<학술논문> DOI http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2014.38.9.721 ISSN 1226-4881(Print)
2288-5234(Online)

지역난방에 연계된 하이브리드 제습냉방시스템의 경제성 분석

안 준* · 김재율**· 강병하*†
* 국민대학교 기계시스템공학부, ** 국민대학교 대학원 기계공학과

Thermoeconomic Analysis of Hybrid Desiccant Cooling System Driven by District Heating

Joon Ahn*, Jaeyool Kim**† and Byung Ha Kang*†
* School of Mechanical Systems Engineering, Kookmin Univ.
* Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, Kookmin Univ.

(Received January 6, 2014 ; Revised July 9, 2014 ; Accepted July 14, 2014)

Key Words: Hybrid Desiccant Cooling System(하이브리드 제습냉방 시스템), Economic Analysis(경제성 분석), District Heating(지역난방), Energy Efficiency(에너지 효율)

초록: 지역난방에 연계한 하이브리드 제습냉방 시스템은 하절기 에너지 이용효율을 높일 수 있다. 실증실험을 통해 우리나라에 성공적으로 운전될 수 있다는 것을 확인한 하이브리드 제습냉방 시스템의 보급활성화를 위하여 경제성 분석을 실시하였다. 기존의 전기 에어컨과 냉방을 하면서 생기는 비용을 비교하는 것과 전기 에어컨을 제습냉방으로 대체하였을 때 발생하는 국가 편익을 계산하는 두 가지 관점에서 수행하였다. 분석결과 제습냉방은 30% 이상의 운전비용 절감효과가 있으며, 1기당 연간 0.079 TOE의 1차 에너지, 0.835 TCO_2 절감효과가 있는 것으로 분석되었다. 2020년까지 68만세대에 제습냉방이 보급된다고 예상하면 463 MW의 전력대체 효과가 발생하는 것으로 분석되었다. 이러한 운전비용절감효과, 1차 에너지 절감 및 온실가스 배출 감소효과를 가지고 있는 제습냉방 시스템은 전기 에어컨에 비하여 초기 투자비용이 높기에 보급활성화를 위하여 적절한 정부의 보조금이 필요하다. 본 논문에서는 국가적 편익을 고려한 적절한 보조금을 산정하여 제습냉방 시스템의 보급방안을 제시하고자 한다.

Abstract: A hybrid desiccant cooling system (HDCS) that uses a heat pump driven by district heating instead of a sensible rotor can provide an increased energy efficiency in summer. In this paper, the summer operation costs and initial costs of both the HDCS and traditional systems are analyzed using annual equal payments, and national benefits are found from using the HDCS instead of traditional systems. In the analysis results, the HDCS reduces the operation cost by 30 compared to the traditional systems, and each HDCS unit has 0.079 TOE per year of primary energy savings and 0.835 TCO_2 per year of CO_2 emission reduction more than the traditional systems. If HDCSs were to be installed in 680,000 households by 2020, this would produce a replacement power effect of 463 MW. Despite this savings effect, HDCSs require a government subsidy before they can be supplied because the initial cost is higher than that of traditional systems. Thus, this paper calculates suitable subsidies and suggests a supply method for HDCSs considering the national benefits.

- 기호설명 -

HDCS : 하이브리드 제습냉방시스템
SAC : 스탠드 형 에어컨
Z : 연간균등부담액 [KRW]
TCO_2 : 이산화탄소배출량 [TCO_2]
TOE : 석유환산톤 [TOE]
PE : 1차에너지 [TOE]
MW : 전력의 단위 [MW]
M : 냉동기 냉매 충전량 [kg]

† Corresponding Author, bhkang@kookmin.ac.kr
© 2014 The Korean Society of Mechanical Engineers

GWP : 지구온난화지수 [kg/kg]
APC : 발전소 건설 회피 비용 [KRW]
RPE : 전력대체효과 [MW]
PC : 발전소 건설 비용 [KRW]

하첨자
ref : 냉매

1. 서 론

집단에너지 사업은 에너지 이용효율을 높이기 위하여 집중된 에너지 생산시설에서 열과 전기를 생산하여 주거, 상업 지역 내의 다수 사용자에게 일괄적으로 공급하는 사업이다. 이때 난방을 위한 열원으로 발전 배열을 활용하는 열병합 시스템이 활용된다. 열병합 발전은 전력과 열의 생산 비율이 3:4 내외로 고정되어 있으므로 사업 효과를 극대화하기 위해서는 전력부하와 열부하의 비율이 적절히 유지되어야 한다.[1] 지역난방이 주로 공급되는 가정/상업 부문에서 전력수요는 연중 비교적 균일한 반면, 열수요는 동절기에 집중되고 하절기에는 최소가 된다. 따라서 열수요가 적은 하절기에 열을 이용하는 냉방시스템의 보급이 필요하다.

