

GHP 시스템의 특징 및 기술개발 동향

GHP시스템의 특징, 고율화 기술 및 국내외 GHP 기술개발 동향에 대하여 소개하고자 한다.

김 만 회

삼성전자 DA 연구소 (manhoe.kim@samsung.com)

서 형 준

삼성전자 DA 연구소 (hj.seo@samsung.com)

에어컨의 종류와 시장상황

GHP (gas engine driven heat pump)는 하절기에 상대적으로 수요가 적은 가스연료를 이용하여 하절기의 전력 피크부하를 줄임은 물론, 동절기에는 엔진의 배열을 이용하여 저온에서도 일정 수준의 성능을 유지할 수 있는 에너지의 합리적 이용에 적합한 에너지 절약 공조기기의 대표적인 예이다. GHP는 압축기를 가스엔진으로 구동하고 난방시 엔진 배열을 이용하는 부분을 제외하면 일반 전동기로 구동하는 열펌프(EHP) 시스템과 유사하다. 가스엔진의 원료는 LNG (liquid natural gas)나 LPG (liquid petroleum gas)가 사용된다. GHP의 기술 개발 동향을 소개하기 전에 먼저 에어컨의 종류 및 시장 상황을 기술함으로써, 전체 에어컨 시장 전반에 대해 분석하고 GHP가 차지하는 위치를 고찰해 보고자 한다.

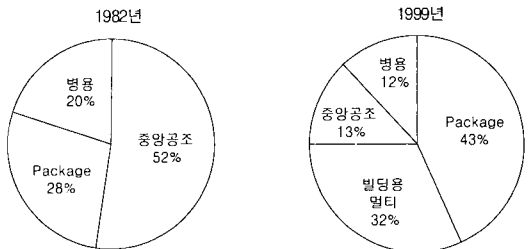
세계 에어컨 시장은 표 1에 나타난 바와 같이 매년 그 수요가 증가하고 있으며, 특히 미국과 중국, 일본, 한국을 포함한 아시아가 전체 생산량의 80% 이상을 차지하고 있다¹⁾. 에어컨의 종류는 용량에 따른 제품군에 따라 다음과 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다. 창문형/벽걸이형/스탠드형 등 Single 제품 위주의 가

정용 제품군과 중/대형 패키지 에어컨, Unitary 에어컨 및 시스템 에어컨 등으로 구성되어 있는 상업용(업소용) 제품군, 그리고 칠러와 10마력급 이상의 빌딩용 멀티에어컨(대용량 시스템 멀티 에어컨)을 사용하는 상업용 제품군 등으로 구성되어 있다.

기존의 상업용 건물에는 대형 패키지 에어컨이 주로 사용되어 왔으나, 설치공간의 비효율성, 거주공간의 온열쾌적감 저하, 소음증가 및 소비전력의 증가 등의 문제점으로 인하여, 실내기 매립형 빌트인(Built-in) 제품과 실내기를 다수로 설치하여 영역별 제어(Zone Control)가 가능한 시스템 멀티 에어컨의 보급이 그림 1과 같이 점차 확대되고 있다. 시스템 멀티 에어컨은 그 동안 미국에서 사용되어온 VAV(variable air volume) 시스템과는 달리 하나의 실외기(또는 여러대의 실외기를 하나의 실외기와 같이 모듈화하여 용량대를 증가시킴)에 다수의 실내기를 연결하여 사용하는 VRV(variable refrigerant volume) 시스템으로 일본의 공조기기 제조사들이 기술 및 시장을 거의 독점하고 있었으나, 최근에 국내에서도 대기업을 중심으로 성능이 매우 우수한 멀티형 시스템 에어컨을 자체 개발하여 판매하고 있다. 국내시장의 경우 에어컨의 보급율이 약 40%에 달하고, 건축물의 고급화/

<표 1> 연도별 전세계 에어컨 생산량 (단위: 천대)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Asia	18,662	18,993	21,449	22,170	23,469	24,885
Middle East	1,720	1,763	1,836	1,892	1,950	2,010
Europe	1,731	2,472	2,552	2,721	2,898	3,088
North America	10,437	12,408	10,906	10,207	10,269	10,332
Latin America	1,588	1,665	1,881	1,992	1,978	2,035
Africa	511	520	542	562	582	603
Oceania	539	487	548	566	584	604
Total	35,188	38,308	39,714	40,040	41,730	43,557



[그림 1] 일본시장내 10층 이하 건물의 공조시스템 변천 현황



복합화 추세에 따라서 기존 단품제품형 시장의 성장성 둔화 및 수익성 감소가 예측되고 있다. 따라서, 공조기기 제조업체들은 향후 고성장이 기대되는 시스템 에어컨 시장에 진입하기 위해 자원을 집중 투입하고 있으며, 선발업체에서는 제조사간 공동개발, 시장협력 등(東芝-Carrier, 松下-Daikin 등)의 방법으로 자구책을 마련하고 있으며, 후발업체들은 기술도입, 수입판매 등으로 시장에 진입하기 위한 노력을 경주하고 있다.

산업용 제품군은 칠러를 사용하는 중앙공조시스템이 사용되었으나, 관리인원의 상주 및 유지보수 등의 운전비용이 높고 개별공조가 불가능하여 점진적으로 수요가 줄고 있으며, 빌딩용 시스템 멀티형 에어컨의 보급이 확대되고 있는 추세이다. 이러한 시스템 멀티제품의 다양한 제품군중에서 전기를 사용한 멀티시스템이외에 가스를 에너지원으로 사용하는 GHP(gas engine driven heat pump) 시스템은 일본에서는 이미 중대형 용량급에서 비교적 큰 시장이 형성되어 있으나, 국내에서는 최근 들어서야 일부 도입, 설치 운영되고 있는 상황이다.

