



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시, 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리, 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지, 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

대학 건물에서 히트 펌프 냉난방
시스템의 경제성 분석



2007년 2월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

건 축 공 학 과

성 환 봉

공 학 석 사 학 위 논 문

대학 건물에서 히트 펌프 냉난방
시스템의 경제성 분석

지도교수 임 영 빈

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2007년 2월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

건 축 공 학 과

성 환 봉

성환봉의 공학석사 학위논문을 인준함

2007년 12월 21일

주 심 공학박사 박 천 석 (인)

위 원 공학박사 정 근 주 (인)

위 원 공학박사 임 영 빈 (인)

목 차

1. 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	2
2. 이론적 고찰	4
2.1 기존의 연구	4
2.2 히트펌프 냉난방 시스템	6
2.2.1 GHP 시스템	6
2.2.2 EHP 시스템	12
2.3 경제성 분석	22
2.3.1 경제성 분석방법	22
2.3.2 분석을 위한 비용 항목	24
2.3.3 비용항목 변수	29
3. LCC분석	31
3.1 분석을 위한 기본 가정	31
3.1.1 분석기간	31
3.1.2 LCC 구성 항목 도출	31
3.1.2 할인율	33
3.2 EHP와 GHP의 LCC15 분석	35

3.2.1 초기투자비	35
3.2.2 각종 지원금	35
3.2.3 에너지비	35
3.3 LCC분석	37
3.3.1 전력요금 인하전의 LCC	37
3.3.2 전력요금 인하후의 LCC	38
3.4 민감도분석(Sensitivity Analysis)	40
3.4.1 지원금	40
3.4.2 에너지비용	41
4. 결 론	44
참고문헌	45
Abstract	46
감사의 글	48

표 목 차

표 2.1 GHP와 EHP의 비교	21
표 2.2 EHP와 GHP의 LCC 분석에서 비용항목	26
표 2.3 설치지원금의 변화	28
표 2.4 교육용 전력요금의 인하(고압A-선택(Ⅱ)요금)	28
표 3.1 대상 건물의 기본 가정조건	32
표 3.2 설비건설단계에서 비용의 세부항목	32
표 3.3 운전·관리단계에서 비용의 세부항목	33
표 3.4 연도별 정기예금 금리 및 실질할인을	34
표 3.5 EHP와 GHP의 초기비용	35
표 3.6 인하후 교육용 전기요금(고압A)	36
표 3.7 LNG 요금(원/m ³)	36
표 3.8 LCC 분석에서 가정조건	37
표 3.9 전기요금 변화에 따른 에너지비용	37
표 3.10 전력요금 인하전의 LCC	38
표 3.11 전력요금 인하 후의 LCC	38
표 3.12 전력 인하 전·후 LCC	39
표 3.13 지원금 변동에 따른 LCC (단위:원)	40
표 3.14 가스비 변동에 따른 LCC (단위:원)	42

그림 목 차

그림 1.1 연구의 절차	3
그림 2.1 GHP 시스템의 냉·난방 사이클	6
그림 2.3 난방원리	8
그림 2.4 국내 GHP 시장	11
그림 2.5 세계 히트펌프 수량별 판매추세	17
그림 2.6 세계 히트펌프 국가별 판매추세	17
그림 2.7 세계 에어컨디셔너 제품군별 점유율	18
그림 2.6 세계 히트펌프 제품군별 점유율	18
그림 2.7 LCC의 일반적 구성	22
그림 3.3 전력 인하 전·후 LCC 비교	39
그림 3.4 설치지원금 변동에 따른 LCC 비교	41
그림 3.5 가스비변동을 상승에 따른 LCC 비교	43

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

산업화 시대의 도래와 경제발전에 따른 생활환경의 향상으로 인해 계절별 실내 환경에 대한 관심이 높아지고 있으며 냉난방시설에 대한 수요가 크게 증가함에 따라 냉난방에너지 소비량도 꾸준한 증가세를 보이고 있다. 특히 중·대형 건물에서의 냉난방시설은 편리함과 중복설비를 피함으로서 발생하는 이점을 고려해 볼 때 냉방과 난방이 가능한 복합형 냉난방 시설인 히트펌프형 냉난방시스템의 설치가 많이 이루어지고 있는 실정이다.

히트펌프형 냉난방시스템은 전기식 히트 펌프(EHP, Electric Heat Pump)와 가스엔진 구동식(GHP, Gas Engine driven Heat Pump) 히트펌프 방식이 주로 사용되고 있는데, 경제적인 관점에서 합리적인 냉난방시스템을 선정하기 위한 많은 연구 결과는 에너지이용 합리화와 계절에 따른 에너지원별 수요 불균형 해소를 위하여 많은 정부 지원제도를 마련하고 있는 GHP에 대한 경제성 평가는 당연 GHP가 유리하게 나타났다.¹⁾²⁾

이러한 GHP는 초기 보급 당시 비록 설치 투자비용은 비싸지만 유지비용에 있어 전기식인 EHP에 비해 강점으로 학교시장을 중심으로 성장해 왔으며, 한 때 전체 GHP 시장에서 65%이상이 학교 물량으로 분석될 정도로 학교가 전체 GHP시장에서 차지하는 비중은 절대적이었다 할 수 있다. 그러나 최근 GHP 시장의 주요 수요처라고 할 수 있는 조달청 물량(초·중등학교) 및 대학 건물이 민간투자 활성화를 위해 민간이 공공시설을 짓고 정부가 이를 임대하는 방식인 BTL (Build Transfer Lease)방식의 도입이 본격화됨에 따라 히트 펌프식 냉난방시스템의 선정에 있어 경제성에 관한 평가는 이전보다 더욱 중요한 평가항목이 되게 되었다.

1) 정순성, 부산지역 학교건물의 냉난방시스템 선정을 위한 EHP와 GHP의 라이프사이클 분석에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 19권 11호(통권181호), 2003년 11월

2) 신규원 외, 히트 펌프 냉난방 시스템의 실사용을 통한 경제성 분석, 대한설비공학회 2006하계학술발표대회 논문집 pp.921~926

초기 GHP 보급시 시행되던 지원제도가 현재는 많이 축소되고 있고, 설치지원금의 경우 년 단위로 시행됨에 따라 2~3년 이후의 설비계획에 반영하기 어려운 실정일 뿐 아니라 또한 최근 GHP의 연료인 가스요금의 인상과 교육용 전력요금을 공급원가 수준으로 16.2% 대폭 인하되면서 GHP 수요를 EHP로 급속히 이동시키는 요인으로 작용하게 되어 LCC분석을 통한 설비건설단계 및 운전관리단계에서의 경제성 검토가 새로이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대학 건물을 대상으로 하여 히트펌프 냉난방시스템의 선정을 위한 경제성 평가에서 설비건설단계에서 발생하는 지원금제도의 축소와 운전관리단계에서 발생하는 유지비용의 증가에 따른 EHP와 GHP시스템에 대한 민감도분석을 실시하여 경제성 평가를 하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

대학건물에서 경제적인 개별 냉난방방식을 선정하기 위한 LCC분석에서 단계별 비용항목에서 GHP에 대한 각종 지원금 제도의 감소와 에너지비용의 변동에 따른 민감도분석을 실시하기 위하여 부산지역에 위치한 P대학의 강의동을 대상으로 선정하여 내용연수를 15년으로 정하여 현가법에 의한 LCC분석을 실시하였다. 자료의 정리와 분석은 Excel 프로그램을 이용하였다.

히트펌프형 냉난방시스템인 EHP와 GHP의 경제성 분석에 필요한 기초자료는 건적자료를 기본으로 하였으며, 분석에 필요한 평가항목은 기존 연구결과와 통계자료를 활용하였다.

경제성평가를 위한 LCC분석은 평가단계별 비용분석에서 두 시스템이 거의 동일하게 구성되어 있는 점을 고려하여 기획·설계단계의 ‘기획비와 설계비’와 폐기·처분단계에서의 ‘철거비와 매각비’는 시스템간 서로 상쇄되는 것으로 간주하여 분석대상에서 제외하였으며, 일반적으로 LCC분석에서 많은 비중을 차지하는 설비건설단계와 운전·관리단계에서의 비용항목을 대상으로 하였다.

분석은 최근 교육용 전력요금의 인하로 인한 LCC에 대한 영향 정도를 파악하

였으며, GHP에 대한 지원금 제도의 축소와 가스비의 상승에 따른 정도를 파악하기 위하여 민감도분석을 실시하였다.

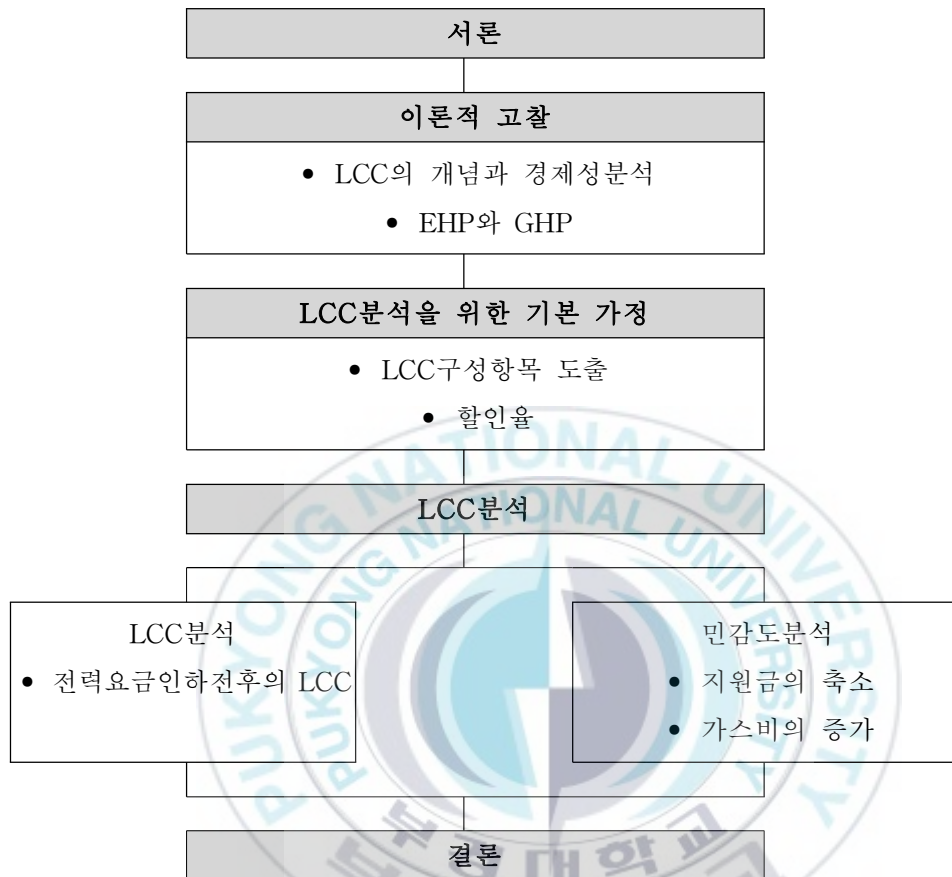


그림 1.1 연구의 절차

2. 이론적 고찰

2.1 기존의 연구

국내의 관련 연구는 에너지 합리화 측면에서 하절기 냉방 전력 수요의 지속적 증가에 따른 하계 전력 부하의 피크현상이 발생하여 전기수요의 계절별 불균형 현상을 대처하고자 하는 연구가 대부분이며, 이와 관련하여 연구 결과는 정부정책에 따라 제시되는 결론들이 가지각색으로 대체적으로 혼선을 가지며 발표되었는데, 이와 관련한 연구를 정리하여 다음과 같이 요약할 수 있다.

김영일(2005)은 공조용 에너지가 전체 에너지의 약 15%를 차지한다는 점에 착안하여 공조방식을 용량별로 구분하여 경제성 분석에서 고려되는 세부항목을 구분하여 경제성분석을 실시하였다.

정순성(2005)은 EHP와 GHP의 부산지역 사무소 건물을 중심으로 한 코스트 분석을 실시하였다. 이에 따른 결론으로는 라이프 사이클 분석 및 감도분석 결과 GHP시스템이 EHP시스템보다 현시점 지원금 및 세제혜택 때문에 유리한 것으로 나타내고 있다.

