

국내외 가스 냉방기술 현황

가스 냉방기술의 발전방향을 제시하고자 국내외 흡수식 시스템 및 가스구동 열펌프(GHP)기술 현황에 대해 소개하였다.

강 용 태 / 편집이사

경희대학교 기계산업시스템공학부(ytkang@khu.ac.kr)

오 명 도 / 부회장

서울시립대학교 기계정보공학과(mdoh@uos.ac.kr)

흡수식 시스템

국내 개발현황

· 현재 국내 기술 수준

국내의 흡수식 관련 주요 제조업체수는 3~4개 정도이나 2중 효율의 H₂O/LiBr 방식 흡수식 냉온수기의 효율은 외국 업체에서 10여 년 전 기술 이전 받은 수준인 COP 1.0 정도에 머무르고 있다. 일부에서 그동안 효율향상에 노력을 기울이고 있으나 현재로서는 과급효과가 저조한 현실이다. 국내에서는 보편적인 흡수식 냉온수기 성능은 아직까지 COP 1.0에 머무르고 있으며, 기술 경쟁력에서 뒤쳐지고 있었던 중국도 국내의 기술보다 한층 더 비약적인 발전을 이루어 COP 1.2를 획득하였다. 향후 해외시장에서 중국과의 가격적, 기술적인 차별성이 없이 경쟁하는 것은 거의 경쟁력이 없으며, 이를 극복하기 위해서는 선진국과 동등한 수준의 효율과 독자적인 기술력을 확보해야한다. 흡수식의 국내 기술개발이 저조했던 이유로는 시장 환경적 측면에서 국내 흡수식 시장의 소비자가 건물주가 아닌 건설사나 건축 설비회사의 비중이 큰 관계로 고효율 기기보다는 저가 기기를 선호하고 있으며 고효율 흡수식 기기 소비자의 혜택 기준도 없어서 고효율기기 개발의 걸림돌이 되고 있는 것이 현실이다.

- 중, 대형 : LS전선, 센추리 등 9개 업체에서 기술 도입 단계를 거친 후 현재 개선 및 성능향상을 위

한 기술개발이 진행되고 있으며 독자적 모델 개발단계이다.

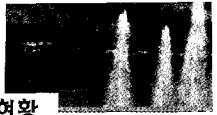
- 소형 : 20 RT 이하에 대한 기기개발을 추진 중에 있으나 시장성이 크지 않고 GHP와의 경쟁 등으로 기기개발이 본격적으로 이루어지지 않는 실정이다.
- 가정용 : 3 RT급 가스냉방기 상품화 단계 (KOGAS/센추리)

시장현황

흡수식 가스냉난방기 보급률은 냉방용량 기준으로 연평균 25% 정도로 증가 되고 있으나 보급 기종은 중대형이 대부분을 차지하고 있으며 20 RT 이하의 소형의 경우는 기술 및 기기개발이 이루어지지 않으며 RT당 기기 단가가 높아 보급이 미미한 수준이다. 생활수준 향상으로 냉방수요가 급격히 증가하고 있으며 특히 냉방전력의 25%를 점하고 있는 가정용 냉방분야 에너지를 전기에서 가스로의 대체가 요구됨에 따라 현재 2003년 제품출시 단계인 3 RT급 가스냉난방기의 보급 확대를 위한 지원과 기술 개발이 필요하다.

· 중대형 기기 성능향상

흡수식 가스냉난방기 보급의 대부분을 차지하여 하절기 냉방용 가스소비에 대한 기여도가 크다. 따라서 지속적인 보급 확대와 경쟁기종인 빙축열 시스템과의 경쟁력을 확보를 위한 기기효율 향상기



술(2중 효율 COP 1.35 기종개발과 연계필요), 간편한 유지보수와 내구성 향상을 위한 기술개발이 필요하다.

• 7.5 ~ 20 RT급 소형기기 개발

전기냉방이 대부분을 차지하고 있는 소규모 건물, 상가 등에 가스냉방 보급 확대에 필요한 기기 개발이 요구된다.