GHP시스템은 에너지원으로 전기를 사용하지 않고 가스를 사용하기 때문에, 기존 시스템 대비 전기사용량이 10% 이하이므로 하절기 전력 피크부하를 줄이고, 소비자의 전기 사용에 대한 부담을 획기적으로 경감시킬 수 있는 장점이 있다. 또한, 최근의 전기료 누진제 도입과 에어컨 보급율의 급증, 도시화 등으로 냉방 수요 급증에 비추어 GHP 가스냉방의 경제성에 대한 시각을 달리할 때가 도래하였다. 이러한 가스를 이용한 GHP 냉난방시스템은 국가 전체의 에너지 이용에 대한 합리적 효율화가 가능하고, 가스와 관련된 국가 정책의 혜택을 받을 수 있는 가능성을 갖고 있다.

국내의 경우 난방 및 온수 공급이 지역난방 또는 개별 보일러에 의해 대부분 해결되고 있어서, 에어컨은 주로 냉방전용 제품 위주의 시장이 형성되어 있다. 또한, 동계의 매우 낮은 온도로 일부의 남부 지방을 제외하고는 열펌프의 보급이 거의 이루어지지 않고 있는 형편이다. 그 주된 이유중의 하나는 일반 전기를 사용하는 열펌프의 경우, 난방시 외기온도가 낮아짐에 따라 시스템의 난방능력이 점차 저하하여 필요한

난방부하보다 난방능력이 부족하게 되기 때문이다. 따라서, 저온 난방 성능을 향상시키기 위하여 보조히터를 이용하거나, 가변 주파수 압축기를 사용하여 압축기의 회전수를 증가시켜서 냉매유량을 증가시키는 등의 방법을 시도하고 있다.

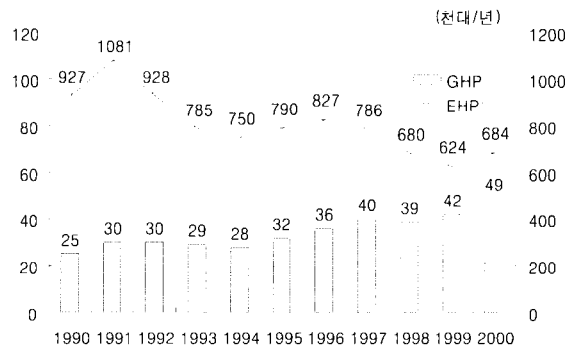
GHP시스템은 난방운전시 발생하는 이러한 성능저하 문제를 엔진의 배열을 회수하여 해결할 수 있다. 따라서, 비록 초기 투자비가 EHP 대비 높지만, 전체적인 운전비용이 저렴하고 동절기에도 성능이 우수한 GHP시스템은 국내의 학교, 관공서, 영업장 등에서 수요가 점차 늘어날 것으로 보인다. 더구나, 국내의 경우 하절기 가스 냉방에 대한 다양한 지원 제도도 GHP 제품의 보급을 촉진시킬 수 있을 것으로 보인다. 일본냉동공조공업회의 자료에 의하면 표 2와 그림 2에 나타낸 바와 같이, 칠러와 EHP는 점차 감소하는 경향을 보이지만, GHP는 지속적인 성장을 나타내고 있다.

GHP 시스템의 구성과 특징

멀티형 GHP는 공냉식 열펌프 시스템의 핵심부품인 압축기를 전기 모터가 아닌 가스엔진으로 구동되는 냉난방기기로서 가스엔진, 압축기, 열교환기 및 제어 장치의 시스템화 기술이 요구된다. 멀티형 GHP 시스템은 그림 3과 같이 구성되어 있으며, 각 부분의 주요 기술 특성은 다음과 같다.

• 가스엔진

4행정 수냉식 엔진이 주로 사용되며, 40% 이상의 높은 열효율과 40,000시간 이상의 긴 수명이 요구되고 있다. 또한 희박 연소법, EGR법, 점화시기 지연법 등을 채용한 NOx 배출 저감 기술 등이 필요하다. 엔진의 배기가스와 마찰열을 이용하기 위한



<표 2> 일본의 냉동공조기계 수요 예측 (단위: 대수)

항목	2000 (실적)	2001 (실적)	2002 (예측)	2003 (예측)	2004 (예측)	2005 (예측)	연평균 성장률 (%) (01-05)
GHP	48,593	46,274	46,000	47,000	48,500	50,000	1.95
칠러	12,841	14,567	13,500	13,500	13,400	13,300	-2.25
대형냉동기	3,978	3,800	3,740	3,860	3,980	4,190	2.47

폐열이용 기술이 부가적으로 요구되고 있다.

• 압축기

현재 개발되어 있는 각종 형태의 압축기 즉, 왕복동식, 로타리식, 스크류식 및 스크롤식의 압축기가 용량과 회전수 범위에 적합하도록 채택되어 사용되고 있다. 다만 가스엔진 구동 열펌프의 경우, 개방형의 압축기가 필요하며 엔진과의 매칭(소음, 진동을 고려한 엔진의 회전수, 엔진 출력의 60% 이하 사용, 벨트 구동 혹은 직결식 등) 기술이 필요하다.

• 엔진배열 이용

가스엔진에서 발생하는 마찰열과 배기가스 열을 회수하여 이를 유용하게 이용하는 기술이 요구된다. 현재는 이 열을 직접 급탕이나 온수 제조 등에 이용하는 방법과 냉방 시에는 외부로 방출하고 난방 시에만 냉매의 증발에 보조적으로 이용하는 기술 등이 이용되고 있다.

• 열펌프 시스템

냉매의 응축, 증발을 담당하는 열교환기가 있으며, 특히 멀티형의 경우 실내기의 용량 결정과 이를 적절히 분배하는 기술이 요구된다. 또한 운전 대수와 실내 및 실외의 운전 조건에 따른 실외기의 용량 조절 기술이 매우 중요하다.