김용수(2005)는 LCC기법을 이용한 냉·난방 공조설비 시스템에 대하여 사업 실행 전 LCC와 사업 실행 후 LCC를 예측, 성과측정 및 경제성 평가를 목적으로 기존 공조설비 시스템과 신기술 일체형 냉·난방공조설비에 대하여 분석기간을 15년으로 하여 연구를 진행하였다.

정순성(2006)은 부산지역의 학교건물을 대상으로 최적의 냉난방방식을 선정하기 위하여 EHP와 GHP의 LCC분석에 필요한 프로젝트 단계별 비용항목을 단계별 및 세부항목으로 구분하여 구축한 후 LCC분석을 실시한 결과 학교건물의 냉난방시스템으로 전력 부하 평준화 측면, 경제적 측면을 고려하여 볼 때 GHP가 EHP 보다 유리한 것으로 제시하였다.

이재근외 3인(2006)은 히트펌프형 냉난방시스템을 실제로 설치하여 사용하고

있는 대학 건물을 대상으로 하여 초기투자비와 에너지비의 변화에 따른 민감도 분석을 실시한 결과 초기투자비는 EHP, 에너지비 측면에서는 GHP가 각각 유리한 것으로 나타났으며, LCC 분석의 결과 EHP가 GHP에 비해 경제적인 것으로 제시하였다.



2.2 히트펌프 냉난방 시스템

2.2.1 GHP 시스템

1) GHP의 정의

GHP는 가스엔진 구동형 열펌프(Gas engine driven Heat Pump)의 약자로, LNG를 열원으로 냉난방을 하는 일종의 고기능, 신개념의 시스템이다. 가스엔진을 동력으로 압축기를 구동, 냉매를 순환하여 냉방 사이클을 구성하는 기본적인 구조를 갖고 있다. 냉매의 흐름 방향을 역으로 전환하여 겨울에는 난방을 할 수 있는 히트펌프가 될 수 있다. 다음 그림 2.1은 GHP 시스템의 냉·난방 사이클을 나타내며, 그림 2.2는 여름에 발생하는 냉방의 원리를 보여주고, 그림 2.3은 겨울의 난방 원리를 보여준다.

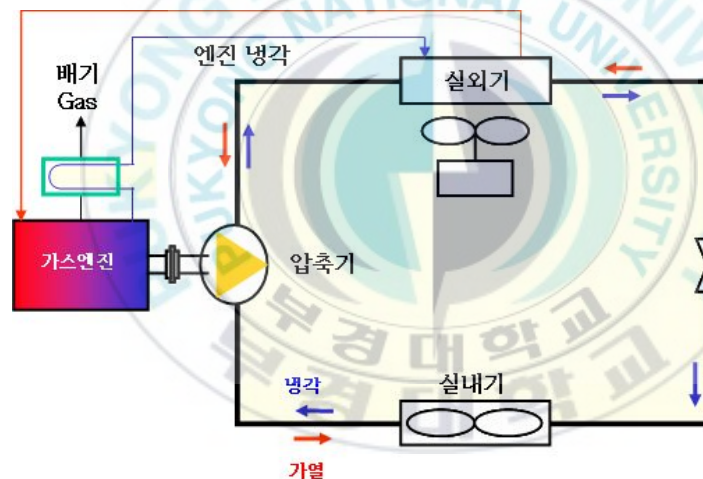


그림 2.1 GHP 시스템의 냉·난방 사이클

2) 작동원리

① 냉방의 원리

1. 가스엔진으로 구동되는 압축기에서 냉매가스를 압축한다.
2. 압축된 고온·고압의 냉매가스를 실외 열교환기에서 냉각, 응축하여 냉매액을 만든다.
3. 응축된 냉매액은 실내 열교환기에서 실내공기의 열을 흡수하여 증발하는데, 이 과정에서 냉방이 된다.
4. 증발된 냉매가스는 다시 압축기로 흡입되어 압축되는 과정을 반복한다.

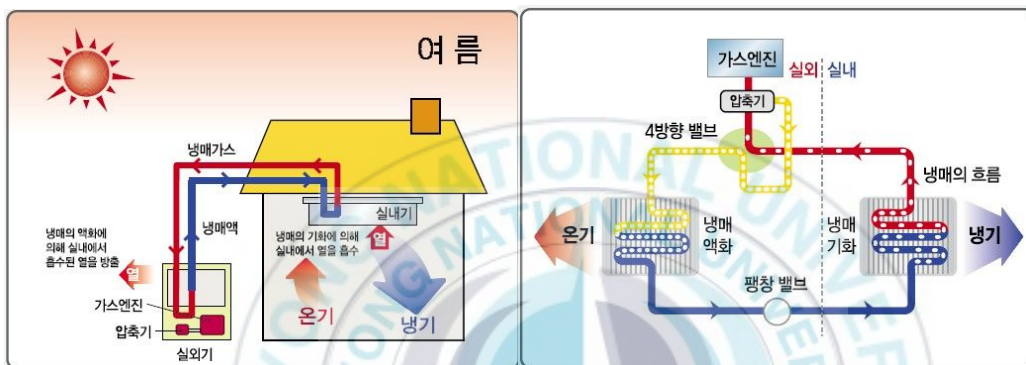
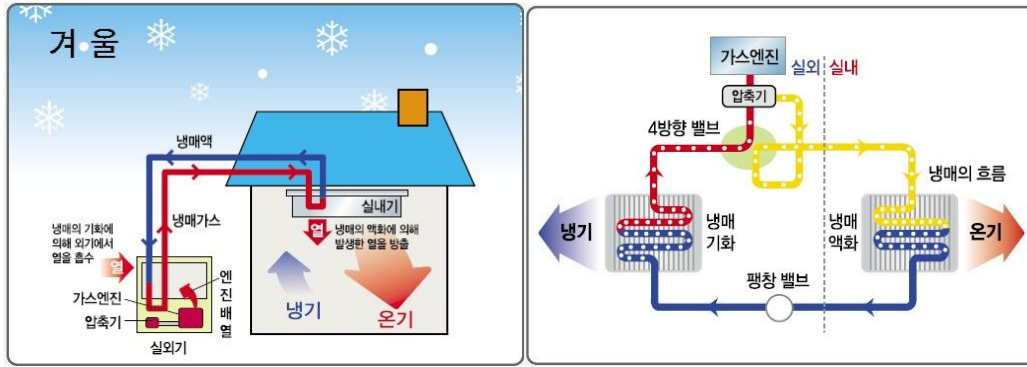


그림 2.2 냉방원리

② 난방의 원리

1. 가스엔진으로 구동되는 압축기에서 냉매가스를 압축한다.
2. 압축된 고온·고압의 냉매가스는, 사방밸브(4 Way valve)에 의해 냉매 흐름 방향이 바뀌어 실내 열교환기로 흡입된다.
3. 실내 열교환기에서 냉매가스는 실내공기에 의해 냉각, 응축 되는데, 이 과정에서 난방이 된다.
4. 응축된 냉매액은 실외 열교환기에서 실외공기의 열을 흡수하여 증발한다.
5. 응축된 냉매액은 실외 열교환기에서 실외공기의 열을 흡수하여 증발한다.
6. 증발된 냉매가스는 다시 압축기로 흡입되어 압축되는 과정을 반복한다.



공기에열이용 방법은 에너지 이용효율을 증대시키는 효과뿐 아니라 난방능력을 향상시키는 효과를 준다.

② 설비적 특성

기존 냉방시스템의 약 75%의 평균 운전비용 절감으로 인한 경제성 확보를 보장하며, 업계 최대 실외기 1대당 실내기 접속대수가 32대 연결이 가능하고, 최장 배관이 최대 190m로 연장되어 설계 자유도 향상되었다. COP 효율이 냉방이 1.032, 난방이 1.390로 에너지소비를 최소화 하였으며, 소음과 진동도(실내기 31~45dB, 실외기 최대 58dB) 하였고 최소화하였다.

또한, 여름철 냉방용 가스요금 동절기대비 50%, 에너지 이용합리화 자금지원, 설계장려금, 자금융자지원, 에너지절약 시설에 투자에 대한 세액 공제 등의 지원을 받을 수 있고 친환경적인 부분에서는 오존 파괴지수 0인 신 냉매 R-410A 채용으로 기존 R-410C에 비교하면 안정성이 뛰어나고, 압력손실이 적어 고 효율화에 적합하며, CO₂, NO_x 배출량 최소화로 친환경적인 시스템으로 발전되고 있다.

③ 설치적 특성

전력소비가 적어 수전설비비용 90% 절감과 별도의 공조실이 불필요하고 덕트 설비가 필요 없어 설치비 및 설치공간을 줄일 수 있으며, 학교 환경에 적합한 저소음 천정 4방향 실내기가 개발되었다.

4) GHP의 종류

① 패키지 타입 공조 시스템

이 시스템은 주택, 점포 사무소 등에 실외기와 실내기를 조합시켜 여러 가지 용도 및 공간에 맞춰 대응할 수 있으므로 실외기 1대 + 실내기 1대의 스탠다드한 싱글타입, 실외기 1대 + 실내기 2대로 동시운전 가능한 조인 타입, 실외기 1대에 능력이 다른 복수(2~6대) 실내기로 개별운전 가능한 멀티 타입이 있다. 이들 실내기에는 업종, 업태, 목적, 공간 등에 대응해 조합이 가능한 천장 카세트형, 빌트인형, 천장 매립 덕트형, 바닥 상치형, 벽걸이형, 천장 걸이형 등 EHP와 같은 동등한 라인업으로 되어있다.

② GHP빌딩 멀티 공조시스템

이 시스템은 오피스, 점포, 스포츠클럽 등 여러 가지 용도, 공간이 공존하는 빌딩 등에 대응할 수 있는 시스템이다. 실외기 1대의 1계통인 메인 냉매배관에서 라인 분기, 즉 헤더 분기 배관방식에 의해 각 실내기로 접속이 가능하고 더욱이 냉매배관 배관길이 140m(실장), 최대 고저차(50m)로 유연한 설계. 시공이 가능하고 배관 공사비와 공간의 경감화를 도모할 수 있다. 이들 실내기는 패키지 타입처럼 천장 카세트형, 빌트인형, 천장걸이형, 벽걸이형, 바닥 상치형 등 EHP와 같은 동등의 라인업으로 되어있다. 또 다른 용량, 능력의 실내기를 한번에 동시 제어하는 집중관리 시스템 등도 구비하고 있어 빌딩, 요구자의 세밀한 대응이 가능한 시스템이다.

5) GHP의 보급현황

국내의 경우 GHP 보급은 2001년 이후 급속도로 확대되어 그림 2.4에 나타난 바와 같이 2006년에 국내 생산품 1700대를 포함하여 약 5,921대가 보급되어, 도입된 이후 가장 많은 숫자가 설치되었다. 하지만, 올해 1/4분기 GHP보급 실적을 보면 지난해 대비 약 40% 가까이 감소한 것으로 나타났다. 이처럼 GHP 보급이 감소한 것에는 크게 두 가지 요인이 있다. 우선 지난해 개정된 교육용 전기요금 인하 및 가스요금 인상으로 인하여 GHP 보급에 걸림돌이 되고 있고 두 번째는 GHP 유지·보수에 따른 문제점 때문이다.

전기요금 인하는 정책적인 부분인 만큼 GHP업체만으로는 해결할 수 없는 부분인 것은 사실이고 유지, 보수에 대한 시스템은 아예 없는 실정이고 보수를 위한 부품 조달도 원활하지 못한 것이 사실이다. 이렇다보니 GHP가 한번 고장 나면 추위나 더위 속에서 수리가 끝날 때까지 인내심을 갖고 기다려야 하는 것이 다반사다. 냉혹한 표현일지 몰라도 사용자 입장에서는 GHP가 애물단지인 것이다. GHP 업체들은 이 점을 간과해서는 안 될 것이다. 한국 아니 해외 GHP 시장을 확대하기 위해서는 철저한 유지·보수·관리 시스템을 하루 속히 만들고 운용해야 할 것이다.