국의 개발 현황

• 일본 흡수식 사이클 및 냉동기 개발 현황

흡수식의 경우 Hitachi 등 8개 업체에서 7.5~2000 RT급의 다양한 기종을 생산하고 있으며 도시가스회사의 보급지원으로 기기보급과 신제품 개발이 활발하다.

- 중, 대형 : 기술성숙단계이며 3중 효율 등 기기효율 및 기기 소형화에 주력하고 있다.
- 소형 : GHP와 경쟁으로 일체형 및 멀티공조시스템을 채택한 기기 보급이 이루어지고 있다.
- 가정용 : 1.3 RT급 기기 상품화 완료 후 현재 기기 보급 초기단계이다.

일본의 3중 효율 흡수식 연구

본 과제는 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)에서 METI(Ministry of Economy Trade and Industry)로부터 연구비를 지원받아 기획, 주관하고 일본가스공사(JGA)와 Kawasaki, Hitachi, Daikin, Yazaki 등 4개의 업체가 연구개발에 참여하고 있다.

연구목표

개발 중인 3중 효율 시스템은 현재의 상용화 되어 있는 이중효용 시스템의 COP 1.07에 비해 약 50% 향

상된 1.60이며 시스템 체적은 현재보다 20%를 넘지 않는다. 또한 열병합 발전에 의해 버려지는 폐열을 20% 이상 활용하여 가스 소비율을 줄일 수 있다. 현재의 시스템에 대한 연구의 목표가 표 1에 정리되어 있다.

세부 기술과제

• Cycle Flows (Generators arrangement)

이중효용 시스템은 냉매증기 발생부가 고온재생기와 저온재생기로 구성되어 있으며 이들은 흐름방식에 따라 크게 직렬흐름과 병렬흐름으로 구분된다. 대표적인 예로 Sanyo사의 제품은 직렬흐름 방식으로 결정화 제어에 약점이 있지만 큰 냉동용량을 얻을 수 있고 구조가 간단하다. 한편 Hitachi사의 제품은 병렬흐름 방식으로 구조가 복잡하고 유량분배제어가 어렵지만 결정화의 위험이 없고 높은 COP를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 3중 효율 시스템은 참여한 4개의 업체들이 각기 다른 흐름방식을 제시하고 있으며 이는 그림 1에 나타나 있다.

• Boiler type

3중 효율 시스템에서는 기존의 이중효용 시스템에서 사용되던 보일러 타입 대신에 관통형 역방향 연소 타입의 보일러를 채택했다. 역방향 연소이므로 상대적으로 적은 열량투입으로 높은 열효율을 얻을 수 있고, 이에 따라 체적도 줄일 수 있다는 장점이 있다. 중간온도 재생기의 추가로 인한 체적증가를 상당부분 상쇄시킬 수 있다.

2단 증발/흡수 시스템

3중 효율 시스템에서는 기존의 1단 증발/흡수 시스템 대신 2단 증발/흡수 시스템을 적용한다. 기존

<표 1> 개발 목표

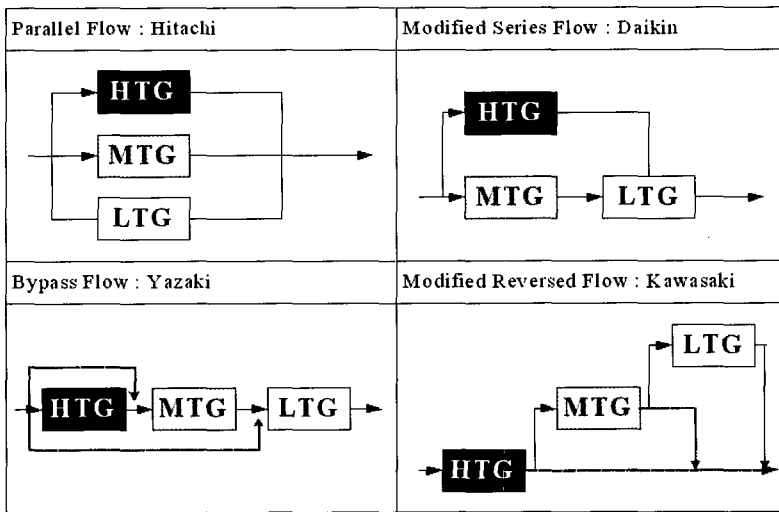
	Target	Conventional Machine
Type	Triple Effect	Double Effect
COP	Cooling : 1.60(Fuel-Based on H.H.V)	1.07
Volume	Within 120% (Percentage to the Conventional Machine)	100%
Utilization of waste heat from co-generation system	Reduction of gas consumption rate by utilizing waste heat of co-generation 20% and above	15%