• 운전 및 제어 시스템

가스엔진의 채용에 따라 엔진의 시동과 최적 운전 조건을 유지하기 위한 회전수 조절, 공연비 조절 등 기존의 열펌프 시스템이 가지고 있는 운전 및 제어 장치에 비해 매우 복잡하고 정교한 시스템이 요구된다. 특히 가스 이용에 따른 안전과 엔진 냉각수, 엔진

룸의 온도 조절, 엔진의 ON/OFF 횟수를 최소로 유지하기 위한 기술 등이 추가로 필요하다.

이와 같은 GHP는 전기 모터 구동 방식에 비해 다음과 같은 특징이 있다.

- 여름철에 가스를 이용하여 냉방을 수행함으로써 냉방 전력 피크부하 절감효과가 있다.
- 엔진에서 발생하는 폐열을 유효하게 이용할 수 있어 보일러 등과 같은 다른 열원 방식에 비해 1.3~3배의 에너지 이용 효율을 가진다.
- 엔진의 회전수 제어가 용이하여 부분 부하 운전 특성이 매우 우수하다.
- 동일한 용량의 전동기 구동 방식에 비해 외기 온도 변동에 따른 효율 및 능력 저하 현상이 매우 작다.
- 기존의 모터 구동 방식의 경우에 비해 엔진 폐열을 이용함으로써 제상 운전 특성이 우수하다.
- 시스템이 매우 복잡하여 운전 및 운영이 까다롭고, 특히 엔진의 주요 소모품 즉, 엔진 오일 및 공기 필터, 점화 플러그 등의 교체와 점검이 요구되며, 가격이 비싸다.

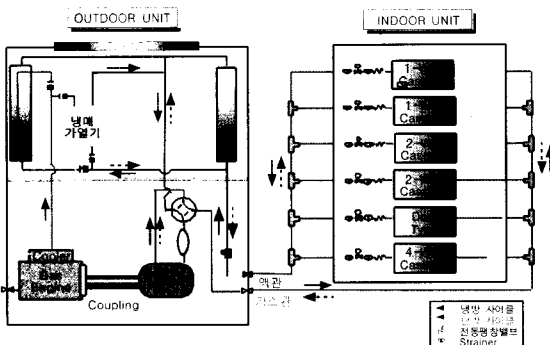
GHP시스템의 고효율화 기술

GHP의 고효율화를 위한 기술은 가스엔진의 고효율화, 냉동사이클의 효율향상 및 엔진배열의 이용 효율 향상으로 대별할 수 있으며¹²⁾, 세부내용은 다음과 같다.

가스엔진의 효율향상

엔진의 효율을 향상시키기 위해서는 다음과 같은 요소기술이 요구되며, 아울러 NOx 저감기술 및 내구성의 확보도 중요한 이슈이다. 이에 대해서는 엔진의 고효율화 파트에서 자세히 기술될 것이므로 간략하게 기술하기로 한다.

- 엔진 압축비의 증대
- 공연비의 최적화
- 균일연소를 위한 연소실 형상의 최적화
- 연료 흡입계통의 최적화
- 점화 타이밍의 최적화
- 밸브 개폐 타이밍의 최적화
- 흡배기 저항의 저감
- 재질의 경량화 등을 통한 기구부의 손실 저감



[그림 3] GHP시스템의 개략도



냉동사이클의 효율향상

냉동사이클의 효율을 향상시키기 위해서는 사이클을 구성하는 요소부품 (압축기, 열교환기, 송풍기 등) 의 고효율화와 이들 구성부품의 최적 조합 운전이 요구된다.

- 압축기 : 토출압력손실 저감, 흡입압력손실 저감, 기계적 손실 저감, 저 용량운전시 효율증대
- 열교환기 : 신냉매 (R407C) 적용에 따른 대형화, 최적 분배구조 설계
- 요소부품 배관 : 배관 최적 설계에 따른 배관내 압력 손실 저감

압축기의 경우 엔진 회전수에 따른 용량변화는 물론 압축기 자체의 가변용량화로 부하에 따른 열펌프의 용량가변도 중요한 시스템 효율향상의 일환이 될 수 있다. 또한, 실외기의 열교환기와 라디에이터의 배치 및 송풍기를 포함한 유로계통의 최적화도 중요한 사이클 효율 향상 기술이다. 이와 더불어 최근의 멀티형 GHP 시스템의 보급 증대와 더불어 장배관에 따른 압축기의 운할유 회수문제도 시스템의 신뢰성은 물론 성능에 영향을 줄 수 있는 요소로 체계적인 검토가 필요하다.

엔진배열의 이용 효율 향상

냉난방 부하는 외기온도에 따라 크게 변화하는데, 공기열원 열펌프의 경우, 외기온도가 낮아질수록 난방부하는 증가하는 반면에 열펌프의 성능은 저하하는 문제가 있다. 그러나, GHP의 경우는 난방시 엔진에서 나오는 고온의 배기가스 및 엔진 냉각수의 배열을 이용하여 외기온도가 낮은 동절기에도 일정수준의 열펌프의 성능을 유지할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 따라서, 엔진의 배열을 효과적으로 회수할 수 있는 배열 열교환기의 최적화는 물론, 고온의 엔진냉각수와 열교환하는 냉매량을 제어하는 것도 매우 중요한 기술이며, 이를 통하여 난방시 GHP의 효율을 향상시킬 수 있다. 종래의 배열회수 장치로서는 이중관 열교환기를 사용하였으나, 근래에는 열교환 성능이 보다 우수하고, 부피가 상대적으로 소형인 판형

<표 3> 국내의 전력 수요 및 냉방 부하 변화 추이

구분	1997년	1998년	1999년	2000년
최대전력부하(MW)	35,851	33,962	37,293	41,007
냉방 부하(MW)	7,228	5,280	7,379	8,120
냉방 부하율(%)	20.1	15.5	19.7	19.8
발생일	8.20	9.10	8.17	8.18

열교환기를 채택하고 있다. 또한, GHP 시스템은 운전시작과 동시에 발생하는 엔진의 열에너지로 냉매를 가열하므로, 저온난방시 신속하게 실내를 쾌적한 상태의 온도로 상승시킬 수 있는 장점이 있다.