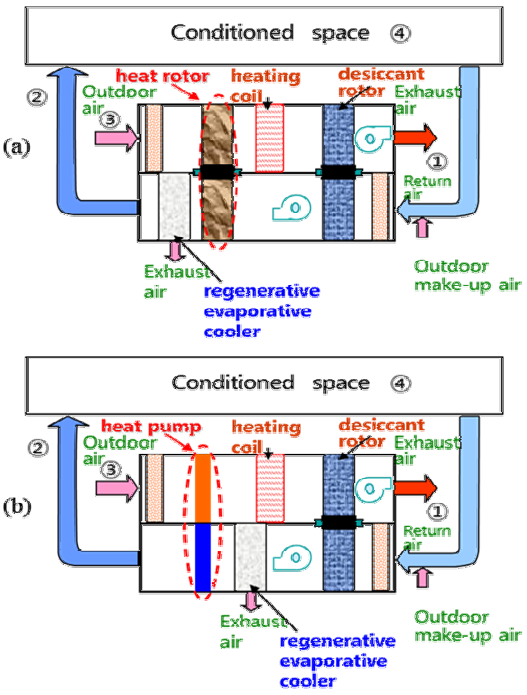

Fig. 1 Desiccant cooling system; (a) Conventional; (b) Hybrid system with a heat pump

열을 이용하는 대표적 냉방방식으로 흡수식 냉동기가 있지만 90℃이상의 고온의 열원으로 구동되므로 지역난방 배관에 직접 연계하여 사용하기에는 곤란하다. 지역난방에 연계하기 위해서는 보다 낮은 열원에서도 구동이 가능한 냉방시스템이 요구되는데 이와 같은 조건에 맞는 냉동기로서 제습냉방 시스템이 제안 및 개발되고 있다.[2] 제습냉방 시스템은 Fig. 1(a)와 같이 재생 열원, 제습 장치 및 증발식 냉각기로 구성된다. 제습기를 이용하여 공기 중의 습기를 제거하여 잠열부하를 처리하고 건조한 공기 속에서 물이 증발하면서 공기를 냉각하여 공급하게 된다. 시스템을 연속적으로 운전하기 위해서는 제습제에 부착된 수분을 제거해 주어야 하는데 이 과정에서 열이 사용되며 60℃의 저온 열원만 있어도 가동이 가능하다.[3]

Fig. 1(a)에 제시한 시스템의 구성 요소 중에 현열로터는 가격이 비싸고, 부피가 커 단위세대용으로 사용하기에는 곤란하다. 또한 제습냉방 시스템은 고온 다습한 조건보다 고온 건조한 기후에 유리하고 잠열부하가 큰 상업용 건물에 유리한 특징이 있으므로[4] 고온다습한 기후와 공동주택 중심의 거주형태를 보이는 우리나라에 적합한 시스템으로서 Fig. 1(b)와 같이 현열로터를 증기 압축식 냉동기로 대체하는 하이브리드 제습냉방 시스템이 제안되었다.[5]

하이브리드 제습냉방 시스템은 상용화를 위하여 국내에서 개발된 시제품을 수원 영통에 위치한 아파트 네 세대에 설치하여 2011년 하절기 동안 실증실험을 거쳤다.[6] 실증실험 결과, 하이브리드 제습냉방 시스템이 우리나라의 기후 조건에서 지역난방에 연계하여 성공적으로 운전될 수 있다는 것을 확인하였다. 제습냉방 시스템의 보급을 위해서는 성능의 검증과 함께 경제성 분석이 수반되어야 한다.

이에 본 연구에서는 하이브리드 제습냉방 시스템의 실증자료 및 현재 우리나라의 에너지 요금체계를 반영한 경제성 분석을 수행하였다. 경제성 분석은 기존의 전기 에어컨과 냉방을 하면서 생기는 비용을 비교하는 것과 전기 에어컨을 제습냉방으로 대체하였을 때 발생하는 국가 편익을 계산하는 두 가지 관점에서 수행하였다. 이러한 분석을 통하여 제습냉방 시스템이 경제성을 가질

수 있는 조건을 도출하고 국가 편익을 고려한 보급 방안을 제안하고자 한다.

2. 경제성 분석방법

현재 우리나라 공동주택에 보급된 냉방장치는 대부분이 전기 에어컨이다. 시중에 판매되는 전기 에어컨에는 여러 가지 형태가 있는데 본 연구에서는 하이브리드 제습냉방 시스템(이하 HDCS)의 냉방능력과 동일한 7.2 kW의 스탠드 형 에어컨(이하 SAC)을 비교 대상으로 선정하였다.