의 1단 증발/흡수 시스템의 냉수 입출구 온도는 각각 12℃와 7℃이다. 3중 효율 시스템에서는 그림 2에 나타나 있듯이 2개의 증발압력을 갖는 새로운 시스템의 냉수 입구 온도는 15℃이며 고압증발기와 저압증발기를 거쳐 7℃로 나가게 된다. 냉각수와 용액, 냉매의 라인은 모두 직렬흐름이며 1단 증발/흡수 시스템에 비해 전체 시스템의 효율을 향상시킬 수 있다.

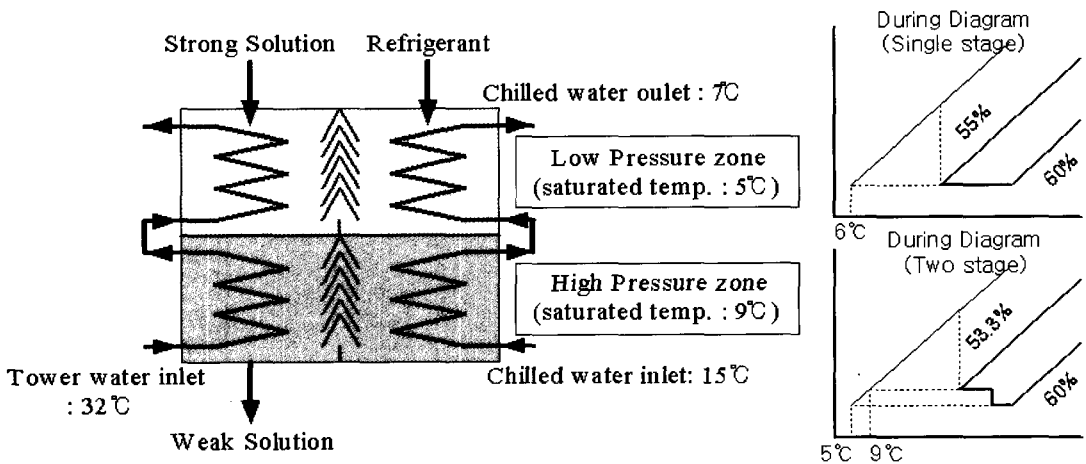
중국의 흡수식 사이클 및 냉동기 개발 현황

중국의 흡수식냉동기 연구개발

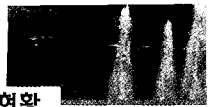
중국의 흡수식냉동기는 1990년대 후반 이후 급속한 성장을 거듭하여 현재 산업체에서는 Broad Air Conditioning, Jiangsu Shuangkiang Air Conditioning and Refrigeration Co. Ltd, 및 Zhejiang Lianfeng Co. Ltd에서, 학계에서는 상하이 교통대학교 (Shanghai



[그림 1] 3중 효율 시스템 흐름도



[그림 2] 2단 증발/흡수기 개략도 및 Durling 선도



Jiao Tong University, SJTU)에서 주로 연구개발이 이루어지고 있다. 특히 Broad Air Conditioning에서는 최근 4.6 RT 급 공랭식 소형 H₂O/LiBr 흡수식 냉동기를 개발하여 기존의 암모니아/물 소형 흡수식 냉동기 시장에 침투 하고 있는 실정이다.