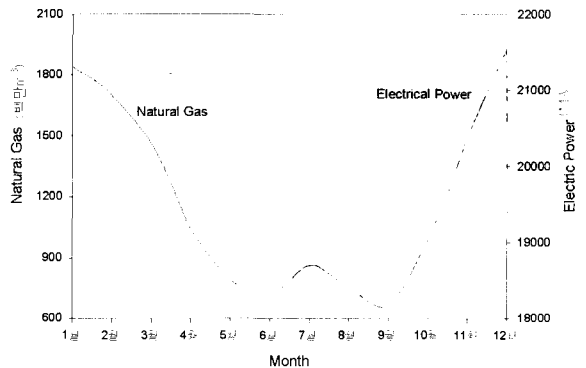
GHP시스템의 기술개발 동향

국내동향

겨울철 난방 능력과 효율의 저하 및 제상에 따른 쾌적성 부족으로 국내의 경우, 공냉식 열펌프의 수요는 전체 에어컨의 10% 미만으로 매우 미미한 실정이다. GHP의 최대 장점은 엔진의 배열을 이용하여 한냉지에서도 시스템의 난방 능력과 효율을 일정수준 이상 유지할 수 있으므로 국내의 겨울철 공조 환경에 가장 적합한 냉난방 시스템 중의 하나로 판단된다.

국내 에너지 이용의 합리화 측면에서는, 하절기 냉방 전력 수요의 지속적 증가(국내 전력 수요 및 냉방 부하 변화 추이 표 3 참조^{[3])}에 따른 하계 전력 부하의 피크 현상이 발생하여 전기 수요의 계절별 불균형 현상을 초래하고 있다. 또한, 그림 4에 나타난 바와 같이, 국내 가스 연료의 계절별 수요는 불균형이 심각하다^[3]. 결과적으로 국가의 중요 에너지원인 전력과 가스의 합리적인 수요 관리 체제 구축이 시급하며, 부하 평준화를 통한 설비의 효율적 이용과 설비 증설 억제 등 투자비 절감 효과를 얻어야 한다.

따라서, 기후 변화 협약 등 국제적인 환경 규제에 대응할 수 있는 효과적인 방안이 필요하며, GHP의 경우, 엔진에서 발생하는 배열을 유효하게 이용할 수 있고, 기존의 전동기 구동 방식의 열펌프에 비해 약 20%, 보일러, 온풍기 등에 비해 약 30% 등의 에너지 절약이 가능하여 결과적으로 온실 가스인 CO₂ 발



[그림 4] 국내의 전력 및 가스의 연중 부하 패턴

생 억제 효과가 있다. 또한, 오존층 파괴 물질로 규제 대상이 되고 있는 기존의 CFC나 HCFC 계열이 아닌 신냉매(R407C, R134a 등)를 적용하는 시스템 개발이 필요한 시점이다.

그러나, 현재 국내에서는 GHP 시스템의 작동 매체인 R407C 등의 신냉매에 대한 국내 개발이 거의 고려되고 있지 않으며 현재 전량 수입에 의존하고 있다. 따라서 국외 여건에 따라 수동적인 대처만이 가능한 상황이다. 또한, COP를 최대로 향상시킬 수 있는 저회전 고효율 형태의 GHP 전용 엔진의 개발이 반드시 요구되고 있는 실정이지만, GHP의 핵심 기기인 전용 가스엔진의 생산 여건이 선진국에 비해 낙후되어 있으며, GHP 시스템에 적합한 다양한 형태의 개방형 압축기가 국내에서 생산되고 있지 않기 때문에, 이에 따른 COP 향상과 가격 경쟁력 면에서 불리한 여건이다.

저온 난방 향상을 위한 엔진 배열 이용과 폐열 회수용 열교환기 등 일부 부품 개발에 크게 노력하지 않은 결과 이 부분에 대한 국내기술이 의외로 낙후되어 있다. 또한, 국제 규격에 적합한 멀티형 GHP 시스템의 정격 성능 평가와 다양한 운전 조건에 따른 시스템의 종합 성능 평가 및 내구성 평가를 위한 설비가 국내에 마련되어 있지 않은 상황이다.

현재 국내에는 일본과의 기술제휴에 의해 최신기종의 GHP가 계속 도입되어 시장 잠식이 점차로 진행되는 상태이다. 일본의 경우, 상품화 판매의 역사가 14년 이상이므로, 10년 이상 앞서 있는 외국 제품 및 기술, 가격과의 경쟁이 요구되고 있다.