현재 한국의 GHP시장은 수요곡선이 둔화해 잠시 성장에 멈춰있는 상황이다. GHP상품에 대한 이미지를 불식시켜 보급 확대 기조를 유지할 방법으로는 좀 더 상품의 가치를 높여 고효율·에너지 절약 상품으로서 GHP만의 장점을 소비자에게 인정받고 유지보수 체제를 탄탄하게 구축해야 한다는 의견들이 많이 나오고 있는 것이 현 실정이다. 다음 그림은 냉동공조협회의 검사실적을 통해 살펴본 내 GHP 시장현황으로 2006년까지 지속적인 증가를 보이다가 2006년을 기점으로 급격히 감소되고 있음을 알 수 있다.

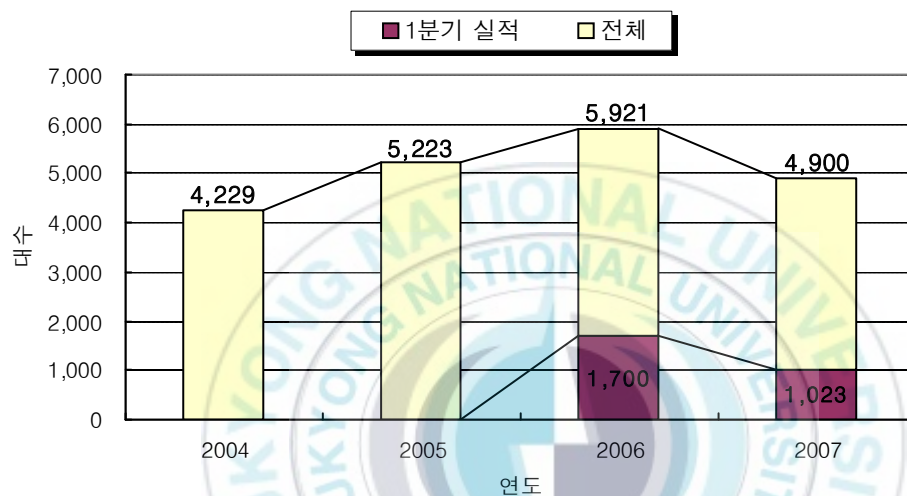


그림 2.4 국내 GHP 시장

하지만 일본의 경우는 2004년 공조기 시장에서 룸 에어컨이 전년 대비 2%감소, 패키지 에어컨 3%감소, 빙축열 에어컨 25% 감소하는 등 공조기기 시장이 침체를 벗어나지 못했다. 그러나 GHP의 경우는 약 9만 7천대가 보급돼 전년대비 약 6% 성장하였으며 2006년 전국 가스 사업자의 가스 냉방 보급 실적을 보면 누계 가스 냉방 용량은 전년도(2005년) 대비 4.5% 증가한 1,214만 1,000냉동톤(RT)로 집계됐으며 흡수식 냉온수기는 2.7% 증가한 870만7,000RT, GHP는 9.3% 증가한 343만 5,000RT로 조사됐다.

출력베이스로는 151만 3,000kW로 전년대비 5.9%로 한해 출하대수 이상으로 성장하였으며, 한 대당 평균 출력수는 10마력에서 15마력전후로 대형화가 이루어지고 있다. 현재 가스 냉방의 점유율은 계속 증가하는 추세이며 그 중에서도 GHP는 최근 10년 동안 급격한 증가세를 보이고 있다.

2.2.2 EHP 시스템

1) EHP의 정의

EHP는 전기를 에너지원으로 하는 히트펌프 사이클에 의하여 냉난방을 행하는 시스템으로 전기식 모터로 압축기를 구동하여 냉매를 압축하며, 작동원리는 압축기를 전기 구동 모터로 구동하는 것을 제외하고는 GHP의 작동원리와 거의 같다.

2) EHP의 특성

냉장고·에어컨의 기본 동작 원리인 히트펌프는 냉매를 이용해 열에너지의 흐름을 조작해 냉각측과 방열측을 형성하는 시스템으로 전기에너지를 동력원으로 열펌프 사이클을 통해 냉난방에 적용하기 위해 에너지 절약 차원에서 고안된 시스템이다. 화석연료를 이용한 난방방식에 비해 높은 에너지효율과 저공해 친환경성을 장점으로 해외에서 널리 사용되고 있다.

그러나 겨울철 외기온도가 내려가면 증발온도를 더욱 낮추어 열을 올릴 필요가 있으므로 증발기에 성애가 발생한다. 이것을 제거하기 위한 제상운전을 할 때, 냉매사이클이 역 사이클(냉방사이클)로 변환하거나 별도의 열원이 필요하다. 또한 용량을 증대하기 위해 압축비를 증가시킬 경우 압축효율이 감소하여 성적계수가 크게 감소하는 문제가 있다. 회전수가 일정한 정속형 EHP는 외기부하에 비례하여 대응하지 못하고 실내온도의 설정온도에 따라 단속운전을 하게 된다. 즉, 실내온도가 설정온도에 도달하면 압축기 운전을 정지하고 외부 부하에 의해 실내온도가 변하면 다시 압축기가 운전되는 운전방식을 갖는다. 이러한 단속운전의 경우 기동, 정지횟수가 증가할수록 소비전력이 증가하게 되고 결국 운전비용을 증대시키는 요인이 되고 있다.

따라서 부하에 비례하여 압축기의 회전수를 제어하는 가변속형 시스템이 확대되고 있으며, 인버터를 적용할 경우 가능하다. 이 경우 부분부하에서 압축기 회전수를 가변시키고 기동전류를 제어함으로써 전력소비를 줄일 수 있다. 또한 외기온도가 낮은 한랭조건에서 증발기의 성애발생시 압축기 회전수를 줄여줌으로써 제상할 수 있는 장점이 있다.

3) EHP의 장점

① 고효율 공조 시스템

EHP는 열에너지 운반에 냉매의 잠열을 사용한다. 따라서 냉온수 및 냉온풍 등의 현열을 운송하는 것에 비해 동일한 공조부하를 제거하는데 있어서 운송동력이 대폭 감소되어 종래 시스템 대비 25%~30%정도의 에너지 절감이 가능하다. EHP는 흡수식 냉동기 방식과는 달리 순환수 순환에 필요한 펌프동력이 필요하며, 고효율의 부분부하 운전제어를 통한 부하변동에 대한 에너지 절약 등으로 에너지 절약이 된다는 것을 알 수 있으며 그만큼 운전비가 절감된다.

② 공사 용이성

중앙공조 설비들은 순환계통을 구성하기 위하여 건물 시공단계에서 설치 작업을 시작하여야 한다. 또한 배관구성, 덕트배치 및 이들 설비의 관리 및 정비를 위한 샤프트 공간의 확보가 필요하다. 그러므로 이러한 공사는 많은 시간이 걸리고 결합하는 부품이 많기 때문에 하자발생 요인이 많이 존재한다. 그러므로 별도의 견적 및 설계단계를 거쳐 시공에 들어가는 복잡한 과정을 거쳐야 하고 전문설비업체의 도움을 필요로 한다.

하지만 EHP는 실내기 설치위치와 실외기 설치위치가 결정되면 이 사이를 자유도가 높고 곡관작업, 결합작업 및 용접작업이 용이한 동관과 배관단열재만을 사용하여 연결한다.

따라서 건물 자체의 형태에 상관없이 최소한의 공간만을 필요로 하므로 건물의 활용면적을 넓힐 수 있고 배관작업에서의 오류발생 가능성이 낮아서 공조설비의 신뢰성이 높아진다.

③ 설치비용 절감

앞에서 서술한 바와 같이 EHP는 배관작업이 단순하고 순환계통을 가지고 있지 않기 때문에 이에 따르는 비용 또한 절감이 된다. 약 3,600평 정도의 공간을 공조하기 위한 설비의 비용을 간이적산방법으로 산정하여 보면 중앙공조방식이 배관 및 덕트설비 및 제어비용으로 약 4.9억 원을 사용하여 전체 공사비의 64%를 순환계통 및 시스템 구축비용으로 사용하는 반면에 EHP는 이러한 비용이 발생하지 않고 실내기 및 실외기 비용만이 지출되며 나머지 비용은 거의 다른 비용에 비해 매우 작은 수준으로서 배관작업 등으로 인한 비용 발생이 매우 적다는 것을 알 수 있다.

또한 EHP는 자체적으로 사이클 제어 및 운전제어를 위한 제어회로를 가지고 있으므로 별도의 자동제어 비용이 발생하지 않고 실내기 및 실외기 회로구성비용으로 일부배선 비용만 들어가게 된다. 이러한 비용을 모두 계산하면 중앙공조 방식에 비하여 33%이상 설치비용이 절감된다.

④ 용이한 유지관리

EHP는 용량에 따른 시리즈화, 각 구성부분의 모듈화가 되어 생산되므로 제품 자체의 신뢰성은 일반에어컨의 수준을 유지하면서 내부적으로 제어 및 진단기능 등을 가지고 있고 이러한 실내기와 실외기는 보통 다른 부품의 추가 없이 동배관에 의해서 연결되어 있다. 그러나 중앙공조 방식을 수배관 및 덕트의 스케일방지 등 유지보수 개념이 필요하여 이를 위한 관리자가 있어야 한다. 또한 덕트 및 배관이 유지보수를 위한 위치에 하므로 설계단계에서부터 신중한 고려가 필요하다. 반면에 멀티에어컨은 배관자체에 손상이 없다면 건물 내부 깊숙이 삽입되어도 더 이상의 유지보수가 거의 필요 없어 매우 편리하다.

⑤ 설치면적 감소

고 지가 시대에 건물의 면적은 곧 비용이고 수익으로 작용하고 있다. 따라서 주상복합 건물 및 상가건물의 경우, 공조설비 설치면적의 축소는 곧 건축분양가의 감소를 의미할 정도로 중요시 된다. 별도의 기계실 대신 불용공간(지붕)등을 기기 설치공간으로 활용할 수 있을 뿐 아니라 설치 면적 또한 멀티에어컨 방식이 기존

의 Single PAC방식이나 FCU방식에 비해 40%이상 절감할 수 있는 장점이 있다.

⑥ 공조기 용량의 감소

동일한 건물 내에서도 각 공조공간의 위치 및 사용용도에 따라 최대 부하가 발생하는 시간이 일치하지 않을 수 있다. EHP는 각 실내기의 상태를 파악하여 능력의 과부족이 있는 실내기간의 냉매유량을 조절하여 각 공조공간의 부하에 대응할 수 있어 최대부하에 맞춰 실외기 용량을 선정할 필요 없이 실제 발생하는 부하의 용량에 맞게 선정할 수 있으므로 실외기의 용량을 감소시킬 수 있다.

또한 순간적인 피크부하가 발생하는 경우 정속형 압축기를 사용하는 EHP의 경우 정격용량이상으로 대응하지 못하지만 인버터형 압축기를 사용하는 경우라면 예상보다 큰 피크부하가 순간적으로 발행하여도 정격용량 이상의 운전이 가능하며 이 부하에 대응할 수 있다.

⑦ 실내 인테리어성 확보

덕트 설치나 디퓨저 설치 등과는 달리 미려한 표면장식의 천장 카세트형, 반매립형 실내기, 벽 부착형 및 상치형 등의 다양한 형태의 실내기를 선정할 수 있으므로 실내공간의 인테리어성을 향상할 수 있는 설계가 가능하다. 또한 덕트나 FCU는 천장공간이나 벽면 공간을 필요로 하기 때문에 천장 높이가 낮아지고 FCU근처의 공간을 활용하기 어려워 거주공간 내의 인테리어성을 떨어뜨린다. 하지만 EHP는 다양한 형태의 실내기가 존재하기 때문에 공간의 인테리어를 고려하여 실내기를 선정하면 보다 공조공간내의 품위를 살릴 수 있다.

⑧ 실내 쾌적운전

FCU은 자체적으로 외기순환 유닛 등을 가지며 제어회로를 가지고 실내의 쾌적성을 유지할 수 있지만 수배관을 사용하는 특성상 FCU에 들어오는 순환수의 온도자체 및 유량 조절범위가 작기 때문에 쾌적운전에는 한계를 가진다. 또한 AHU 및 덕트, 디퓨저 등은 각 공조공간의 거주자의 세밀한 환경요구에 대응할 수 있는 기능들을 가지지 못한다. 그러나 에어컨의 실내기는 자체의 제어회로 및 팬, 루버 및 실외기와의 연동제어를 통하여 제습기능의 강화, 저소음, 혹은 실내 기류감의 향상, 냉난방 온도유지 등의 측면에서 유리하다. 사용자의 편의를 위한 여러

운전기능을 일반 에어컨과 동일하게 가지므로 사용자 입장에서는 각각의 공간에 하나의 에어컨을 설치하여 운전하는 것과 같은 효과를 가질 수 있다.