중국의 흡수식냉동기 및 열/물질 전달연구

흡수식 냉동기술은 1957년 A. S. Xia 교수에 의해 상하이 자오통대학에 소개가 된 이후, 2002년에는 온도 범위가 0 ~ 200℃, 농도 범위가 30 ~ 75%의 용액에 대한 열적 물성치를 계산할 수 있는 시뮬레이션 프로그램이 제작되었다. 또한, 발생기에서의 냉매 발생과정과 흡수기내의 흡수과정에 대한 연구는 수평관으로 이루어진 유하박막형 흡수기에서의 열 및 물질 전달에 초점이 맞추어져 있다. 1999년부터 열교환기 설계 시 고온에서의 흡수 특성에 대한 연구가 진행되었으며, 표 2는 고온에서의 흡수 특성을 나타내고 있는데 여기서 Set 1에 나타난 실험조건은 열교환기에 의해 뜨거운 물이 공급되는 것을 모사한 것으로 물의 온도는 약 35℃ 정도 상승하였다. Set 2에 나타난 실험조건은 열교환기에 의해 증기가 공급되는 것을 모사한 것으로, 물과 용액 사이의 흐름은 대향류이고, 물의 온도는 약 11℃ 정도 상승하였다. 1996년에는 흡수기의 효율 면적 계수 ξ 와 질량 확산 계수 η 에 대한 경험치를 이용하여 유하 박막형 흡수 특성을 소개하는 semi-empirical 열 및 물질전달 모델이 개발되었다.

<표 2> 고온에서의 흡수 성능

Parameter		Set 1	Set 2
Pressure	Pa, kPa	53.3	59.2
Solution spray density	Γ , kg/ms	0.1	0.08
Solution inlet concentration	ξ_r , %	57	60
Concentration difference	$\Delta\xi$, %	3.1	3.4
Water flow rate	Gw, kg/hr	100	303
Inlet temperature of water	Tw _i , °C	82	106
Temperature boost	ΔT_w , °C	35	11
Heat transfer coefficient	Ka, kW/m ² K	>1.2	>1.2

가스구동 열펌프(GHP)

그림 3에 국내 GHP업체 별 제휴 사업현황이 나타나 있다.

국내 GHP개발 현황

- 2001년 150대 설치(총누계 187대), 2002년 약 1,500대 설치, 2003년 약 2,000대 설치 되어있다.
- 2005년 기준 8,000대, 2010년 기준 12,000대 설치가 예상되어진다.

GHP 주요 Target

- 500 m² ~ 5,000 m²급 중소형 건물에 적합한 기기이다.
- 최근에는 학교 건물 중심으로 보급되고 있다.

가스공사 연구개발원 GHP개발현황

- 가스공사 연구개발원에서는 1차 사업('98년 ~ '01년)으로 가스공사, 대우엔지니어링(주), 차원기화기(주) 공동으로 추진하였으며, 현재 2차 사업('01년 ~ '02년)을 진행 중에 있다(표 3 참조).
- 개발주요 내용으로는 가스엔진 개발(200 cc 급 LPG엔진의 천연가스용 개조), 시스템제어(Multi 제어)연구, 시스템 개발 및 성능실험 연구, 상품화 제품에 근접한 시작품 개발 및 제작 연구 등을 수행하였다.