GHP에 대한 국내 연구는 한국기계연구원에서 1989년부터 3년간 한국가스공사의 위탁으로 천연가스 엔진을 사용하는 시스템에 대한 연구를 수행하

였으며, 시제품(5HP, 15HP)을 가스공사 연구원에 설치하여 운전한 바 있다. 그러나, 참여기업의 공동진행이 없는 상태에서 진행되었고 후속 실용화에 대한 연구가 이루어지지 않아 상품화를 이루지 못한 상태이다. 그 후, 한국기계연구원에서는 (주)현민기술연구소와 함께 에너지절약 특정 연구 사업으로 10마력급의 상용화 연구를 1996년부터 2년간 수행하였으며, 그 결과 압축기와 일부 엔진 부품 등 몇몇 부품을 제외한 시스템의 국산화 개발에 성공하여 하계 냉방과 동계 난방 현장 성능 시험을 수행함으로써 상용화 제품으로서의 가능성을 확보한 바 있다. 한편, 한국가스공사 연구개발원에서는 20마력급에 대한 연구를 1998년부터 수행하여 현재 시제품 개발 단계에 있으며, 한국에너지기술연구소에서는 2000년부터 100마력급 수냉식 GHP를 국가 중점연구과제로 수행하고 있다. 또한, 2001년부터 한국기계연구원을 주관기관으로 R407C 냉매를 사용하는 멀티형 GHP 상용화 기술개발이 현재 진행중이다. 표 4에는 현재까지 수행했거나, 수행 중인 GHP 관련 국내 연구 현황을 요약한 것이다.

현재, 국내에서는 이러한 GHP의 상용화를 위한 기반 조성과 기술 실현성이 확보되어 있어 성공 가능성이 우수한 상황이며, 한국기계연구원, 한국가스공사 등에서 수행한 연구로 GHP 설계 및 제작에 관한 기반 기술 개발이 이미 어느 정도 이루어졌으며 성능제고, 신뢰성 및 안정성 확보 등 상용화 기술 개발시 사업화 성공 가능성이 매우 높다.

이와 같은 연구 개발과는 별도로 현재의 GHP 사업에 참여하는 업체로는 삼천리ES, 이송산업, 세원기연, 두우종합기술단 및 삼성물산 등으로서, 이들 업체들은 각각 일본의 야마, 산요, 미쯔비시, 아이신 제품을 국내에 수입하여 판매하고 있으며, 현재까지 1천여대 이상의 GHP가 운영되고 있는 것으로 보고되고 있다. 표 5에는 국내에서 시판되고 있는 제품과 업체를 요약하여 나타내었다.

<표 4> 국내 GHP 개발 현황 비교

개발 주체 (주관연구기관)	개발 용량 (형태)	핵심 기기 개발 현황					개발성과
		가스 엔진	압축기	열펌프	운전 및 제어장치	성능 시험	
한국기계연구원	5, 10, 15 마력급 (공냉식)	자동차용 LPG 엔진개조	수입 (BOCK)	참여 기업 제작	참여 기업 제작	현장 설치 시험	상품화 가능성 확인
한국가스공사	20마력급 (공냉식)	자동차용 LPG 엔진개조	수입 (BOCK)	외주 제작	참여 기업 제작	현장 설치 시험	시제품 개 발, 성능 시험
한국에너지 연구소	100마력급 (수냉식)	산업용 엔진 개조	수입	외주 제작	외주 제작	현장 설치 시험	수행중
한국기계연구원	20마력급 (공랭식)	자동차용 디젤엔진 개조	수입	참여 기업 제작	외주 제작	현장 설치 시험	수행중

국외동향

엔진으로 구동되는 최초의 냉동기는 1949년 영국의 Royal Festival 호텔에 설치한 500 마력급 이었

<표 5> GHP시스템 국내판매 현황

제작업체	국내판매업체
Sanyo	이송산업
Yanmar	삼천리가스
Mitsubishi	세원기연
Aisin	두우종합기술단, 삼성물산



다. 그러나 본격적인 연구개발은 제1차 석유 파동 이후에 서독, 일본 그리고 미국 등에 의해 대부분 진행되었다. Caterpillar 등 엔진 제작업체들이 다양한 용량의 천연가스 엔진을 제작하여 공급하고 있고, Solar Turbines사는 가스터빈을 이용한 단효용 및 이중효용 냉방시스템을 공급하고 있다.

미국의 경우 1985년부터 GRI(Gas Research Institute)가 주축이 되어 York Int. Co., Briggs & Stratton Co. 등에서 가정 및 상업용 소형 GHP 개발이 이루어져 1997년에 3톤(10.5kW), 3.5톤(12.25kW)급이 상품(제품명: Triathlon)화 되었다. 그리고 Goettl 사에서는 15마력과 30마력급을 상품화해서 판매하면서 GRI의 기술 상용화를 감당할 GTI(Gas Technology Institute)와 협력하여 1997년부터 2000년까지 다양한 용량의 제품을 협력사와 공동 상품화 추진 중에 있다.

주요한 기술중의 하나인 엔진에서의 희박연소기술은 연료의 완전연소를 통하여 저일산화물의 배출 및 고효율이 가능하며, 과잉공기는 연소온도를 감소하여 질소산화물의 방출을 저감시킨다. 엔진을 이용한 칠러나 냉동시스템은 대기의 공기질 문제로 각 미국 내 각 도시마다의 제한 규제치를 만족해야 하므로 각 제조사들은 배기가스의 후처리 3방향 촉매(three-way catalytic after-treatment) 및 다른 기술들을 사용하고 있다. GRI는 1997년에 엔진 칠러 시스템에서 촉매를 이용한 배기가스 조절기술에 대한 필드테스트를 수행하였다. 산소 피드백 센서를 이용한 제어시스템은 엔진의 연료/공기비를 최적으로 조절하는 방법을 통하여 NOx는 0.5 g/BHP-hr이하, 일산화탄소는 1.5 g/bhp-hr이하로 저감할 수 있는 결과를 얻었다^[11].