Table 1 은 HDCS와 SAC의 초기투자비용을 나타낸 표이다. SAC의 가격은 시중에 판매되고 있는 에어컨을 선택하여 인터넷의 평균 거래가격으로 산정하였으며,[7] 설치비는 냉방업체 견적을 통하여 산정하였다. 국내 건축법상 신규 공동주택의 경우 환기기 설치가 의무화 되어 있고, HDCS는 증발 냉각기로 인하여 환기가 시행되므로 SAC의 초기투자비에 환기기 설치 비용을 포함시켜 경제성을 분석하였다. 환기에 따른 냉방부하의 증가분은 10%로 계산하여 이로 인한 추가적인 냉방소비전력을 SAC의 운영비에 포함을 시켰으며, HDCS의 경우 온수공급장치의 소비전력을 운영비에 포함시켜 Table 2에 성능과 함께 정리하였다.

본 연구의 경제성 분석은 초기투자비와 운영비를 고려한 소비자(사용자) 비용편익과 제습냉방 시스템 사용시 1차에너지 절감량과 CO_2 배출 절감량, 전력대체효과를 고려한 국가적 편익 두가지 관점에서 수행하였다. 전력대체효과는 제습냉방 시스템을 사용시 추가적으로 전력냉방에 필요한 발전설비를 건설하지 않아도 되는 건설 회피비용으로부터 산정하였다.

냉방에 따른 비용을 분석할 때 소비자, 기업, 국가의 관점에 따라 초기투자비와 운영비, 유지보수비용, 고용창출효과, 해당기업의 수익증가 등을 고려하는데[8] 본 연구에서는 소비자의 관점에서 직접 비교분석이 가능한 초기투자비와 운영비 두 가지를 고려하였다. 소비자의 관점에서 고려대상인 유지보수비용의 경우 현시점에서 제습냉방기의 유지보수비용을 정확하게 산정하기 어렵기에 분석대상에서 제외하였다.

초기투자비에는 냉동기 비용, 설치비, 환기장치 비용 세 가지를 고려하였다. 운영비는 제습냉방기의 경우 에너지원이 열과 전기, 물이기 때문에

Table 1 Cost of air conditioning systems

	HDCS	SAC
Air. Conditioner (10,000 KRW)	620	278
Installation (10,000 KRW)	240	15
Ventilation (10,000 KRW)	-	80
Life (year)	10	10
Interest rate (%)	3.38	3.38
Annual cost (10,000 KRW)	102.8	44.6

Table 2 Specifications of the system

	HDCS	SAC
Cooling capacity (RT)	7	7.2
Power (kW)	1.27	2.0
Regeneration heat (kW)	5.18	-
Charging refrigerant (kg)	0.54	2
Power for others (kW)	0.093*	0.295**

*Power for hot-water circulating pump
**Power for ventilation

현행의 전기요금, 열요금, 수도요금을 고려하여 분석하였다. 열요금은 한국지역난방공사의 공동주택 냉방용 열요금을 활용하였고,[9] 전기요금은 한국전력공사 자료,[10] 수도요금은 용인시 수도공사 자료를 활용하였다.[11]

가정용 전기요금은 누진제가 적용되므로 세대 기본 전력량이 월 312kWh와 월 400kWh일 때 두 가지 경우에 대하여 분석하였다. 이는 서울시 자료[12]를 참조하여 2인 가구 및 3인 가구의 경우를 고려하여 산정하였다. 냉방부하를 고려한 운전시간은 연 255시간을 기준으로 100시간, 150시간, 255시간, 370시간 네 가지를 고려하여 분석하였다. 수도요금 역시 누진제를 적용하므로 월 20ton을 세대 기본 사용량으로 기준으로 분석하였다.

Table 3 Constant for benefit cost analysis

	HDCS	SAC
Generating efficiency	82.6%	40.5%
Heat rate	0.866	-
Usage factor	80%	
Average load factor	90%	
Avoided generation cost	1,400,000 (KRW) / MW	
Carbon emission factor	2.121 TCO_2/TOE	
Carbon emission trading cost[18]	779,898 (KRW) / TCO_2	

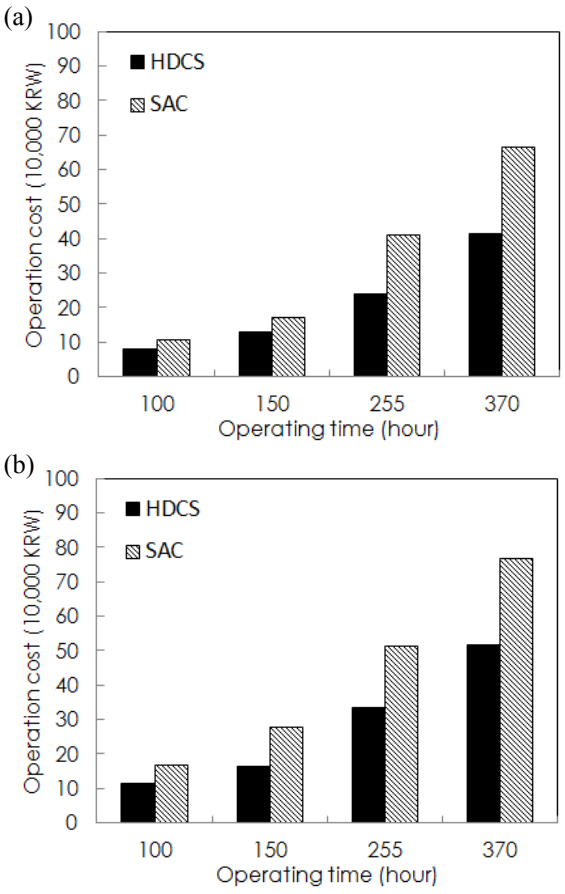

Fig. 2 Operation cost according to operating time; (a) basic electricity usage 312kWh; (b) basic electricity usage 400kWh