실내기 형태에 따른 기류분포 및 온도분포 시뮬레이션에 따르면 FCU나 PAC등에 비하여 천장 CST형 실내기가 가장 기류분포 및 온도분포가 양호하다는 결과가 나왔다. 이것은 실내공간의 크기와 형태, 장애물 유무에 따라 달라질 수 있으므로 공조공간의 구조적 특성에 맞는 다양한 실내기를 접속할 수 있는 멀티에어컨이 공간내의 특성을 가장 잘 구현할 수 있다.

⑨ 제어의 편리성

중앙공조가 기계실의 관제시설에 의해 공조 설비의 운전 및 제어기능을 갖는 것과 같이 건물 전체의 운영을 위해서는 건물의 규모가 커질수록 중앙집중제어가 필요하다. EHP에서는 각 실내기의 제어뿐만 아니라 각 실내기의 정보를 실외기가 취합하고 이것을 모니터링 및 실내기 제어가 가능한 중앙집중제어 유닛을 설치할 수 있다. 이러한 기능을 통해 건물주는 공조설비의 상태를 살피고 각 공조 공간에서의 사용량 등을 파악해서 전체적인 소비량 조절 및 각 공조 공간마다의 전기료 부과 같은 기능을 수행할 수 있다.

또한 실외기로 전달되는 실내기의 정보들을 바탕으로 각 실내기의 이상 유무, 고장판단 및 A/S 요청과 같은 기능을 실외기가 수행하거나 중앙집중제어 유닛이 수행하고 있다. 이러한 기능들은 통신기술의 발달로 인하여 원거리 통신 및 빠른 전송속도가 가능해 졌기 때문이며 기존과 같이 실외기와 실내기가 1:1로 통신하는 것이 아니라 실내기와 실내기 간의 통신과 실내기 대표와 실외기 간의 1:1통신으로 모든 정보를 얻는다.

4) EHP의 보급현황 및 종류

히트펌프 시장데이터³⁾를 통해 전체동향을 살펴보면 세계 공조시장의 상위 3개 제품군의 총 판매액은 340억 달러이며, 히트 펌프 총 판매액은 공조시장의 47%로 160억 달러이다.

또, 미국, 중국, 일본이 세계 공조기 판매 총액의 64%, 히트펌프 판매 총액의

3) BSRIA/JARN, 2002.03

72%를 점유하고 있으며 한국,이태리,스페인,타이완,호주,프랑스를 포함한 상위 9개 국가가 판매 총액의 76%, 히트펌프 판매 총액의 86%를 점유하고 있다.

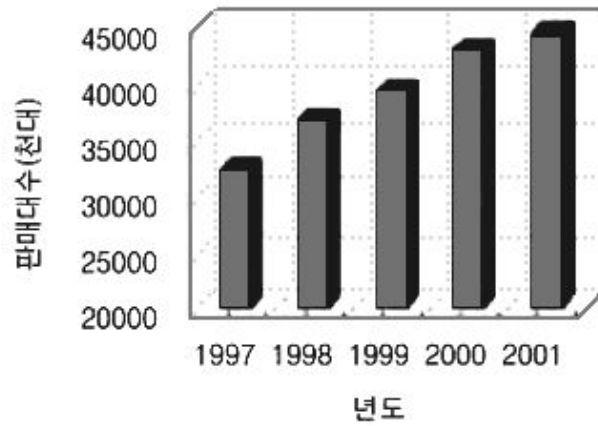


그림 2.5 세계 히트펌프 수량별 판매추세

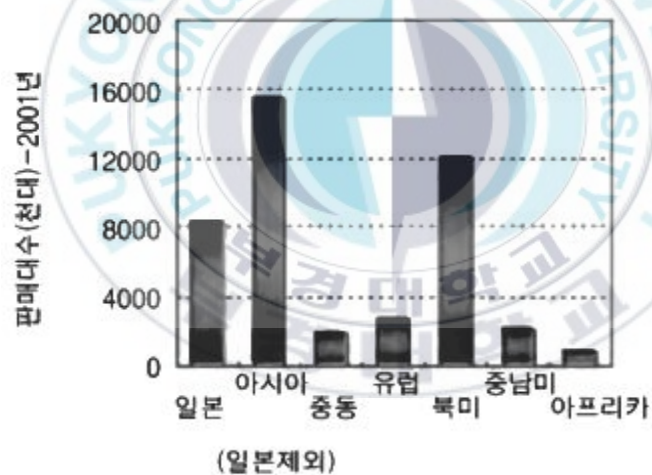


그림 2.6 세계 히트펌프 국가별 판매추세

분리형 팩키지 공기조화 시스템의 경우 세계 공조시장의 50.6%, 히트펌프 시장의 72.9%를 차지하고 있다.

시장동향은 1990년대 초기에는 일본이 히트펌프시장의 최대 국가로 군림하다가 1990년대 중후반 미국내 주택수요의 증대로 북미대륙이 일본시장을 추월하게 되고 2000년대에 중국시장이 활성화되고 있다.

다음 그림 2.7과 그림 2.8은 세계 에어컨디셔너와 히트펌프 제품군별 점유율을 나타낸다.

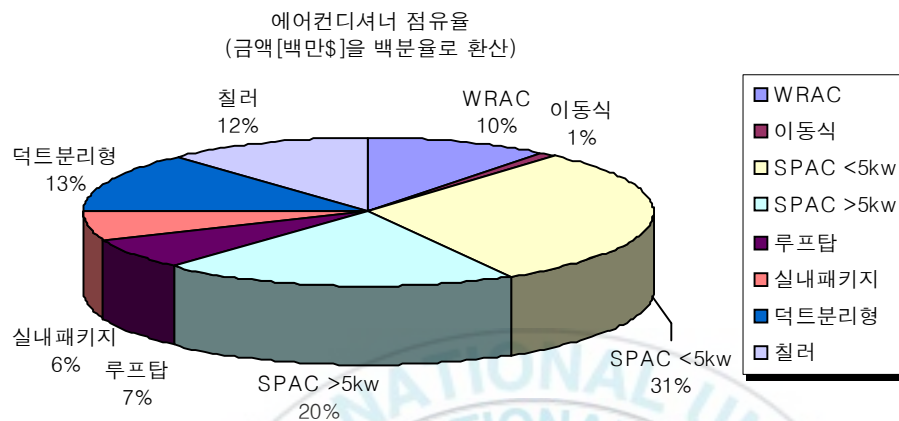


그림 2.7 세계 에어컨디셔너 제품군별 점유율

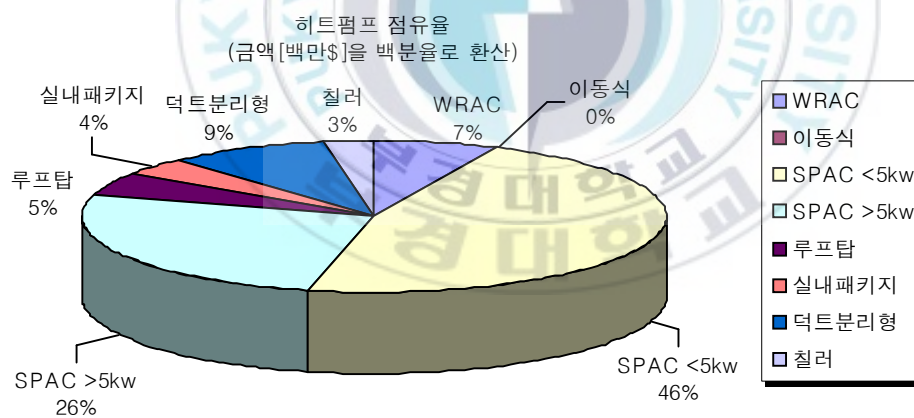


그림 2.6 세계 히트펌프 제품군별 점유율

미국의 경우 2차 대전 후 미국에서 주택을 간편하게 지어 냉난방 동시해결이 각광받았으며 히트펌프의 보급률이 증대됐다. 또 닥트 일체형 공조시스템을 중심으로 세계 공기조화기 시장의 28%를 차지했으며 히트펌프 비율은 판매에서 수량으로는 20%, 판매액으로는 30%를 차지했다.

중국의 경우 매우 짧은 시간에 급속한 성장을 이룩하게 되었다. 그 배경으로는 대도시 지역의 도심 고층빌딩, 아파트가 분리형 실내 히트펌프 시스템을 선호하고 극소수의 부유층은 단독 주택에서 주거하며, 각 방마다 팬 코일 유닛의 공기 열원 히트펌프를 사용한다. 또 과거에는 에너지 보급이 절대적으로 부족하여 산업적 용도에 우선순위가 주어졌다. 중국의 인구과밀 대도시인 상해, 난징, 위안, 천진, 청도 등은 에너지절약을 위해 법에 의해 동절기 난방을 위한 화석연료의 연소가 금지되어 있었으나 대부분이 난방을 위해 가정이나 사무실마다 소형 전기히터를 사용했으며 하절기 경우(기온 40℃를 육박)에는 에어컨 사용이 허용돼 사람들은 히트펌프 시스템 또는 직접 연소 흡수식 칠러와 난방 기기를 사용하게 됐다. 1990년대 이후에는 SRAC, SPAC 또는 공기 열원 히트펌프 칠러등 다량의 히트펌프들이 급속하게 보급, 설치되어 이 경향이 오늘날 까지도 이어지고 있다.

일본의 경우는 기후는 위도에 따른 온도 편차가 매우 심해 냉난방을 위한 에너지 소비가 지역별로 큰 차이를 보인다. 가정용 에너지 소모의 35%이상을 급탕용으로 사용하는 특성을 가지고 있으며 공조시장은 1960년대에 중앙 공조 시스템 대신 개별공조시스템으로 시작됐는데 주로 WRAC(덕트 없는 창문형 룸 에어컨)이었다. 그러나 창문형 실내 에어컨은 진동, 소음, 설치의 어려움으로 실패해 1980년대에는 SRAC(분리형 룸 에어컨) 및 히트펌프가 보급되기 시작했다. 또 복수의 실내 유닛을 갖는 멀티 시스템과 장려금 제도를 통해 히트펌프설치를 권장하고 있다.

한국은 세계 에어컨디셔닝 시장 랭킹 4위 국가로서, 덕트 없는 SRAC와 SPAC가 주 시장을 유지 상품으로 2001년 에어컨디셔닝 매출의 90%를 점유하였으며 이는 액수로는 9억 US \$, 수량으로는 120만대에 해당된다. 그러나 히트펌프비율은 매우 낮아 SRAC의 경우는 거의 제로에 가까우며 SPAC의 경우는 약 22%에 그치고 있다.

그 이유로는 대부분의 첫 번째, 인구가 도심의 고층 아파트 및 콘도미니엄에서 거주하므로 하절기엔 냉방전용 SRAC를 선호하고, 동절기는 히트펌프 사이클에서 만족할 만한 난방 용량을 기대하기에는 외기 온도가 너무 낮다고 보는 것이 일반적인 견해로 히트펌프 사용 자체를 심리적으로 거부하고 있다고 한다.

두 번째, 오늘날 고층아파트와 단독 주택 등 주거 공간의 거의 100%가 보일러로부터 나온 온수를 바닥으로 순환시키는 바닥 난방 시스템을 채택하고 있다. 한국에서 이 바닥 난방이란 오랜 세월 이어 내려온 전통으로서, 한국인의 대표적인 생활방식은 동절기에는 바닥 난방 시스템을, 하절기에는 냉방전용 SRAC를 사용하는 것이다. 공조가 생활에 있어서 필수적이라고 인식하고 있는 공조 선진 국가들은 GDP의 0.10%에서 0.15%를 에어컨디셔닝 제품에 소비하나, 국민 일인당 GDP가 낮은 북유럽과 개발 도상국가들의 에어컨디셔닝 제품 소비가 GDP의 0.05%에도 미치지 못하고 있다.