패키지형 GHP는 일본에서 1981년부터 1986년까

지 동경 가스(주), 대판 가스(주) 등 가스 회사를 중심으로 상품화 개발에 성공하여 현재 2~30마력급의 28종에 달하는 다양한 제품을 생산, 판매하고 있으며 표 6^[12]과 그림 5^[16]에 보인 바와 같이 꾸준한 출하 증가를 보이고 있다. 이에 따라 일본의 경우 가스 엔진 구동 열펌프는 96년부터 99년까지 매년 약 4만대 정도의 수요에 힘입어 99년 9월 기준으로 총 누적 대수는 약 36만대에 이르고 있다. 현재 산요, 아이신, 안마, 미쯔비시, 및 다이킨의 5개 업체에서 빌딩용 멀티 타입(10 ~ 20마력급)을 집중적으로 개발, 판매하고 있으며 2002년에는 히타치도 아이신의 실외기를 도입하여 가스엔진 구동 열펌프를 제작하고 있다. 또한 1992년부터 1996년까지는 가스협회, 도시가스 4사 및 제조 업체 12 개사가 공동 연구 개발 체제를 구축하여 “가정용 초소형 가스 냉방기 개발 사업”을 수행하기도 하였다. 표 7에 일본내 GHP시스템의 개발현황을 정리하여 나타내었다. 최근에는 미쯔비시 중공업이 중국업체인 하이얼과 기술제휴를 통하여 중국내에서 작년 말부터 GHP를 생산 판매할 예정이라고 보고하였다^[17].

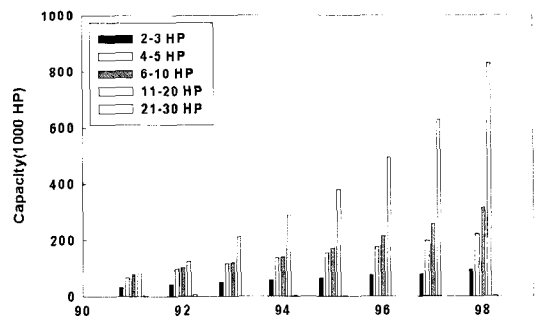
〈표 7〉 일본내 GHP시스템의 개발현황

국가명	회사명	생산기종 (HP)			비고
		소형	중형	대형	
일본	아이신	5	7.5 8 10	13 16 20	Renawat용 필터카트를 장착하여 기실 배관 에서도 사용가능.
	안마	5	7.5 8 10	13 16 20	친환경과 경제성에 중점.
	산요	8 10	13 16 20	30 40	가정용 2HP 98년 시판, 40HP까지의 대용량 시스템 판매.
	마쓰비시	-	8 10	13 16 20	업계최초로 GHP 시스템에 동시냉난방 적용 제품 판매.
	다이킨	-	-	11 14 18	2차 냉매사이클 적용.
	히타치	-	8 10	13	-

〈표 6〉 일본의 GHP 출하 추이

(단위: 대)

연도	가스종류	마력	88년	89년	90년	91년	92년	93년	94년	95년
			출하 누계수							
LP 가스		2-5	-	6,877	7,627	8,503	8,333	7,465	7,437	7,602
		6-10	-	2,710	4,783	5,079	4,705	4,148	4,021	4,086
		11-20	-	1,096	2,394	2,893	3,838	5,005	5,275	6,321
		소계	6,104	10,683	14,804	16,475	16,876	16,618	16,733	18,009
		(전년비%)	(175)	(175.0)	(135.6)	(111.3)	(102.4)	(98.5)	(100.7)	(107.6)
도시 가스		2-5	-	3,550	6,800	8,678	8,616	6,557	5,392	5,764
		6-10	-	900	2,000	2,976	3,225	2,298	2,080	2,632
		11-20	-	632	1,100	1,429	2,034	3,319	3,588	5,768
		소계	4,218	5,082	9,900	13,875	13,875	12,174	11,060	14,164
		(전년비%)	-	(120.5)	(194.8)	(106.1)	(106.1)	(87.7)	(90.6)	(128.1)
합계		10,322	15,765	24,704	30,751	30,751	28,792	27,793	32,173	
(전년비%)		-	(152.7)	(156.7)	(104.0)	(104.0)	(93.6)	(96.5)	(115.8)	



〈그림 5〉 일본의 GHP 출하 추이

한편, 여러 가스회사와 공동으로 산요에서는 업계 최고인 냉난방 평균 COP가 1.33 (20마력급) 인 JJ 시리즈를 개발하였으며, 2002년 4월부터 8, 10, 13, 16, 20마력의 5기종을 발매할 예정이다^[7]. 이번 제품의 큰 특징들은 업계 최고의 COP 달성, 오존과 피지수가 0인 신냉매 채용(R407C), 그리고 업계최소의 배기가스내 NOx 배출 수준을 달성하였다. 이러한 성과들은, 밀러 사이클 엔진(Miller cycle engine)을 이용하여 이전 모델에 비하여 약 20%의 가스 사용량을 절감하였고, 공기-연료비의 피드백 제어를 통한 희박연소 시스템을 채택하여 40%의 NOx를 저감하였다. 또한, 이전 모델대비 소음은 1~2dB 낮추어 20마력의 경우 58dB를 달성하였고, 엔진배열을 효율적으로 회수할 수 있는 신 열교환기를 적용하여 난방능력도 5% 향상시켜, 외기온도가 낮은 경우에도 높은 난방능력을 갖는 제품을 생산 판매 할 것으로 알려졌다.

최근의 주요 기술 동향으로는 고성능화, 기종의 다양화 및 신냉매 채용 기종의 확대, 소형화 및 경량화, 유지 보수 기간의 연장 등을 들 수 있다. 발매 초기에는 20마력 1기종뿐이었던 빌딩용 멀티타입 GHP의 경우 7.5마력에서 40마력까지 다양화되었으며, 이 가운데 최신 기종은 산요의 경우, 대용량 실외기에 접속할 수 있는 실내기 대수가 32대로 대폭 증대하여 더욱 개별 분산화가 진행되고 있다. 빌딩용도 뿐만 아니라 요양원, 병원, 노래방 등에도 용도를 확대하고 있으며 빌딩용 멀티타입 특유의 광범위한 용량 제어 범위와 실외기 팬제어에 의해 OA룸의 공조에도 대응 가능하다.