경제성 분석 기법으로는 각 방안들에 대한 모든 투자비용의 흐름을 어떠한 동일한 시점의 가치로 평가할 것인가에 따라 현재 가치법, 연간 균등법, 생애주기 비용법 등의 방법이 있다.[13] 건물의 관점에서는 생애주기비용법이 합리적이지만[14] 본 연구에서는 냉방기가 계절적으로 사용하는 기기라는 점에 주목하여 연간균등부담법으로 분석을 수행하였다. 연간 균등 부담법이란 P 금액을 n 년 동안 이자 r로 빌렸을 때, 매년 균등한 금액 Z로 원금과 이자를 상환하는 계산방법으로 연간분담금액은 식 (1)을 통해 계산하였고 냉동기의 수명 및 이자율은 Table 1에 제시한 값을 사용하였다.

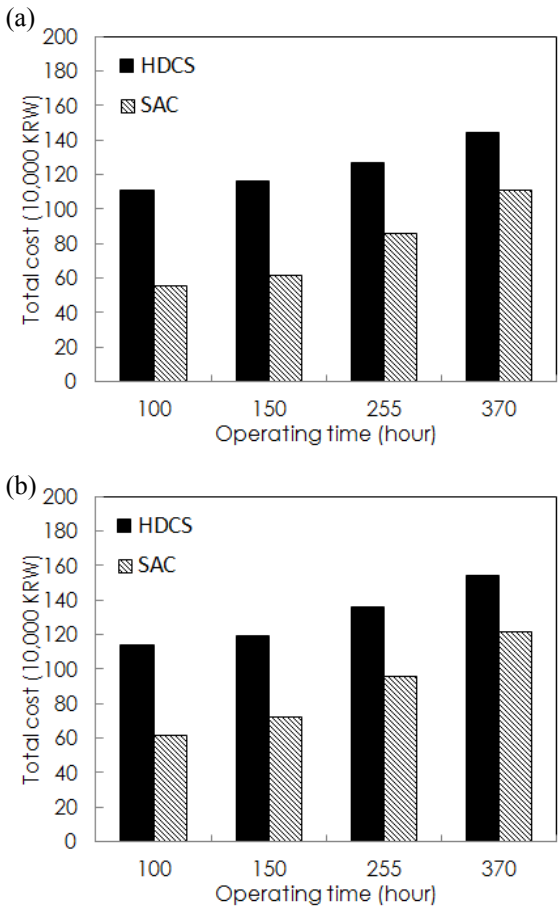

Fig. 3 Total cost according to operating time; (a) basic electricity usage 312 kWh; (b) basic electricity usage 400 kWh

$$Z = \frac{r(1+r)^n P}{(1+r)^n - 1} \tag{1}$$

국가적 편익은 현재 제습냉방기의 전기에너지와 열에너지의 가치비를 명확히 평가하는 기준이 없으므로 열병합발전소의 에너지효율을 사용하여 1차 에너지 절감량을 산출하였다. 비교기준으로 에너지경제연구원[15] 및 전력거래소[16]의 자료를

Table 4 Annual operation cost

	Unit	HDCS				SAC			
Basic electricity usage	kWh	312							
Operating time	hour	100	150	255	370	100	150	255	370
Electricity cost	10,000 KRW	5	8.8	16.3	30	10.7	17.2	40.8	66.2
Heating cost		1.8	2.6	4.5	6.5	-	-	-	-
Water cost		1.1	1.7	3.0	4.9	-	-	-	-
Total cost		7.9	13.1	23.8	41.4	10.7	17.2	40.8	66.2
Basic electricity usage	kWh	400							
Operating time	hour	100	150	255	370	100	150	255	370
Electricity cost	10,000 KRW	8.3	12.1	26	40.2	16.7	27.7	51	76.5
Heating cost		1.8	2.6	4.5	6.5	-	-	-	-
Water cost		1.1	1.7	3.0	4.9	-	-	-	-
Total cost		11.2	16.4	33.5	51.6	16.7	27.7	51	76.5