국외 GHP개발 현황

일본은 최근 연간 약 40,000 이상 보급으로 1999년

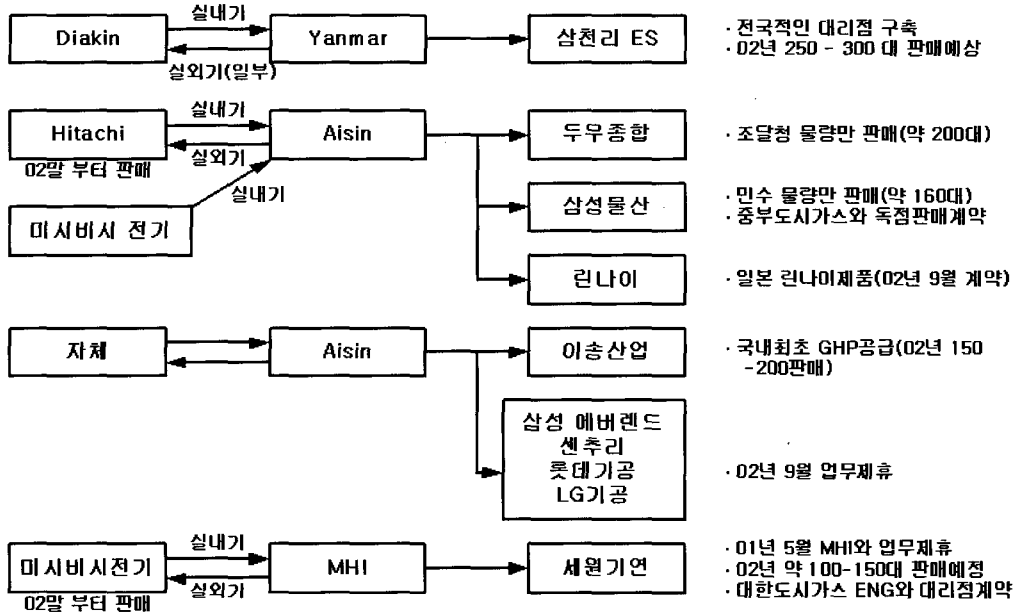
기준 도시가스용 18,3천대, LPG용 23.9천대, 총 42.2천대 보급하고 있다(표 4 참조).

- 용량기준 흡수식 대비 약 24.3% 점유하고 있다. (급격히 성장 중)

• 하절기 가스 수요확대 및 수요관리 기여하고 있다.

GHP 시장전망

GHP 보급은 중소형 건물에 적합하며 특히 멀티제



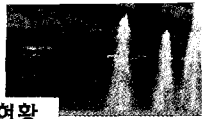
[그림 3] 국내 GHP업체별 제휴 및 사업현황

<표 3> 가스공사 연구원 GHP개발 목표

구분		1차 시제품('98~'01)	2차 시제품('01~'02)
냉방	능력	16 RT	16 RT
	COP	0.84	1.0
난방	능력	57,000 kcal/h	57,000 kcal/h
	COP	1.0	1.2
공조방식		4실 Multi	8실 Multi

<표 4> 일본의 GHP 보급 현황

		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
GHP	용량 (천RT)	404	504	622	774	932	1,174	1,426	1,725	1,976	2,284	2,570
	건수 (천건)	26.2	32.0	38.5	64.1	54.4	60.7	69.0	77.8	85.1	90.9	97.6
GHP용량 비율 (흡수식 대비)		8.1	9.1	10.4	11.7	13.1	15.4	17.3	19.4	21.0	22.8	24.3



어시시스템의 발달로 다중연결 및 제어방법으로 그 대상범위가 확대되고 있다. 일본의 경우 2010년의 자국 내 시장규모를 58,000여대로 전망하고 있으며 국내의 경우 시장규모와 보급 환경을 고려할 때 일본의 1/5 규모수준으로 전망되며 이를 토대로 연도별 시장 규모는 다음 표 5, 표 6과 같다. 가스수요량은 누적대수에 비례하여 증가되며 GHP 1대당 연간 수요량은 20 HP급을 기준으로 4.46톤(5,560 Nm³/년)으로 하였다. 또한 당해 연도의 보급에 따른 수요 증가량은 연간 수요의 50%를 적용하여 계산한 것이다.

◆ 시장진입전략

가스공사, 도시가스사(4개사), 제작사(2개사) 공동 협력으로 고성능(COP 1.2), 저비용(1500만원/대), Compact제품 개발이 필수적이다.

◆ 개발진행 상황

2002년부터 도시가스사 사업협력(개발 협력 및 공동 마케팅)과 기술이전을 통한 상업화 추진(센추리, LS전선), GHP요소기기기술 개발(가스엔진, 배가스 열교환기 등)로 20HP급 GHP설계, 제작, 상업화 기술 개발하였다.

2004년부터는 신형 GHP개발을 위해 10 RT 이하급, 30 RT급 GHP개발 (LS전선 2005년 제품출시) 및 R407C 냉매 등을 채용한 신형 GHP를 개발하고 있다.