일반 업무용 패키지형 GHP는 주력기종인 2개 업체의 5마력급 모델을 변경하여 저 원가화 및 소형 경량화를 이루었으며, 엔진룸의 패널은 30%, 기타 부

분의 패널은 50%를 판의 두께 및 중량을 저감하고 진동·소음을 억제하도록 강도를 확보하기 위해 패널에는 프레스 가공을 시도하였다. 또한, X 루버핀으로 불리우는 고효율 핀을 실외기의 열교환기에 사용하고 종래 2개를 사용하고 있던 실외기 팬을 용량이 큰 1개를 사용함으로써 대폭으로 소형 경량화를 시도하였다. (높이 11%, 중량 12% 감소) 내구성 증가와 소형화를 위해 고속 스크롤 압축기를 개발하여 탑재, 스크롤 압축기의 고효율성에 의해 엔진의 부하가 저감되므로 저 원가화와 더불어 COP가 15% 향상되고 운전음도 1dB(A) 이상 감소 효과를 얻었다^[8].

GHP는 엔진을 사용하기 때문에 자동차와 마찬가지로 엔진 오일이나 점화플러그 등을 교환하기 위한 정기 유지 보수가 일반적으로 필요하다. 표 8에 교체 항목 및 점검 내용을 대표적으로 나타내었으며, 각 GHP 생산업체마다 정기 점검 주기를 증가시키기 위한 노력을 기울이고 있다.

국내의 GHP 시스템 보급 정책

국내의 경우, 하절기 전력 피크부하의 상당 부분을 차지하고 있는 냉방 전력 수요 대체를 위한 기술개발을 장려하기 위하여 가스 냉난방에 대한 다음과 같은 다양한 지원책을 실시하고 있다.

- 냉방용 요금제도 운영 : 운전비용 지원을 통한 가스 이용 확대를 위해 5월부터 9월 사이의 가스 냉방 사용 물량에 대해 원료비 이하의 가스 요금을 적용하고 있다.
- 가스냉방 설치 지원금 : 2001년 1월부터 흡수식 및 GHP를 설치한 자에 대하여 30RT 이하 가스 냉방기에 대해서는 실외기 1대당 250만원, 30RT 초과 가스냉방기에 대해서는 설치냉방용량 1RT당 10,000원(지급한도액 500만원)을 지원하고 있다.
- 가스냉방 설계 장려금 : 건물의 신,개축시 냉방 시스템을 결정하는 설비설계사무소에서 가스냉방시스템 채택한 경우 설치냉방용량 1RT당 10,000원(한도 500만원)의 설계 장려금을 지급하고 있다.
- 에너지이용합리화 사업을 위한 자금지원 : 가스냉

<표 8> 정기 점검 주기

점검 및 교체 항목	추천 주기
엔진 오일	6,000시간마다 교환
엔진 오일 필터	6,000시간마다 교환
에어크리너	6,000시간마다 교환
점화플러그	6,000시간마다 교환
오일필터	6,000시간마다 교환
벨트	6,000시간마다 점검 및 교환
벨브 간극	6,000시간마다 점검 및 조정
냉각수	6,000시간마다 점검 및 보충
엔진오일 누수	6,000시간마다 점검 및 조정
냉각수 누수	6,000시간마다 점검 및 조정
배기가스 누수	6,000시간마다 점검 및 조정
연료가스 누수	6,000시간마다 점검 및 조정
운전 이상음	6,000시간마다 점검 및 조정



방시설을 신.증설하거나 개체하고자 하는 건물주에 대하여 소요 비용의 100 % 이내에서 최대 25 억원까지를 연리 4.75 % (변동금리), 3년 거치 5년 분할 상환 조건으로 융자를 지원하고 있다.

- 에너지절약시설투자에 대한 세액공제 : 내국인이 에너지절약시설에 2002년 12월 31일까지 투자하는 경우에 대해 투자금액의 10%에 상당하는 금액을 과세연도의 소득세 또는 법인세에서 공제하고 있다.

이와 같은 지원 정책과 함께 산업자원부고시 제 93-58호(건축물의 냉방설비에 대한 설치 및 설계 기준) 및 건설교통부령 제 51호(건축물의 설비기준 등에 관한 규칙) 등에서 일정 규모 이상의 건물에 냉방기를 설치하는 경우 최대 냉방 부하 중 60% 이상을 가스냉방, 축열식 혹은 지역 냉방 방식으로 설치토록 의무화하고 있어 GHP보급에 관한 제도적, 경제적 여건은 성숙되어 있는 실정이다.

기술개발의 기대효과

냉방 운전시 약 1.0의 COP(실내 온도 27℃, 실외 온도 35℃ 기준), 난방 운전시 약 1.2의 COP(실내 온도 21℃, 실외온도 7℃ 기준)를 갖는 GHP를 개발할 경우, 냉방 운전의 경우에는 전기 발전 효율 40%, 송전 효율 80% 이라고 보면 약 20% (1.0-송전 효율) 정도의 에너지 절약이 가능하다. 한편, 난방 운전의 경우에는 열효율 약 90%의 보일러 혹은 온풍기에 비해 약 30% 정도 에너지 절약 가능하다. 즉, 냉방 운전의 경우, 전기모터 구동 방식에 비해 20%, 난방 운전의 경우, 보일러 및 온풍기 등에 비해 약 30% 정도 에너지 절약 가능하다. 냉방 운전시 약 1.0의 COP(실내 온도 27℃, 실외온도 35℃ 기준), 난방 운전시 약 1.2의 COP(실내 온도 21℃, 실외온도 7℃ 기준)를 갖는 20 마력급의 GHP를 개발하여 연 4,000 대 규모가 보급된다면 기존의 전동기 구동 방식 및 보일러와 같은 냉난방 시스템 비하여 평균 약 25%(냉방시 20%, 난방시 30%)의 에너지 절약이 가능하므로 이것을 연간 150일, 1일 가동 시간 8시간을 고려하여 계산하면 연간 7,527 TOE의 에너지 절약이 가능하다.