세계 에어컨 시장은 창문형, 분리형, 스탠드형 등 싱글형 제품위주의 가정용 제품군과 패키지에어컨, 유니타리 에어컨, 및 시스템 멀티에어컨(빌딩용 멀티에어컨) 등으로 구성되어 있는 상업용(업무용)과 칠러 등으로 구성되는 산업용으로 분류할 수 있다. 싱글형의 가정용 제품은 보급률 확대와 기술의 일반화로 중국 등 후발업체의 증가로 기술 개발보다는 가격경쟁력이 각 업체의 핵심 역량이 되고 있는 상황이며, 치열한 가격 경쟁으로 그 수익 구조 또한 크게 위협받고 있는 상황이다.

상업용에는 대형 패키지 에어컨을 주고 사용하였으나 설치 공간의 비효율성, 실내 공간의 불균일한 온도 분포, 소음 증가 및 소비전력 과다 등의 문제점으로 실내기를 매립하는 빌트인 제품과 실내기를 다수로 설치하여 공간 제어가 가능한 시스템 멀티 에어컨의 보급이 확대되고 있는 상황이다. 시스템 멀티 에어컨은 그동안 VRV, VRF로 대표되는 일본이 기술 및 시장을 독점하고 있는 상황에서 건축물의 대형화 고급화 및 인텔리전트의 추세에 따라 그 수요가 급속히 상승하고 있어서 에어컨 시장의 차세대 기술로서 전 세계 공조업체들의 기술개발 경쟁이 치열한 상황이다.

산업용은 칠러를 사용하는 중앙공조시스템이 주로 사용되었으나 관리인원의 상주 및 정기적인 유지보수 등으로 운전비용이 높고 개별공조가 불가능하여 점진적으로 수요가 줄고 있으며 시스템 멀티의 보급이 확대되고 있다.

EHP와 GHP의 특징을 비교하면 다음 표 2.14)과 같다.



4) 박태영외, 가스트리트펌프의 소개, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp.1138~1143, 2004

표 2.1 GHP와 EHP의 비교

구분		GHP	EHP
시스템구성	열매체	냉매직접팽창식 -혼합냉매 (R410A)방식	냉매직접팽창식 -프레온냉매
	구동방식	도시가스에 의한 가스엔진 으로 압축기 구동	전기에 의한 전동으로 압축기 구동
	규격	소형-중대형	소형-중소형
	환경	청정연료인 가스사용으로 환경오염	전기에너지 사용으로 환경오염 없음
자동제어특성	용량제어	압축기 회전수 제어	압축기 회전수 제어
	응답	속도 빠름(다단계 연속제어)	중간 (STEP제어)
	제어능력	실내기 최대 518개 개별제어	실내기 최대 128대 개별제어
	제어종류	개별, 그룹제어, 통합제어 무선제어, 적산제어, PC제어	개별, 그룹제어, 통합제어, 무선제어
설치유지	시공성	우수	우수
	유지보수성	구조간단, 정기유지보수필요	구조간단, 유지보수 용이
	설치면적	실외기 설치면적이 적음 (20HP 바닥면적:2m ²)	실외기 설치면적이 적음 (20HP 바닥면적:1.42m ²)
	기계설 면적	적지만 수량 많음	적게 차지함
운전	유지보수	5년 10,000시간/1주기	4년 8,000시간/1주기
	소음	소- 실내기 : 38dB 실외기 : 58dB이하	중- 실내기 : 38dB 실외기 : 60dB이하
	난방운전 가능범위	일반형 외기온도 : -10℃ 한랭지형 : -20℃	일반형 외기온도 : -5℃ 한랭지형 : -20℃
	난방운전 운전효율	-10℃ 운전시 100%효율	-5℃ 운전시 75%효율
	운전효율	난방운전 효율이 높음	냉방운전 효율이 높음
경제성	내용연수	약 7~10년	15년
	초기투자비	중	저
	운전비	소	중
	공간활용성	공간 활용 증대	공간 활용 증대
기타	배관거리	상당장 190m,실장140m	살당장 200m, 실장 150m
	실내기 허용대수	최대32대	최대48대
	관리자	기존 관리자로 해결가능 (별도 교육 실시 필요)	기존 관리자로 해결가능

2.3 경제성 분석

2.3.1 경제성 분석방법

경제성을 평가하는 방법에는 초기투자비법, 회수기간법, 투자수익률법, 내부수익률법, LCC(Life Cycle Cost)분석법 등이 있다.

LCC분석법은 시스템의 전 과정인 기획, 설계, 설비, 건설, 유지, 관리, 폐기, 처분단계에서 발생하는 모든 비용을 분석하는 방법이며 화폐의 시간가치에 대한 고려로서 공통의 시점으로 환산하는 방법에 따라 현가법, 중가법, 연가법으로 구분된다. 그림 2.7은 일반적 LCC분석시 항목별 발생시점을 나타내고 있다.

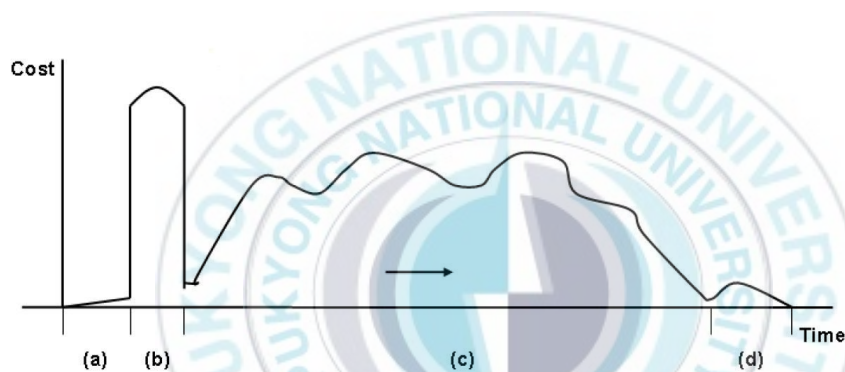


그림 2.7 LCC의 일반적 구성

냉난방시스템은 사용기간 동안 발생하는 연비용이 동일하기 때문에 이에 적합한 현가법을 사용하여 분석하였다. 현가법에서 이미 현가인 초기비용과 장래에 발생하는 비용과 같이 현가로 환산되어야 하는 비용이 있다.

LCC 분석에서 발생하는 비용항목은 시스템의 탄생시점에서 폐기 처분하는 시점까지 지속적으로 발생하는 비용이다. 이 경우 LCC를 집계하기 위해서는 비용항목의 모든 비용을 동일한 가치로 환산해야 한다. 또 어떤 시점을 기준으로 가치 환산 하는가를 미리 명확하게 할 필요가 있다. 그 환산의 기준점에 따라 LCC 환

산 방법으로 설비투자를 하고자 하는 현재시점의 가치로 환산하는 방법(현가법), 운용기간중의 1년당의 비용으로 환산하는 방법(연가법), 사용연수가 끝난 시점의 가치로 환산하는 방법(종가법)으로 나누어진다. 일반적으로 현가법과 종가법은 대안 비교에 있어서 대안의 총비용 산정기간이 일정한 경우 유용한 방법이고, 연가법은 내용연수가 상이할 경우 적합한 방법이다. 이러한 3가지 값은 서로 관련성을 갖고 있으나 LCC 산출에는 현가법과 연가법이 주로 사용된다.

현가법에서 초기비용은 이미 현가이므로 장래에 발생하는 비용은 반복비용과 비 반복비용으로 분류할 수 있다. 미래에 발생하는 반복비용(매년 똑같이 발생하는 비용)중에서 변수의 상승률이 있는 경우는 식 (1)을 사용하여 현가로 환산한다.

$$P = A \times \frac{\left[\frac{1+e}{1+i} \right] \cdot \left[\left(\frac{1+e}{1+i} \right)^n - 1 \right]}{\left(\frac{1+e}{1+i} \right) - 1} \dots\dots\dots (1)$$

여기서,

P : 현가

A : n 년 간 걸쳐 계속되는 일정한 기말지불액

i : 할인율

e : 상승률

n : 내용연수

또 변수의 상승률이 없는 경우는 식 (2)를 사용하여 현가로 환산한다.

$$P = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \dots\dots\dots (2)$$

몇 년 후에 1회만 발생하는 비 반복비용은 식 (3)을 사용하여 현가로 환산한다.

$$P = F \times \frac{1}{(1+i)^n} \dots\dots\dots (3)$$

여기서, F : n 년 후의 기말지불액
 i : 할인율(물가상승률 포함)

식 (1), (2), (3)에서 각종 현가계수를 사용하면 식 (4), (5), (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = A \times PWA' \dots\dots\dots (4)$$

$$P = A \times PWA \dots\dots\dots (5)$$

$$P = F \times PW \dots\dots\dots (6)$$

여기서, PWA' : 상승률이 있는 경우 연금현가계수
 PWA : 상승률이 없는 경우 연금현가계수
 PW : 현가계수

2.3.2 분석을 위한 비용 항목

LCC분석을 위한 비용 항목의 구축 방향은 프로젝트의 진행 상태와 종류에 따라 변화될 수 있어야 할 뿐 아니라 이러한 목적에 적합하게 분류되고 정리되어야 한다. 냉난방시스템인 EHP와 GHP의 LCC 분석을 위하여 프로젝트의 진행단계에 따라 기획·설계단계, 건설단계, 운전·관리단계, 폐기·처분단계로 분류하여 각 단계별로 국내실정에 적합한 비용항목과 세부 비용항목으로 구축한 내용은 표 2.2와 같다.

기획·설계단계에서 기획·설계비는 설비설계 사무소의 특성을 고려하여 기본설계4)비를 기획비, 실시설계5)비를 설계비로 분류하였다. 기획·설계비는 공사비에 일정 비율을 곱하여 산출한 금액에 추가 업무비용과 부가가치세를 합산하여 대가를 산출하는 방식인 공사비 효율에 의한 방법과 직접인건비, 직접경비, 제 경비, 기술료와 부가가치세를 합산하여 대가를 산출하는 방식인 실비정액 가산방식으로

4) 주요설계 수행지침, 예비설계 및 기본공사비 산정, 설계요강의 결정, 설계지침의 작성, “기본설계 등에 관한 세부 시행기준”에서 정하는 사항.
5) 기본설계·계획의 검토, 실시설계에 필요한 자료의 수집 및 정비, 설계요강의 결정, 설계지침의 작성, 도면 및 계산서 작성, 시방서 및 예정공정표 작성, 공사수량산출 및 공사비내역서 작성.

분류되며, 엔지니어링 사업대가의 기준⁶⁾에 의하여 대가 산출의 기본원칙은 건설 부문 엔지니어링사업과 통신·정보처리부문 중 전기통신분야 및 정보통신분야의 엔지니어링 사업 외에는 실비정액 가산방식으로 적용함을 원칙이므로 공사비 효율에 의한 방법이 적용된다. 또 건축설비부문에서 각 지역의 설비설계협의회에서 제정한 건물연면적에 의한 설계용역비 산정방식을 적용할 수 있다. 공사비 효율에 의한 방법은 EHP와 GHP 방식별 초기투자비에 따라 기획·설계비가 달라지나, 설계용역비 산정방식은 연면적에 의해 금액이 결정되므로 기획·설계비가 동일하게 된다.



6) 과학기술부 공고 제2007-172호, 2007.10.4

표 2.2 EHP와 GHP의 LCC 분석에서 비용항목

단계	비용	세부비용항목
기획·설계 단계	기획·설계비	기획비
		설계비
		건물연면적에 의한 설계용역비
설비건설 단계	초기투자비	제품가격 및 공사비
		수변전설비비
		도시가스공사비
	각종지원금	가스냉방설치지원금
		에너지이용합리화자금융자
		에너지절약시설투자에 대한세액공제
운전·관리 단계	에너지비	전력비
		가스비
	보전비	수선·부품교환비
	조세공과금	취득세, 등록세, 재산세, 교육세, 도시계획세, 공동시설세
	보험료	화재보험료, 기계보험료
	부분갱신비	갱신공사비
	기타비용	초기투자비증가분이자
폐기·처분 단계	철거비	철거인건비
		건설폐기물처리비
	매각비	매각수익비
		잔존가치

설비건설단계에서 초기투자비는 EHP와 GHP 기기의 제품가격 및 공사비(실외기, 실내기, 리모콘, 분기관, 냉매, 실외기 방진가대, 드레인키트, 실내·외기 설치공사비, 공사관리비, 건축공사비, 자동제어공사비 등을 포함), 수변전 설비비 및 전기간선 공사비, 도시가스공사비로 분류될 수 있다. 그런데 이러한 초기투자비의 경우 자재, 노무 등의 수급상향, 공사위치 등에 의해서 변화될 수 있다. 일반적으로 초기투자비는 종합물가정보자료와 견적 자료를 기준으로 산출한다. 특히 EHP

와 GHP는 에너지원으로 전력과 가스를 사용함으로 방식별 수변전 설비용량에 많은 차이가 발생하기 때문에 수변전 설비비 및 전기간선 공사비를 초기투자비에 반드시 포함시켜야 하며, GHP의 경우 도시가스공사비를 초기투자비에 포함시켜야 한다. 수변전 설비 가격에는 수변전 기기, 변압기, 반입, 설치 조정비 등을 포함한다.