2007년부터는 대용량(50HP급) GHP개발 및 기종 확대를 위해 50HP급 고효율 GHP시스템 개발 및 신 냉매 적용/멀티제어 기술 개발을 목표로 잡고 있다.

◆ 보급효과

GHP의 보급에 따른 전력대체 효과로는 1 냉동톤(RT)당 전기냉방기 성적계수(COP)를 3.5로 가정할 때 1 kW에 해당하므로 보급에 따른 동시사용률(1000대 이상의 경우 0.68로 가정)을 고려하면 10년 기준으로 가스는 연간 30만톤의 수요가 예상되며 전

<표 5> GHP 보급 전망에 따른 가스수요 및 전력대체효과

연도	당해연도 보급대수	전체 누적대수	가스수요량 (전톤)	전력대체효과 (MW)
2002	1,500	1,600	3.8	17.4
2003	3,000	4,600	13.8	50.0
2004	5,000	9,600	31.7	104.4
2005	8,000	17,600	60.7	191.5
2006	8,500	26,100	97.5	284.0
2007	9,200	35,300	136.9	384.1
2008	10,000	45,300	179.7	492.9
2009	11,000	56,300	226.6	612.5
2010	12,000	68,300	277.8	743.1

<표 6> GHP 분야 시장현황

항목	2002년	2003년	2004년	2006년	2008년	2010년
국내시장규모(대수)	1500	3000	5000	8000	10000	12000
판매목표(점유율)		25(0.8)	1250(25)	3200(40)	5000(50)	6600(55)
가스수요(톤/년)	6700	13400	22300	35700	44600	53600

*GHP 1대 설치시 연간가스 사용량 : 4.5톤/년(5,560Nm³/년)
- 하절기 : 2.08톤, 기타절기 2.42톤

력대체효과는 약 743 MW가 나타난다. 이러한 가스 냉방기 보급은 천연가스 수요확대를 거둘 수 있으며 500 MW 화력발전소 1.5기에 상당하는 전력대체효과를 거둘 수 있으므로 궁극적으로 효율적인 에너지 정책에 부응하는 것이다. 또한 GHP 국산화 개발은 전량 수입에 의존하는 현재 상황에서 수입대체효과가 크게 나타나며 2010년까지 68,000여대가 보급된다고 가정할 때 약 170억불의 외화절감 효과가 있는 것으로 분석된다.

◆ 가스식 냉방기술 개발의 기대 효과

흡수식 가스냉난방기 기술수준 제고로 지속적인 보급확대가 필요하며 하절기 가스수요 확대 및 전력 부하 완화, 국가적인 에너지 수급균형, 천연가스 공급 설비 이용효율 향상, 기기 효율 향상에 따른 가스 냉방 지원금 예산 절감, 전기냉방과 가스냉방의 균형적 발전, GHP상품화 및 국내 시장 보급 확대 등의 효과를 기대 할 수 있다.

결론

최근의 가스 냉방기술의 향상과 개발은 하절기 가스수요 확대 및 전력 부하 완화, 국가적인 에너지 수급 균형, 천연가스 공급설비 이용효율 향상, 기기효율 향상에 따른 가스냉방 지원금 예산 절감, 전기냉방과 가스냉방의 균형적 발전 등의 효과를 기대할 수 있다. 따라서 앞으로 흡수식 시스템은 기기효율 향상 및 간편한 유지보수와 내구성 향상을 위한 기술개발이 필요하며, 전기냉방이 대부분을 차지하고 있는 소규모 건물, 상가 등에 가스냉방 보급 확대를 위한 소형흡수식 시스템의 개발이 요구되고 있다. 또한 GHP의 경우는 전량 수입에 의존하는 현재 상황을 해결하기 위해 국산화에 노력해야 할 것이며, 환경오염이 없는 신냉매(R407C) 사용하는 GHP 시스템을 개발하고 더 나아가 NOx를 줄일 수 있는 저회전 고효율 형태의 GHP 전용 가스 엔진을 개발해야 할 것이다. ㉔