전기에 비해 상대적으로 값싼 연료의 사용으로 냉난방기 운전 비용의 절감이 약 40% 정도 가능하

로 냉난방용 특수 엔진 수요 창출로 인한 국내 가스 엔진 설계 및 제작 기술의 향상이 예상된다. 이에 따른 가스 엔진 기술 확보로 청정 연료 이용 기술이 향상되고, 멀티형 열펌프 설계 및 제작 기술 확보를 통한 선진국과의 기술 교류 확대가 가능하다. 또한, 고효율 개방형 압축기 설계 및 제작 기술 확보로 인한 신냉매용 고효율 개방형 압축기의 국내 기술 개발에 대한 기회가 부여되며, 배기 가스 열교환기 기술 확보를 통한 콤팩트 열교환기 기술 개발로 열교환기 제작업체의 활성화가 예상된다.

맺음말

국내에서는 GHP시스템의 시장 여건이 매우 유리하며, 이에 따른 기술개발에 대한 요구가 절실한 상황이다. 이러한 GHP시스템의 개발에 있어서는 핵심 기술의 개발과 더불어 열펌프 시스템의 사후 관리(부품 교체 주기의 연장) 및 편리성 향상, 무게 및 부피 감소 등 고객의 요구에 민감하게 대응해야 하는 상업화 기술 개발이 동시에 요구된다.

GHP시스템의 기술개발에 있어서, GHP의 핵심 기기인 저 회전 고회전력 형태의 GHP 전용 가스엔진의 개발 문제는 GHP가 성공적으로 상용화 될 경우, GHP 전용 가스엔진의 수요가 창출될 것이므로 현대자동차와 같은 엔진 전문 회사에 의해 효율과 내구성 향상 및 공해 문제 해결이 지속적으로 이뤄질 수 있을 것으로 판단된다.

또한, GHP 시스템에 적합한 다양한 형태의 개방형 압축기의 국내 미생산 문제는, 국내 공조 업체의 경우 현재 압축기 개발 능력을 충분히 보유하고 있으므로, 적당한 규모의 시장이 형성되면 국내의 압축기 전문 생산 업체 등에서의 GHP 전용 개방형 압축기의 개발은 쉽게 이루어질 수 있을 것으로 평가된다. 엔진 배열 이용과 폐열 회수용 열교환기 등 일부 부품 개발에 대한 기술 낙후에 대해서는 열교환기의 경우, 기술 인프라가 비교적 잘 구축되어 있으므로 수요가 발생하면 다수의 열교환기 관련 업체 등에서 기술 개발과 전문화가 비교적 쉽게 이루어질 수 있다고 보여진다.

GHP시스템은 기존 공조시스템과는 달리 가스엔진을 사용하므로, 제품의 생산 판매를 담당할 최종적인 공조업체를 중심으로, 관련 국내 가스엔진회사, 시스템 에어컨 제조회사, 가스회사, 연구소 및 대학 등이 공동으로 기술 및 제품개발을 추진하는 방안이

가장 효율적인 방안으로 보이며, 현재 국내시장을 서서히 잠식하고 있는 외국 제품에 경쟁하기 위해서는 단계적으로 기술 및 제품개발이 요구된다.

이를 위해서는, 우선적으로 기존에 축적된 기술을 최대한 활용하고 철저한 시장 조사를 통하여 GHP시스템의 적용처를 발굴하여 가격 경쟁력으로 대응해야 한다. 초기에는 10년 이상 앞서 있는 외국 제품의 가격과의 경쟁이 문제이므로, 1차적으로는 기존의 수입 제품 대비 가격 경쟁력이 있는 제품을 개발하여, 국내시장을 방어해야 할 것이다. 그 이후에는, GHP 기술 향상에 대한 고효율화 작업을 수행하여, 외국 제품과 성능(외관, 중량, 부피 포함) 및 가격 면에서 충분한 경쟁력이 있는 제품을 개발하여 세계시장으로의 진출방안을 모색해야 한다.

또한, 각 도시가스 회사의 적극적 지원 유도 및 사업 설명회 등을 개최하여 제품홍보를 도모하고, 가스회사를 중심으로 현장 성능 시험 추진 및 홍보를 수행하여, 가스 연결 주체, 사용상의 안전 규격 확보 문제 등과 같은 지원방안을 병행해야 할 것이다.

참고문헌

1. Japan Air Conditioning, Heating & Refrigeration News, Serial No. 388-S, pp. 66, 2001.
2. 鶴岡 浩, "GHP의省エネ技術動向," クリーンエネルギー, 2002년 9월호, pp.38~40, 2002.
3. 한장석, "에너지 수요 관리 정책 방안," 가스냉방(GHP) 기술 세미나, pp. 3~17, 2001.
4. Gary A. Nowakowski, and Rebecca L. Busby, "Advances in Natural Gas Cooling," ASHRAE Journal, pp. 47~52, 2001.
5. 成富健一郎, "GHP 年表(1978-1996)," クリーンエネルギー, 1996.
6. HVAC&R/House facilities Trade Journal and Web-site.
7. Japan Air Conditioning, Heating & Refrigeration News, Serial No. 397, Vo. 34, No. 2, pp. 26~29, 2002.
8. 냉동공조, "일본 가스엔진 히트펌프의 현황과 전망", 제32호, pp. 48~53, 1995. 