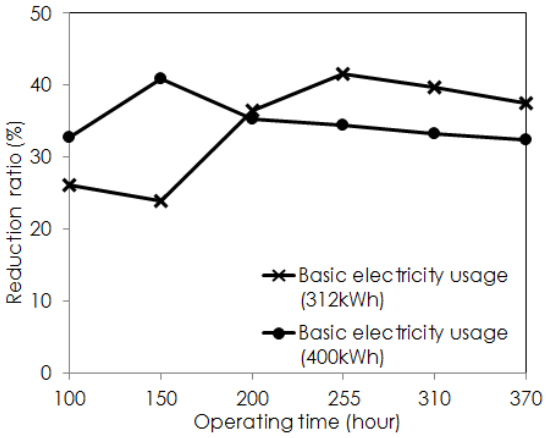

Fig. 4 Reduction ratio of operation cost

인용하여 일반 화력발전 효율은 40.5%로, 열병합발전 종합효율은 82.6%(열 38.4%, 전기 44.3%), 열전비 0.8664로 선정하였다.

각 기기의 CO_2 배출 절감량은 국내 1차에너지 소비에 대한 배출 집약도를 사용하여 산출하였으며(식 (2)), 여기에 탄소분자량(44/12)을 기준으로 냉매에 따른 CO_2 배출량을 구한 뒤(식 (3)) 이를 합하여 계산하였다.

$$TCO_2/year = 2.121\, TCO_2 \times PE \quad (2)$$

$$TCO_{2ref}/year = M \times GWP \times \frac{44}{12} \times \frac{1}{10} \quad (3)$$

전력대체효과는 2013년도 집단에너지정책편람과 그린홈 보급사업을 참조하여 2020년까지 약 68만세대가 보급된다고 예상하여 산출하였다. 여기서 동시사용률은 80%, 평균 운전부하율은 90%로 하여 환산계수는 0.72로 하였으며, 시스템에어컨의 COP를 3.6 수준으로 보고 1kW로 발생되는 스탠드 형 에어컨의 냉방능력과 동일한 제습냉방기의 냉방능력으로 환산하여 산출하였다.[17] 연차별 전력대체효과 누계를 기준으로 1MW당 발전소 투자회피비용을 산출하였다(식 (4)). 발전소 투자회피비용은 건설기술연구원에서 2009년 연구한 '광교 공동주택 지역냉방 도입 타당성 연구'자료에 따른 500MW 표준화력발전소 1기 건설비용 7,000억원을 kW 당 건설비용으로 환산한 1,400,000원/kW 값을 대입하여 계산하였다. 편익계산에 사용된 값들을 Table 3에 정리하였다.

$$APC = RPE \times PC \times 0.72 \quad (4)$$

3. 결과 및 토의

HDCS와 SAC의 운전시간과 기본전력량에 따른 연간운전비용을 Table 4에 나타내었다. 각 시스템의 초기투자비와 운전비용을 고려하여 연간균등부담법을 사용하여 경제성 분석을 한 결과를 Fig. 2, 3에 나타내었다. 연간운전비용은 HDCS를 사용

Table 5 Annual primary energy consumption of cooling systems

	HDCS	SAC
Reg. heat / year	1137.3 Mcal	-
Power consumption / year	347.5 kWh	586.5 kWh
Electric output / year	1,526 kWh	1,766 kWh
Primary energy input / year	0.296 TOE	0.375 TOE

Table 6 Reduction of CO_2 emission

	reduction of CO_2 emission
Result from primary energy reduction / year	0.167 TCO_2
Result from refrigerant reduction / year	0.668 TCO_2

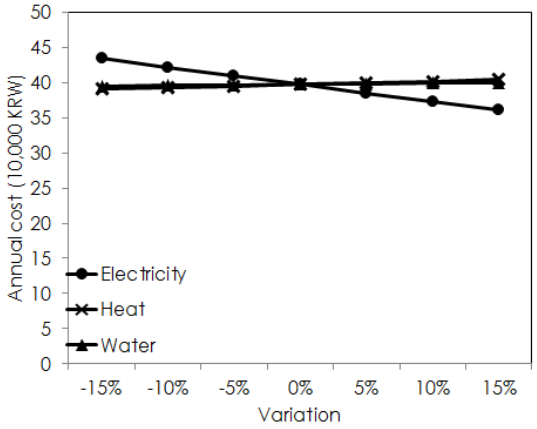

Fig. 5 Sensitivity of annual cooling cost for power, heat and water tariff

시 SAC 사용시 보다 적게 나오는 것으로 분석되었다. HDCS의 초기투자비가 상대적으로 비싸기 때문에 총비용은 HDCS가 SAC보다 높은 것으로 분석되었다. 운전시간의 증가에 따라 연간운전비용은 HDCS를 사용시 SAC에 비하여 약 30% 절감되는 것을 확인하였으며, 연간균등비용의 차액은 연간운전비용의 절감량 만큼 줄어드는 것을

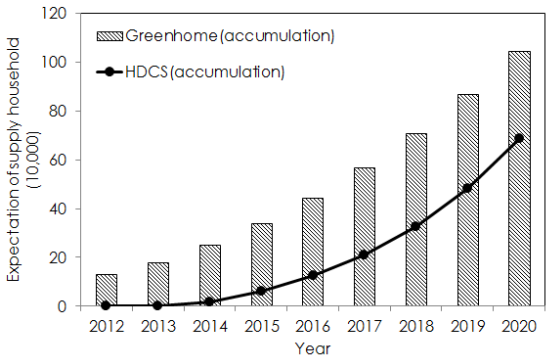

Fig. 6 Expectation of HDCS supply based on green-home supply policy (accumulation)

확인하였다.

