낮다.

도시가스의 경우, 그 자체를 1차 에너지로 고려하였으며, 수송에 관련된 손실은 무시하였다. 도시가스의 발열량은 에너지기본법 시행규칙 제5조에 나온 에너지열량환산기준에 근거하여 10,550 kcal/Nm<sup>3</sup>을 사용하였다.

이산화탄소배출의 경우 환경부의 대기환경보전법 제81조 규정에 따라, 전기에 대해서는 424 g-CO<sub>2</sub>/kWh, 도시가스의 경우에 대해서는 2,240 g-CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>의 값을 적용하였다.

### 분석 결과

표 3에 냉방운전에 대한 에너지 사용 및 이산화탄소 배출 분석 결과가 나타나 있다.

앞에서 언급한 바와 같이, 냉방용량이 기기 간에 약간의 차이가 있으므로, 에너지 소요량을 직접 비교하는 것보다는, 1차에너지 환산효율을 비교하는 것이 공정한 방법이다. 1차에너지 환산효율을 기준으로 비교하면, 고효율 EHP가 가장 우수

<표 3> 냉방 에너지 및 이산화탄소 배출 분석 결과

		고효율 EHP	일반 EHP	GHP	인버터	DPS	정속형 냉방기
연간 냉방에너지	MWh	169.8	169.8	164.0	169.8	175.7	175.7
냉방용 연간전기소요량	MWh	41.9	49.8	3.6	47.0	73.2	70.3
냉방용 연간가스소요량	MWh	0.0	0.0	115.9	0.0	0.0	0.0
냉방용 1차에너지환산소요량	MWh	108.1	128.4	125.2	121.3	188.7	181.2
냉방 1차에너지환산효율		1.571	1.323	1.309	1.400	0.931	0.970
냉방 연간CO <sub>2</sub> 배출량	tCO <sub>2</sub>	17.78	21.12	22.70	19.95	31.04	29.80

한 값을 보이며, DPS와 정속형냉방기는 1에 미치지 못하는 낮은 값을 보여준다.

고효율 EHP는 일반 EHP에 비하여 약 1.2배의 효율을 보이므로 에너지 절감효과가 매우 우수하다. GHP의 경우 1차에너지 환산효율은 EHP에 비하여 다소 낮게 나타나지만, 전기소요량이 고효율 EHP의 8% 정도에 불과하므로 하절기의 전력피크 감소에는 크게 기여할 수 있다.

연간 이산화탄소 배출량은 1차에너지 환산효율이 높을수록 감소하게 되는데, 고효율 EHP가 가장 적게 이산화탄소를 배출하는 것을 알 수 있다.

고효율 EHP는 일반 EHP에 비해서도 16% 가량 적은 이산화탄소를 배출한다.

표 4에는 난방운전에 대한 에너지 사용 및 이산화탄소 배출 분석 결과가 나타나 있다.

난방에 대한 경향은 냉방과 유사하게 나타난다. 난방에서와 마찬가지로, 1차에너지 환산효율을 기준으로 비교하면, 고효율 EHP가 가장 우수한 값을 보이며, 전기히터를 사용하는 경우 극심하게 낮은 값을 보인다. 이로부터 동절기 난방에 전기히터를 사용하는 것은 가능한 억제해야 하고, 고효율의 기기로 대체하여 사용해야 한다는 것을 명

<표 4> 난방 에너지 및 이산화탄소 배출 분석 결과

		고효율 EHP	일반 EHP	GHP	인버터	DPS	전기히터
연간 난방에너지	MWh	236.3	236.3	228.3	242.1	260.9	289.9
난방용 연간전기소요량	MWh	54.4	55.2	4.7	67.1	90.6	289.9
난방용 연간가스소요량	MWh	0.0	0.0	144.2	0.0	0.0	0.0
난방용 1차에너지환산소요량	MWh	140.4	142.3	156.3	172.9	233.6	747.4
난방 1차에너지환산효율		1.683	1.660	1.461	1.400	1.117	0.388
난방 연간CO <sub>2</sub> 배출량	tCO <sub>2</sub>	23.08	23.41	28.31	28.43	38.41	122.93



<표 5> 연간 냉난방 에너지 및 이산화탄소 배출 분석 결과

		고효율 EHP	일반 EHP	GHP	인버터	DPS	정속형 + 전기히터
연간 냉난방에너지	MWh	406.1	406.1	392.3	411.9	436.6	465.6
냉난방용 연간전기소요량	MWh	96.4	105.0	8.3	114.1	163.8	360.2
냉난방용 연간가스소요량	MWh	0.0	0.0	260.2	0.0	0.0	0.0
냉난방용 1차에너지환산소요량	MWh	248.5	270.7	281.5	294.2	422.3	928.6
냉난방 1차에너지환산효율		1.635	1.500	1.393	1.400	1.034	0.501
냉난방 연간CO <sub>2</sub> 배출량	tCO <sub>2</sub>	40.86	44.52	51.01	48.38	69.45	152.72