한국가스공사 및 정부는 부하 평준화를 위해 각종 지원금 제도를 마련하고 있으며, GHP에 대한 정부의 각종 지원금제도로써 에너지관리공단에서 GHP 도입을 위한 총 자금의 100%를 3년 거치 5년 분할 상환 연리 3.75%로 가스냉방설치지원금⁷⁾의 용자를 받을 수 있다. 또한, 2007년을 기준하여 GHP를 설계 반영한 설계회사는 10,000원/1RT의 가스냉방설계 장려금을 받을 수 있으며, 2001년 1월부터 시행된 설치장려금은 현재 300RT이하일 때 150만원/설외기1대의 설치 장려금을 받을 수 있으며, 설계용량기준 1만원/RT(1,000만원 한도)의 설계장려금을 지원받을 수 있다.

또한 냉방용 요금으로 5~9월 동안 냉방용으로 사용되는 가스에 대해 도입 원료비 이하의 가스요금을 적용하고 있다. 세액지원 및 투자준비금의 손금산입⁸⁾으로 에너지 절약시설의 설치 및 개체비용은 국산, 외산 기자재 동일하게 투자금액의 7%를 투자완료일이 속하는 사업연도에 법인세(또는 소득세)에서 공제하며, 투자준비금의 손금산입제도는 조세부담을 유보시키는 효과를 주는 제도로서 기업에게는 과세유예기간동안 적립된 준비금의 과세액에 대한 이익만큼 수익이 증대하는 효과가 발생한다. 에너지절약시설투자에 대한 세액공제⁹⁾ 에너지이용합리화자금지원¹⁰⁾ 등으로 나누어진다.

7) 지급 대상은 흡수식, 가스엔진구동식 등 천연가스를 사용하는 가스냉방설비를 설치한 자.

8) 에너지절약시설 투자준비금 손금 계산 시 에너지절약시설 투자과세연도와 그 이후 2년 이내 종료하는 각 과세연도마다 당해 연도 투자금액의 15%의 범위 이내 손금산입하며, 투자준비금을 손금 산입한 법인은 과세연도 종료일 이후 3년이 되는 날이 속하는 과세연도까지 에너지절약시설을 신규 취득하거나 개체 하는 등 자본적 지출에 사용하며, 기한 내 미사용 금액에 대해서는 그 3년이 되는 날이 속하는 과세연도의 이익금에 산입한다.

9) 조세특례제한법 제25조의 2.

10) 산업자원부 공고 제2006-17호. 지원대상은 가스냉방시설을 신·증설 또는 개체하고자 하는 자.

표 2.3 설치지원금의 변화

냉방용량	5 RT이하	5~30RT	30RT초과	설계장려금
2007년 현재	150만원/대	50만원/대	1만원/RT	1,000만원
2006년	200만원/대	100만원/대	1만원/RT	500만원
2005~2001	250만원/대	100만원/대	1만원/RT	500만원

일반적으로 LCC 분석에서 에너지비는 초기계획단계의 견적을 신속히 실시하는데 유리한 전부하 상당 운전시간법을 많이 사용하고 있다. 운전·관리단계에서 에너지비는 전력비와 가스비로 분류할 수 있는데, 최근 교육용 전력요금의 인하가 되면서 표 2.4와 같이 전력요금의 변화가 발생하게 된다.

표 2.4 교육용 전력요금의 인하(고압A-선택(II)요금)

구분	기본요금 (월/kW)	전력요금(원/kWh)		
		여름 (7월~8월)	봄, 가을 (3~6, 9~10월)	겨울 (11월~2월)
인하 전	5,870	81.80	51.30	55.70
인하 후	4,090	73.00	46.90	53.10

보전비는 수선·부품교환비로 GHP와 EHP에 관한 이러한 자료에 대해 국내에서는 아직 정리되어 발표된 것은 없으며, 그 특성상 각 건물에 따라 보전의 정도나 관리능력이 다르므로 상당한 차이가 있을 것으로 예상된다.

조세공과금은 취득세, 등록세, 재산세, 도시계획세, 공동시설세, 교육세 등이 있다. 이 중 초년도 과세는 취득세와 등록세이며, 매년 과세되는 것은 재산세, 도시계획세, 공동시설세, 교육세이다. 보험료는 화재 보험료와 기계보험료 등이며, 총칭하여 손해 보험료를 의미한다. 손해보험은 재산의 소유자가 자기 판단에 따라 가입하는 것으로 일반건물의 경우 보험의 대부분은 화재보험이다. 일반적으로 보험회사의 화재보험요율은 건물의 구조, 지역, 면적, 층수, 소화설비의 정도 등에

따라 달라지며, 직업종별에 따라서도 달라진다. 부분 갱신비는 설비시스템의 부분적인 갱신 공사비를 의미한다. 기타 비용으로 초기투자비 증가분 이자는 EHP와 GHP 방식별 초기투자비의 차이에 의한 이자를 의미하며, 일반적으로 은행의 대출이자로 계산한다.

폐기·처분단계에서 철거비의 경우 철거인건비와 건설폐기물처리비로 분류하였다. 매각비의 경우 매각수익비와 잔존가치로 분류하였다. 특히, 잔존가치는 분석기간 종료시점의 재산가치이다. 일반적으로 사용되는 잔존가치 계산법은 설비의 가치를 일정한 금액 또는 비율로 저감시켜 나가는 감가상각법이다. 감가상각은 재산의 사용에 따른 가치의 저하를 의미하는 것으로 그 계산방법에는 정액법과 정률법이 있다. 정률법은 오랜 기간에 걸쳐 감가상각의 고려를 위해 폭넓게 사용되어 왔지만 최근에는 정액법에 의해 대체되어 가고 있다. 일반적으로 LCC 분석에서는 정액법을 사용한다.

2.3.3 비용항목 변수

EHP와 GHP 방식별 LCC 분석시 고려해야 할 LCC 비용항목 변수는 내용연수, 비용의 시간적 가치에 영향을 미치는 이자율(할인율) 및 인플레이션 등이 있다. 특히 인플레이션은 물가상승률, 에너지비 상승률(전기, 가스), 세금 및 보험료 상승률 등으로 나뉘어진다.

이자율(할인율)은 LCC 분석에 있어서는 미래의 금액은 현재의 금액과 가치가 같지 않으며, 자금에는 시간적 가치가 있다고 하는 입장을 취하는 것이 원칙이다. 따라서 화폐의 시간적 가치란 시간의 흐름에 따라 화폐의 가치가 달라지는 것을 의미한다. 일반적으로 현재가치를 미래가치로 환산할 때는 이자율(interest rate)을 적용하고, 미래가치를 현재가치로 환산할 때는 할인율(discount rate)을 적용한다. 또한 미래의 금액을 현재가치로 환산하는데 할인기간과 할인율을 정한다.

물가상승률은 대안의 경제성을 비교할 때에 물가상승률을 고려하는 경우와 고려하지 않는 경우 경제성이 달라지므로 LCC 분석에서는 물가상승률을 고려하는

것이 필수적이다. LCC 분석에서는 평균 연간 물가상승률을 많이 이용하며, 미래의 물가상승률을 예상하여 얻은 추정치는 과거 변화율의 추세, 예상된 경제적 상황판단, 또는 다른 경제변수의 예측에 근거하여 이루어지고 정부나 전문기관의 예상을 따른다.

에너지비 상승률의 경우 물가상승률과 에너지비 상승률을 별도로 고려하여야만 정확한 에너지 비용을 평가할 수 있다. 특히 에너지비 상승률에서 연료와 전기의 상승률을 별도로 고려하여야 한다.

내용연수는 LCC 분석에서 분석기간의 결정을 의미한다. 분석기간은 LCC 계산 결과에 가장 큰 영향을 미치는 요인 중의 하나로 신중히 결정할 필요가 있다.

위와 같은 비용항목 변수의 값은 적절한 추정치를 의미하며, LCC 분석에서는 추정의 근거로 대표치나 명목상의 수준으로 과거 데이터에 의한 평균값을 일반적으로 사용한다.



3. LCC분석

3.1 분석을 위한 기본 가정

LCC분석은 건축설비 및 시설물의 일정 기간 동안 발생하는 비용을 미래를 대상으로 예측하는 것이기 때문에 할인율(이자율), 상승률, 분석기간 등에 관한 가정이 선행되어야 한다.

3.1.1 분석기간

히트펌프형 냉난방장치의 LCC분석에 필요한 분석기간을 설정하기 위하여 기존 연구문헌의 자료조사를 실시한 결과¹¹⁾¹²⁾ 내용연수 15년으로 분석하고 있으므로 본 연구에서도 LCC분석 기간을 15년으로 정하였다.

3.1.2 LCC 구성 항목 도출

산출조건으로 냉난방면적은 장치용량을 고려하여 일반적 교실(6m×12m) 4개를 대상으로 용량을 산출하였다. 장치 용량을 결정하기 위한 부하계산에서 실내 온·습도조건은 학교보건법 시행규칙 제3조에 의거 기본적으로 냉방 및 난방 각각 26℃/50%, 20℃/40%로 설정하였으며, 일일 운전시간은 학부사무실에서 가장 긴 시간을 사용하고 있지만, 일반 강의실을 기준으로 6시간 운전하는 것으로 설정하였으며, 주 5일제 근무와 국경일을 고려하여 냉난방기간의 각 달마다 20일 운전하는 것으로 하였다. 냉난방기간은 6~9월, 11월~3월로 하였으며, 이중 6월, 9월, 11월, 3월은 냉난방수요가 많지 않는 점을 감안하여 각각 10일만 운전한 것으로 보정하

11) 박문선의, 오피스빌딩 냉난방시스템의 수명주기비용 분석에 관한 연구, 한국건설관리학회논문집, 제7권 제3호, 2006.6

12) 정순성, 前揭書

였다. 단계별 비용항목의 변화에 따른 EHP와 GHP의 LCC 산출을 위하여 대상 건물에 대한 기본 가정 조건은 표 3.1과 같다.

표 3.1 대상 건물의 기본 가정조건

항 목	가정조건
교실면적	6m × 12m × 4실
면적당 냉방부하	150 kcal/hr
면적당 난방부하	70 kcal/hr
1일 운전시간	6시간
월별냉난방일수	20일(주 5일교육), 10일(3,6,9,12월)
월별부하율	1월 0%, 2월 0%, 3월 80%, 4월 0%, 5월 20%, 6월 40%, 7월 60%, 8월 0%, 9월 20%, 10월 0%, 11월 40%, 12월 60%

본 연구에서 LCC분석단계에서 기획·설계단계와 폐기·처분단계를 제외하여 분석을 실시하였으며, 설비건설단계는 초기투자비와 각종 지원금으로 구성된다. 초기투자비는 제품가격 및 공사비, 수변전설비비, 도시가스공사비 등이나 EHP에서는 도시가스공사비는 제외된다. 초기투자비는 견적자료를 이용하였으며, 설비건설단계에서 필요한 비용의 세부항목은 표 3.2와 같다.

표 3.2 설비건설단계에서 비용의 세부항목

비용	세부항목	EHP	GHP
초기투자비	제품가격 및 공사비	○	○
	수변전설비비	○	○
	도시가스공사비	×	○
각종지원금	가스냉방설치지원금	×	○
	에너지이용합리화자금융자	×	×
	에너지절약시설투자에 대한세액공제	×	×

운전·관리단계에서 발생하는 비용의 세부항목은 에너지비, 보전비, 세금, 기타 비용으로 구성이 된다. EHP에서는 가스비용이 세부항목에서 제외되며, 운전·관리단계에서 필요한 비용의 세부항목은 표 3.3과 같다.