Fig. 4는 운전시간에 따른 운전비용의 절감효과를 나타낸 것이다. 연간운전시간에 따라 SAC와 비교하여 최대 41% 절감효과를 가지는 것으로 분석되었다. 누진제의 적용으로 운전시간 증가에 따라 절감효과도 함께 증가하는 경향을 보이지만 기본세대전력량이 312kWh시 255시간, 기본세대전력량이 400kWh시 150시간부터는 절감효과 변화가 감소하는 것으로 분석되었다.

연간균등부담법을 사용한 경제성 분석에서 경제성을 높일 수 있는 부분에 대한 분석이 필요한 것으로 판단되어 소비에너지 비용의 변화에 따른 민감도 분석을 실시하였다. 지난 10년간의 전기요금을 활용하여 에너지 비용 변화율을 5%씩 증가 또는 감소시켜 그에 따른 HDCS와 SAC의 연간균등비용 차액 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 기본세대전력량 312kWh (2인가구 이상)을 기준으로 255시간일 경우 비교분석하였다. 전기요금 변화율이 증가할수록 HDCS의 경제성이 유리한 것으로 분석되었다. 전기요금이 15% 인상 예상시 연간균등비용의 차액은 9% 이상 절감되는 것으로 분석되었다. 수도요금과 열요금의 변화는 연간균등비용에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

연간 운전시간 255시간을 기준으로 HDCS를 사용하였을 시 절감되는 1차 에너지를 Table 5에 나타내었다. 제습냉방 시스템을 사용하였을 때 필요로 하는 소비열량을 기준으로 열병합발전소에서 생산되는 전력량을 구한뒤 냉방시 소비되는 전력량을 차감한 다음 이를 화력발전소에 적용하여 화력발전소에서 생산해야 하는 발전량을 산출하였다. 산출한 화력발전소의 발전량에 따른 소

Table 7 Annual expectation of HDCS installation based on greenhome project[19] by the year of 2020

	unit	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Electric load for cooling	GW	15.6	16.5	17.1	17.5	18.2	19.1	19.8	20.7	21.4
Max electricity generation capacity	GW	74.3	78.9	81.6	83.5	86.9	91.0	94.7	98.6	102.2
HDCS installation	1,000 household	0	0	16	46	62.4	86.2	115	154.9	206
HDCS installation (accumulation)	1,000 household	0.04	0.04	16.04	62.04	124.4	210.6	325.6	480.5	686.5
HDCS electric load for cooling	MW	0.05	0.05	21.8	62.7	85	117.5	156.7	211.2	280.1
Replacement power effect	MW	0.03	0.03	10.8	41.8	83.9	142.1	219.7	324.2	463.2
Avoided generation cost	100,000,000 KRW	0.4	0.4	151.5	585.9	1,175	1,989	3,075	4,538	6,484
Greenhome installation (accumulation)	1,000 household	126.8	176.7	247.6	336	441.8	565.1	705.9	864.2	1,040
HDCS rate (for greenhome)	%	0.02	0.02	6.4	18.4	28.1	37.2	46.1	55.6	66.0
Reduction of CO_2 emission cost	100,000,000 KRW	0.06	0.06	27.1	104.9	210.4	356	550.5	812.4	1,160
Reduction of primary energy cost	100,000,000 KRW	0.2	0.2	98.4	380.1	763.6	1,292	1,998	2,949	4,213

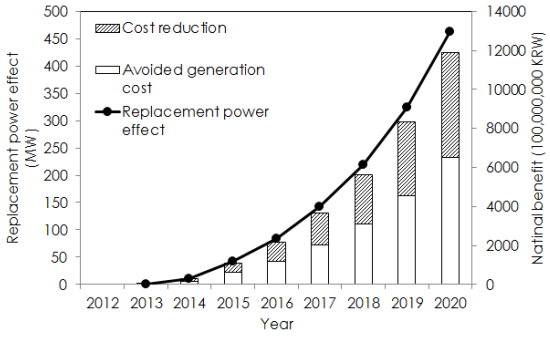

Fig. 7 National benefit by the supply of HDCS (accumulation)

모되는 1차에너지를 열병합발전소에서 소모되는 1차에너지와 비교하여 절감량을 구하였다. 제습냉방 시스템을 사용하여 냉방을 할 경우 전기에어컨에 비하여 0.079 TOE의 1차 에너지가 절약되는 것을 알 수 있다. 여기에 1차에너지 수입단가를 적용하면 연간 6.1만원의 비용이 절감되는 것을 알 수 있다. 연간 운전시간 255시간 기준, CO_2 배출 절감량을 Table 6에 나타내었다. 1차에너지 절감량에 의한 0.167 t과 냉매 사용 절감에 따른 0.668 t 값을 합친 0.835 t의 CO_2 배출이 절감된다는 것을 확인 하였다. 유럽탄소거래소 기준 탄소배출권 거래가격으로 환산하면 HDCS 1기 보급시 연간 1.7만원의 탄소배출권 비용을 절감시킬 수 있다.