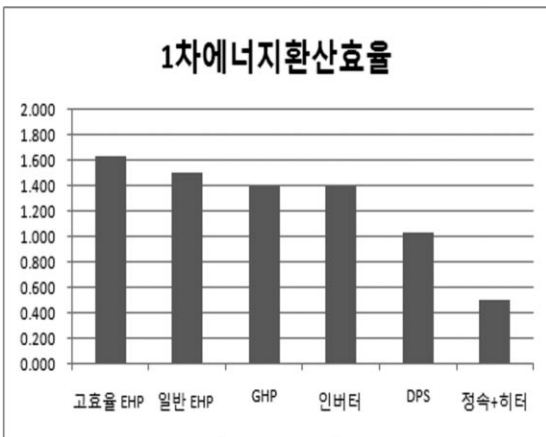
확히 알 수 있다.

GHP의 경우 1차에너지 환산효율은 EHP에 비하여 다소 낮게 나타나지만, 전기소요량이 고효율 EHP의 9% 정도에 불과하므로 동절기의 전력피크 감소에는 크게 기여할 수 있다.

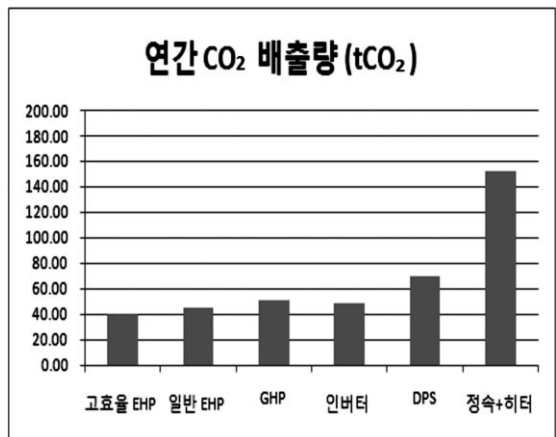
난방에서도 고효율 EHP가 가장 적게 이산화탄소를 배출하는 것을 알 수 있다. 고효율 EHP는 전기히터에 비해서는 19% 정도에 불과한 이산화탄소를 배출하므로 가능한 전기히터는 고효율의 히트펌프로 대체 되어야 한다.

표 5에는 냉방과 난방을 모두 고려한 연간 냉난방 운전에 대한 에너지 사용 및 이산화탄소 배출 분석 결과가 나타나 있다.

냉난방을 모두 고려한 연간 운전에 대하여 고효율 EHP가 다른 기기에 비하여 상당히 큰 차이로 1차에너지 환산효율이 우수한 것을 알 수 있다. 이산화탄소 배출 측면에서도 고효율 EHP가 가장 적은 값을 나타낸다. 그림 1과 그림 2에 각 기기의 냉난방 1차에너지 효율과 연간 CO<sub>2</sub> 배출량을 도표로 나타내었다.



[그림 1] 연간 냉난방 운전에 대한 1차에너지 환산효율



[그림 2] 연간 냉난방 운전에 대한 이산화탄소 배출량

## 맺음말

본고에서는 멀티히트펌프를 포함한 냉난방기에 대하여 1차에너지 효율과 이산화탄소 배출에 대한 분석을 실시하였다. 비교된 기기 중에서 고효율 EHP가 냉방과 난방 모두 가장 우수한 1차에너지 환산효율을 나타내고, 가장 낮은 이산화탄소 배출을 나타냈다. GHP는 1차에너지 환산효율은 EHP에 비하여 다소 낮게 나타났으나, 전기 사용량이 매우 적으므로 하절기와 동절기의 전력피크

완화에 크게 기여할 수 있다. 동절기 난방의 경우, 전기히터는 매우 낮은 1차에너지 효율을 나타내고 매우 높은 이산화탄소 배출을 유발하므로, 전기히터를 사용하는 것은 가능한 억제해야 하고, 고효율의 히트펌프로 대체하여 사용해야 한다. EHP의 고효율화에 의하여 에너지 절감 효과가 증가하고, 이산화탄소 배출이 감소하게 되므로 향후에도 멀티히트펌프의 고효율화에 대한 노력은 계속되어야 할 것이다. (●)