표 3.3 운전·관리단계에서 비용의 세부항목

비용	세부항목	EHP	GHP
에너지비	전력비	○	○
	가스비	×	○
보전비	수선·부품교환비	○	○
세금	제 세금비용	○	○
기타비용	초기투자비증가분이자	-	-

3.1.2 할인율

LCC분석에서의 할인율은 미래에 발생될 현금을 현재가치로 환산할 때 사용되는 것으로서, 현 시점의 이자율, 소비자 물가지수 그리고 물가상승율(소비자 물가지수 등락률) 등을 고려해야 한다.¹³⁾ 이에 본 연구에서는 1997년부터 2006년까지 한국은행과 통계청의 통계자료를 활용하여 이를 바탕으로 한 실질할인율을 산정하였다. 산정기간동안 정기예금금리는 6.41%, 소비자 물가지수는 89.88, 물가상승율 3.44으로 나타났으며, 이를 토대로 산정한 실질할인율은 2.87로 나타났으며, 이를 본 연구의 LCC분석에 적용하였으며, 그 내용을 표 3.4와 같이 나타내었다.

13) 김용수, 시뮬레이션 모델을 이용한 근린 사무소 건물의 Life Cycle Cost 예측 및 교체수선 전략에 관한 사례연구(I), 대한건축학회 논문집, 1994.12

표 3.4 연도별 정기예금 금리 및 실질할인율

연도	정기예금금리	소비자물가지수	물가상승율	실질할인율
1997	10.59	76.569	4.40	5.93
1998	13.39	82.322	7.54	5.44
1999	7.05	82.991	0.82	6.17
2000	7.08	84.866	2.25	4.72
2001	5.46	88.317	4.10	1.31
2002	4.71	90.757	2.69	1.97
2003	4.15	93.456	3.55	0.57
2004	3.75	97.320	4.13	-0.38
2005	3.57	100.000	2.75	0.82
2006	4.36	102.2	2.20	2.16
평균	6.41	89.88	3.44	2.87



3.2 EHP와 GHP의 LCC15 분석

현가법에 의한 EHP와 GHP의 시스템별 LCC15 산출결과는 다음과 같다.

3.2.1 초기투자비

분석대상으로 하는 4개의 히트펌프 냉난방시스템에 대한 초기투자비는 장비비용과 설치공사비를 재료비와 노무비를 포함하여 냉난방시스템 설치업체의 2007년 기준 견적자료를 활용하였다. 이를 정리하면 표 3.5와 같다.

표 3.5 EHP와 GHP의 초기비용

항목	E1	E2	G1	G2
장비비용	14,374,400	13,743,000	22,650,800	17,677,000
설치공사비	3,925,600	3,097,000	3,949,200	3,823,000
합계	18,300,000	16,840,000	26,600,000	21,500,000

3.2.2 각종 지원금

각종 지원금은 GHP 방식에 한해서 가스냉방설치지원금, 에너지이용합리화자금 지원, 에너지절약시설투자에 대한 세액공제를 받는 것¹⁴⁾으로 하였다. 본 연구에서는 설치장려금으로 대당 150만원으로 정하였다.

3.2.3 에너지비

운전·관리단계에서 에너지비는 초기단계에서 견적을 신속하게 실시할 수 있는 전부하상당운전시간법을 사용하였다. 에너지비는 부산지역에서 2007년 4월 1일을

14) 가스냉방 설계장려금도 있으나 이는 설계사무소에 지급하므로 본 연구에서는 제외하였다.

기준으로 교육용 고압A(선택 II)전력의 전력요금으로 결정하였으며, 전력요금의 구체적인 산정기준은 표 3.6과 같다.

표 3.6 인하후 교육용 전기요금(고압A)

구분		기본요금 (월/kW)	전력요금(원/kWh)		
			여름 (7월~8월)	봄, 가을 (3~6, 9~10월)	겨울 (11월~2월)
고압 A	선택(II)요금	4,090	73.00	46.90	53.10

업무냉방용은 냉방기를 설치하고 5월에서 9월까지 사용하는 가스로서 423.63원/㎥이며, 업무난방용은 개별난방, 중앙난방 및 취사전용이외의 용도로 사용하는 도시가스로서 711.31원/㎥이다. 2007년 10월 5일을 기준한 부산지역의 도시가스 요금¹⁵⁾은 표 3.7과 같다.

표 3.7 LNG 요금(원/㎥)

부산지역	열병합발전	열병합발전시설	607.33원/㎥
	업무냉방용	냉방기를 설치하고 5월에서 9월까지 사용하는 가스	423.63원/㎥
	업무난방용	개별난방, 중앙난방 및 취사전용이외의 용도로 도시가스를 사용하는 시설	711.31원/㎥

현가계수를 산정하기 위하여 필요한 비용항목의 변수¹⁶⁾로 정기예금금리와 물가 상승율을 고려하여 산정한 실질할인율의 평균은 2.87%, 에너지비 상승률(전기 4%, 도시가스 3%), 내용연수 15년으로 가정하여 적용하였다. 통계자료를 이용한 LCC분석에 필요한 변수의 가정조건은 표 3.8과 같이 나타내었다.

15) <http://www.sk-enron.com/pusan>

16) 비용항목 변수의 상승률 산출근거로 1997년(기준)~2006년의 통계청 자료 인용. 이자율의 경우 국내 건설업의 차입금 평균 이자율 적용, 순 할인율 4% 가정.

표 3.8 LCC 분석에서 가정조건

	실질할인율	전기요금변동	가스요금변동	내용연수
EHP	2.87%	4%	3%	15
GHP	2.87%	4%	3%	15

3.3 LCC분석

본 연구의 대상이 되는 교육용시설에 대한 교육용 전력요금의 인하가 LCC의 변화 정도를 파악하기 위하여 현 시점을 기준하여 내용연수를 15년으로 하여 LCC를 산정하였다.

LCC분석에 앞서 전기요금의 인하에 따른 대상 시스템에서 소비되는 1년간의 에너지비용의 변화를 표 3.9에 나타내었다. 전기요금의 인하로 EHP와 GHP의 에너지비용이 차액이 41,059원에서 16,642원으로 줄어들었으며, 분석기간이 길어질수록 차액은 더욱 크게 나타나게 될 것이다.

표 3.9 전기요금 변화에 따른 에너지비용

구분	비 용	인하 전	인하 후
EHP	전력비용	308,376	335,544
GHP	전력비용	30,837	33,554
	가스비용	259,389	259,389

3.3.1 전력요금 인하전의 LCC

교육용 전력요금을 인하하기 전의 대상시스템에 대하여 설비건설단계와 유지·관리단계의 비용항목에 대하여 LCC15분석을 실시한 결과 표 3.10과 같이 나타났다.

표 3.10 전력요금 인하전의 LCC

단계	비용	세부항목	E1	E2	G1	G2
설비건설 단계	1)초기투자비	제품가격및공사비	11,968,200	11,013,360	17,396,400	14,061,000
	2)지원금	가스냉방설치지원금	0	0	-981,000	-981,000
	소계		11,968,200	11,013,360	16,415,400	13,080,000
유지관리 단계	1)에너지비	전력비	5,498,895	5,498,895	549,890	549,890
		가스비	0	0	4,250,863	4,250,863
	2)보전비	수선부품교환비	4,498,506	4,139,609	6,538,812	5,285,130
	소계		9,997,401	9,638,504	11,339,565	10,085,883
LCC			21,965,601	20,651,864	27,754,965	23,165,883

3.3.2 전력요금 인하후의 LCC

교육용 전력요금을 인하하기 전의 대상시스템에 대하여 설비건설단계와 유지·관리단계의 비용항목에 대하여 LCC15분석을 실시한 결과 표 3.11과 같이 나타났다.

표 3.11 전력요금 인하 후의 LCC

단계	비용	세부항목	E1	E2	G1	G2
설비건설 단계	1)초기투자비	제품가격및공사비	11,968,200	11,013,360	17,396,400	14,061,000
	2)지원금	가스냉방설치지원금	0	0	-981,000	-981,000
	소계		11,968,200	11,013,360	16,415,400	13,080,000
유지관리 단계	1)에너지비	전력비	5,053,666	5,053,666	505,367	505,367
		가스비	0	0	4,250,863	4,250,863
	2)보전비	수선부품교환비	4,498,506	4,139,609	6,538,812	5,285,130
	소계		9,552,172	9,193,275	11,295,042	10,041,360
LCC			21,520,372	20,206,635	27,710,442	23,121,360

전기요금의 인하에 따라 인하전후의 4가지 시스템에 대한 LCC 산정결과는 표 3.12와 그림 3.3에 나타내었다. 본 연구의 대상 시스템에 대한 LCC산정 결과 GHP는 전기요금의 인하는 분석기간에 대하여 평균(G1, G2) 294,523원으로 나타났으며, EHP는 평균(E1, E2) 445,229원으로 나타나 GHP를 기준한 EHP에 의한 비용의 저감효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 규모가 큰 건물에서 에너지비용이 증가하게 되면 더욱 크게 발생할 것으로 판단된다.

표 3.12 전력 인하 전·후 LCC

항목구분	EHP(20마력)		GHP(20마력)	
	E1	E2	G1	G2
전력인하전	21,965,601	20,651,864	27,754,965	23,165,883
전력인하후	21,520,372	20,206,635	27,710,442	23,121,360

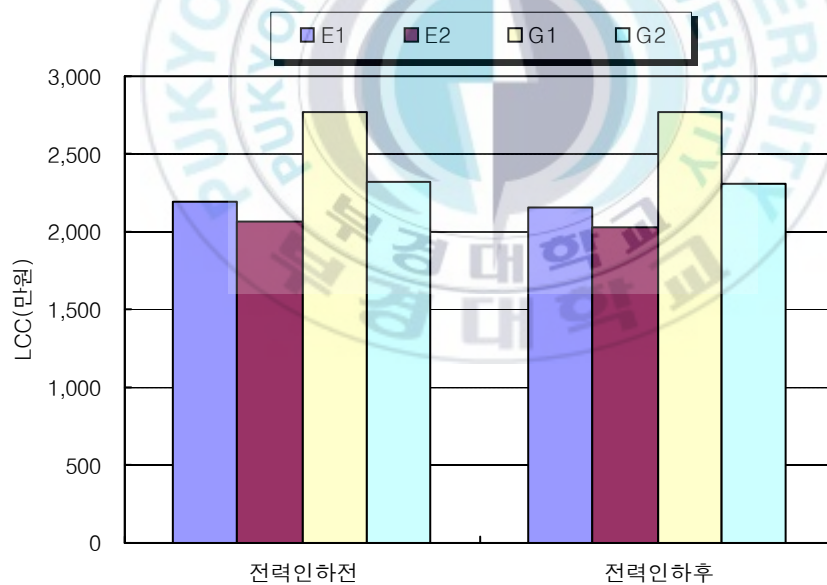


그림 3.3 전력 인하 전·후 LCC 비교

3.4 민감도분석(Sensitivity Analysis)

민감도 분석은 각각의 가정변수(입력변수)들이 예측변수(결과변수)에 미치는 영향력에 대한 정보를 제공해 주는 것으로 LCC분석에서 중요한 요소 중의 하나가 미래의 물가 상승율 및 이자율을 예측하는 것이다. 그러나 이들은 과거의 통계자료를 바탕으로 어느 정도 예측될 수 있지만 불확실성이 존재하기 때문에 LCC분석의 결론을 보완하기 위해서는 민감도분석이 필요하게 된다.

3.4.1 지원금

본 연구의 대상 시스템의 민감도 분석을 위하여 지원금 제도의 축소를 고려하였다. 통계자료와 기존 연구 결과 등을 고찰하여 지원금에 따른 민감도분석의 범위를 도시가스 지원금 50, 100, 150, 200, 250만원/대로 선정하였다. 지원금제도의 변화에 따른 대상 시스템의 LCC분석 결과를 표 3.13에 나타내었다.