HDCS의 보급을 예상하여 전력대체효과 및 1차에너지 절감량, CO_2 배출 절감량을 비용으로 환산하여 Table 7에 나타내었다. 2020년까지 약 68만세대에 136만RT 보급이 된다고 예상시(Fig. 6) 2020년까지 463 MW의 전력대체효과가 발생하며, 이를 식 (4)를 사용하여 금액으로 환산시 6,484억원의 발전소건설 회피비용이 발생한다. 또한 2020년까지 1차에너지 절감비용 4,213억원, CO_2 배출 절감비용 1,160억원이 발생한다. Fig. 7은 연도별 전력대체효과에 따른 발전소건설 회피비용과 1차에너지 절감비용, CO_2절감비용을 나타낸 것이다.

경제성 분석 결과를 살펴보면 초기투자비의 비율이 높아 운전비용 측면에서 이점이 있지만 스탠드 형 에어컨에 비하여 연간균등비용이 높게 나오는 것을 볼 수 있다. HDCS는 스탠드 형 에어컨에 비하여 국가적 편익이 효과가 뛰어나기 때문에 보급활성화를 통한 하절기 에너지 효율의 증가를 가져올 수 있다. 현재 지역냉방 설비에 관해서 정부에서 지급하는 보조금이 있는데 이는

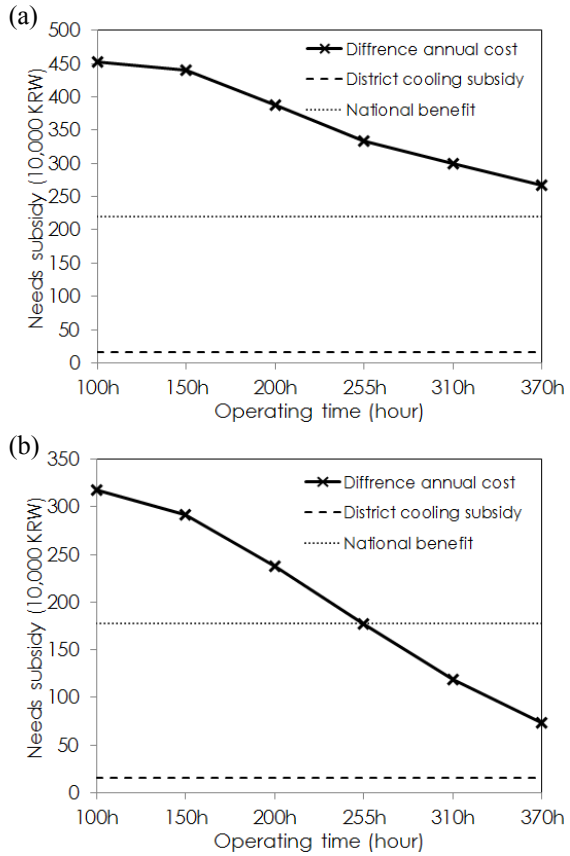

Fig. 8 Needed subsidy; (a) basic; (b) reduction of price

RT와 COP에 따라 다르게 지급하고 있으며 설치 시에 지급되고 있다. HDCS 역시 지역냉방 설비이며 보조금을 지급받을 수 있지만 스탠드 형 에어컨과 경쟁을 하려면 현행 이상의 보조금이 필요한 실정이다. Fig. 8(a)는 현행 지역냉방의 보조금과 HDCS와 SAC의 운전시간에 따른 연간균등부담액의 차액, 국가적 편익을 나타낸 것이다.

보조금은 HDCS와 SAC가 연간 255시간 운전할 경우 연간균등부담액이 같아지는 345만원 이내에서 검토해 볼 수 있지만 이는 동일 조건의 국가편익인 173만원(발전소건설회피비용 + CO_2배출절감비용 + 1차에너지 절감비용)의 2배 수준의 금액이므로 HDCS 초기투자비의 절감이 필요할 것으로 보인다. 현재 HDCS는 다실제어 기능으로 인하여 설치비가 높지만 추후에 스탠드 형 HDCS로 대량 생산이 된다면 초기투자비의 절감이 가능할 것이다. Fig. 8(b)는 20%의 가격인하가 이루어진 HDCS 필요보조금을 나타낸 것이다. 20%의 초기투자비가 절감되면 SAC와 연간균등부담액의 차이는 173만원이며 이는 173만원의 국가 편익과 같아지게 된다. 지속적인 연구개발과 대량생산이 가능하게 되어 20% 이상의 초기투자비 절감이 이루어진다면 국가 편익의 범위 안에서 에너지이용 합리화를 위하여 정부와 유관 기업의 협의를 통해 합리적인 보조금 규모를 도출할 수 있을 것으로 보인다.

4. 결 론

본 논문에서는 지역난방에 연계된 하이브리드 제습냉방시스템 (HDCS)의 소비자 비용 및 국가편익 관점에서 경제성을 분석하였으며 그 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 현행 전기 및 열요금 체계에서 HDCS를 도입할 경우 시스템 에어컨에 비해 연간 운전시간에 따라 최대 41%까지 운전비용을 절감할 수 있으나 전체 비용에서 경제성을 확보하기 위해서는 설치 보조금이 필요하다.

(2) 2인 이상 가구를 기준으로 연간 255시간 운전할 경우, HDCS로 스탠드 형 에어컨을 대체하여 1차 에너지 및 온실가스 저감을 통해 각각 연간 6.1만원 및 1.7만원의 국가편익이 발생하며 기기 수명을 10년으로 보았을 때 발전소 설치 회피비용을 포함하여 총 173만원의 국가편익이 예상되었다.

(3) 현재 제습냉방 시스템의 예상 공급가격으로 연간 255시간 운전할 때 스태드 형 에어컨 대비 경쟁력을 갖기 위해서는 최소 345만원의 설치 보조금이 필요한 것으로 분석되었다.

(4) 국가적 편익 범위 안에서 HDCS가 경쟁력을 가지려면 초기투자비에서 최소 20% 절감이 필요하다.

참고문헌
(References)

(1) Jaccard, M., Failing, L. and Berry, T., 1997, "From Equipment to Infrastructure: Community Energy Management and Green House Gas Emission Reduction," *Energy Policy*, Vol. 25, No. 13, pp. 1065~1074.

(2) Dhar, P. L. and Singh, S. K., 2001, "Studies on Solid Desiccant Hybrid Air-conditioning Systems," *Applied Thermal Engineering*, Vol. 21, pp. 119~134.

(3) Daou, K., Wang, R. Z. and Xia, Z. Z., 2006,

"Desiccant Cooling Air Conditioning: a Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 10, pp. 55~77.

(4) Sheridan, J. C. and Mitchell, J. W., 1985, "A Hybrid Solid Desiccant Cooling System," *Solar Energy*, Vol. 34, No. 2, pp. 187~193.

(5) Hwang, W.-B., Lee, D.-Y. and Kim, Y.-C., 2012, "A Study on the Performance Evaluation of a Hybrid Desiccant Cooling System," *Trans. of the SAREK*, Vol. 24, No. 2, pp 722~726.

(6) Ahn, J., Yun, C. and Kang, B. H., 2013, "Performance Analysis of Hybrid Desiccant Chiller Based on Field Test," *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, Vol. 37, No. 7, pp. 621~627.

(7) Korea Price Information Corp, Retrieved August, 2013, http://www.kpi.or.kr

(8) Gim, B. and Park, Y.-H., 1998, "An Econmoic Analysis of the Natural Gas Air-conditioning," *IE Interfaces*, Vol. 11, No. 1, pp. 207~214.

(9) Korea District Heating Corp, Retrieved June, 2014, http://www.kdhc.co.kr

(10) Korea Electric Power Corporation, Retrieved June, 2014, http://cyber.kepco.co.kr

(11) Korea Water Resources Corp, Retrieved June, 2014, http://www.kwater.or.kr/

(12) Kim, M. K., 2013, "Policies to Reduce Household Power Consumption in Seoul," *Seoul Municipal Policy Report*, No. 149.

(13) Lim, H. J., Song, Y. S., Kong, H. J. and Park, S. K., 2004, "Performance Evaluation and Economic Estimation of Ground Source Heat Pump Cooling and Heating System," *Trans. KOSEE*, Vol. 13, No. 4, pp. 296~300.

(14) Park, M. Y., 1998, "A Study on the Economic Evaluation of Cooling Equipment System Using Life Cycle Costing," *Trans. AIK*, Vol. 14, No. 10, pp. 239~246.

(15) KEEI, 2012, *Yearbook of Energy Statistics 2011*.

(16) KPX, 2012, *Electricity Market Trends & Analysis*.

(17) Kim, K. H., 2013, "A Study on Economic Analysis of Natural Gas Cooling," *J. KIGAS*, Vol. 17, No. 1, pp. 42~48.

(18) KEMCO, 2012, *Handbook of group Energy 2012*.

(19) Greenhome, Retrieved in August, 2013, from http://greenhome.kemco.or.kr.