표 3.13 지원금 변동에 따른 LCC (단위:원)

분류 지원금 (만원)	EHP(20마력)		GHP(20마력)	
	E1	E2	G1	G2
0	21,520,372	20,206,635	28,740,527	24,151,445
50	21,520,372	20,206,635	28,413,527	23,824,445
100	21,520,372	20,206,635	28,086,527	23,497,445
150	21,520,372	20,206,635	27,759,527	23,170,445
200	21,520,372	20,206,635	27,383,442	22,794,360
250	21,520,372	20,206,635	27,056,442	22,467,360

설치 지원금이 대당 150만원이 지원되고 있는 상황에서 설치지원금을 50만원 단위로 변화시켜 분석한 결과를 그림 3.4에 나타내었다. 설치지원금이 가스의 경우에만 나타나는데, 향후 지원금제도가 축소된다고 가정하는 경우의 LCC는 지금 보다 더 많은 차이가 발생하므로 EHP가 GHP보다 더욱 경제적인 시스템으로 볼 수 있다.

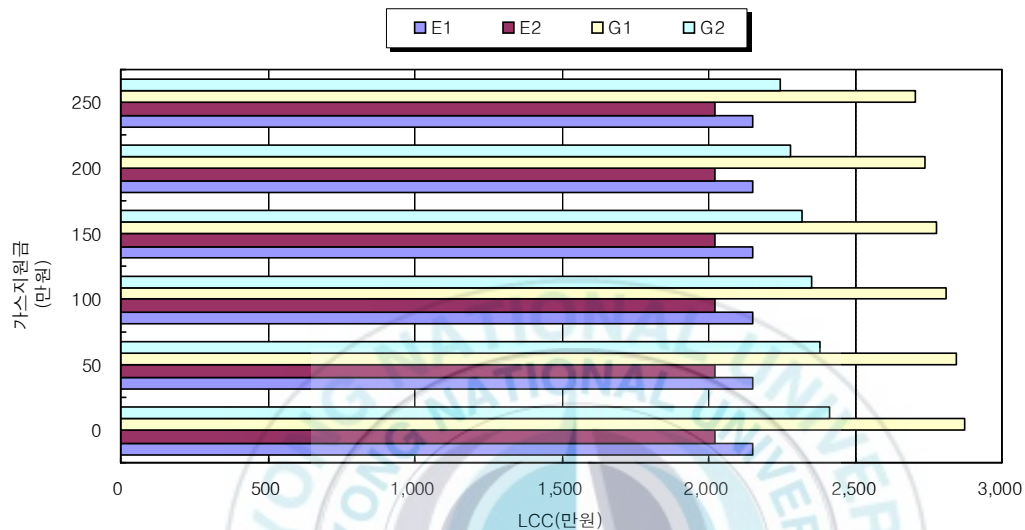


그림 3.4 설치지원금 변동에 따른 LCC 비교

3.4.2 에너지비용

본 연구에서는 대상 시스템의 민감도 분석을 위한 에너지비용의 변동을 고려하였다. 교육용 건물의 전기요금이 인하되면서 상대적으로 가스요금의 상승이 이루어졌을 뿐 아니라, 향후 가스요금은 지속적으로 상승될 것으로 예상되므로 가스요금의 변동에 따른 민감도분석을 실시하였으며, 가스요금의 변화 범위를 1%~10%로서 1%단위로 산정하였다. 가스비 상승에 따른 민감도 분석의 결과는 표 3.14에 나타내었다.

표 3.14 가스비 변동에 따른 LCC (단위:원)

분류 변동률	EHP(20마력)		GHP(20마력)	
	E1	E2	G1	G2
0%	21,520,372	20,206,635	27,710,442	23,121,360
1%	21,520,372	20,206,635	27,802,036	23,212,954
2%	21,520,372	20,206,635	27,844,544	23,255,462
3%	21,520,372	20,206,635	27,887,053	23,297,971
4%	21,520,372	20,206,635	27,929,562	23,340,480
5%	21,520,372	20,206,635	27,972,070	23,382,988
6%	21,520,372	20,206,635	28,014,579	23,425,497
7%	21,520,372	20,206,635	28,057,088	23,468,006
8%	21,520,372	20,206,635	28,099,596	23,510,514
9%	21,520,372	20,206,635	28,142,105	23,553,023
10%	21,520,372	20,206,635	28,184,614	23,595,532

가스요금이 1%단위로 변화시킨 LCC 산정결과를 그림 3.5에 나타내었다. 교육용 건물에서 히트펌프형 냉난방시스템을 사용하는 경우 교육용 전기요금은 인하되었음에도 불구하고, 가스를 연료로 사용하는 경우의 에너지비용의 지속적인 상승이 예상되므로 에너지비용에 따른 LCC는 지금보다 더 많은 차이가 발생하므로 EHP가 GHP보다 더욱 경제적인 시스템으로 볼 수 있다.

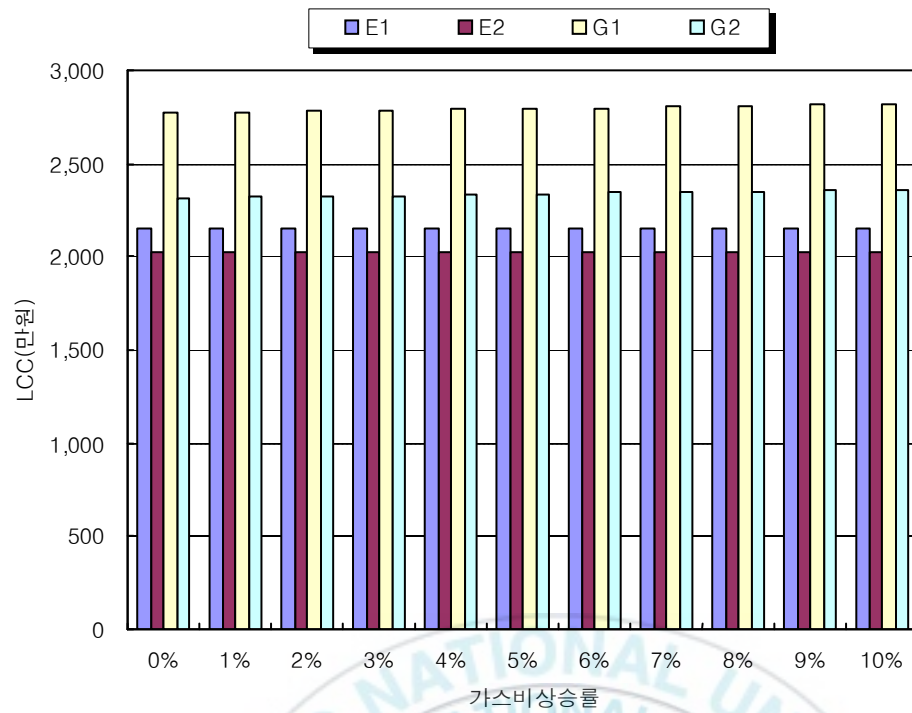


그림 3.5 가스비변동률 상승에 따른 LCC 비교

4. 결 론

본 연구는 최근 지원금제도의 축소와 교육용 전력요금의 인하가 나타난 히트펌프 냉난방시스템의 LCC분석에 관한 것으로서 많은 비용이 소요되는 설비건설단계와 유지관리단계에서 EHP와 GHP의 세부항목별 비용을 산출하여 그 내용을 분석한 주요 결과는 다음과 같다.

1) 대상시스템의 LCC분석의 설비건설단계와 유지·관리단계에서 필요한 비용의 변수항목에 적용하기 위한 실질할인율은 정기예금금리와 통계수법을 적용하여 산출한 물가상승율 등의 자료를 활용한 결과 2.87%로 산정되었다.

2) 전기요금의 인하 전후를 고려하여 내용연수를 15년으로 하여 LCC분석을 실시한 결과, 기존의 연구결과와는 달리 EHP가 GHP보다 효과가 우수한 것으로 나타났다.

3) 지원금제도의 축소와 가스비용의 상승에 따른 LCC분석 결과, 전기요금의 인하 효과가 크게 나타나 본 연구 대상의 경우에는 경제적 측면에서 EHP가 GHP보다는 적합한 방식으로 나타났다.

이상의 연구결과를 통하여 볼 때 정부의 지원제도와 값비싼 전기요금으로 인하여 학교 건물을 대상으로 한 기존의 연구 결과들은 대부분 GHP가 EHP보다 경제적인 시스템으로 나타났으나, 본 연구의 결과는 기존의 결과와는 달리 GHP보다는 EHP가 경제적인 시스템으로 산정되어졌다. 대상 건물의 규모가 증가하여 LCC에서 에너지비용의 부분이 증가한다면 더욱 편차는 클 것으로 예상되므로 향후 국가적 에너지 공급의 문제를 해결하기 위하여 정부의 지원제도 및 요금체계에 관한 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 신규원 외, 히트 펌프 냉난방 시스템의 실사용을 통한 경제성 분석, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2006.
2. 정순성, 부산지역 학교건물의 냉난방시스템 선정에 위한 EHP와 GHP의 라이프사이클 분석에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 19권 11호, 2003.11.
3. 교육부, 학교건물의 에너지절약형 냉난방시설 모형개발에 관한 연구, 2000.06.
4. 부산광역시 교육청, 각급학교 냉난방방식 설치방안 보고서, 2001.01.
5. 정백영, 황윤제, 조관식, 박효순, 학교건물의 냉난방시스템 적용에 관한 연구, 한국태양에너지학회 추계학술발표회 논문집, 2000.
6. 윤용진, 박효순, 장문숙, 변운섭, 강호석, 학교건물의 에너지 절약형 냉난방시스템 모델 개발, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2001.
7. 황윤제, 정백영, 조관식, 박효순, 천장형 인버터 히트펌프의 학교 건물 적용에 관한 연구, 공기조화 냉동공학회 동계학술발표회 논문집, 2000.
8. 한국건설산업연구원편저, 건설관리 및 경영, 보성각, 1997.
9. 한국은행, 경제통계연보, 1994, 1998, 2001.
10. 사단법인 한국물가정보, 종합물가정보, 통권 380, 2002.
11. 유일근, Engineer를 위한 원가측정과 분석, 시그마 프레스, 1999.
12. 김인호, 건설경영, 기문당, 1999.
13. 한국건설산업연구원, 건물의 에너지 소비량 해석 및 경제성 평가방법에 관한 연구, 1989.
14. Law, A. Life Cycle Costing in the USA, Chartered Quantity Surveyor, 1984.
15. Ashworth, A. and Au-Yeung, P., The Evaluation of Life Cycle Costing as a Practical Tool During Building Design, Proceedings of 4th International Symposium on Building Economics, Vol. A, Copenhagen, 1987.
16. 한국가스공사, www.kogas.or.kr

A Study on the Economic Analysis of Heating and Cooling system of University Building

by Sung, Hwan-bong

Department of Architectural Engineering, Graduate School
Pukyong National University

Abstract

This research is a thing about a LCC analysis to Heat Pump system of university building by reduction of electric power costs for education and incentive.

Produced details item different expense of EHP and GHP equipment construction step and preservation administration step. Analysis result is as following.

- 1) Substance discount rate in LCC analysis of target system to apply in variable item of necessary expense equipment construction step and preservation administration step has calculated. Substance discount rate calculated by 2.87% as result that calculate taking advantage of existing data of fixed deposit interest and prices of commodities geometrical ration etc.
- 2) Executed LCC analysis for target system after lowering whole curriculum reduction of electric power costs for education. Analysis result, energy cost-cutting effect of EHP appears greatly than GHP unlike existent study finding, EHP decided by economical system.
- 3) Sensitivity analysis executed by incentive 500,000 won per units and geometrical ration of gas expense by 1%. As a result, because lowering effect of electric charges appears greatly, EHP decided by more economical system than GHP.

As research result of front is different from existent study finding, EHP by lowering of electric charges for alteration and education of governmental frequent volunteer system was decided by more economical system than GHP.

If energy expense in LCC increases by scale increase of target building, deflection is expected to be big. Hereafter, energy guideline of government dimension, support system and many reviews about fare system and research are judged to need by solution way for national energy supply and demand's problem and efficient utilization.

This research is as result that is refuted in diffusion activation policy of gas cold room for existing cold room electric power substitution effect. Therefore, systematic volunteer system and thesis of standard of diffusion policy of government dimension are considered to need.



감사의 글

비록 크지 않은 성과이지만 많은 분들의 도움으로 무사히 마칠 수 있었습니다.

논문이 만들어 지기까지 나무람보다는 격려로서 부족한 저를 이끌어 주신 임영빈 지도교수님께 진심어린 감사를 전합니다. 그리고 논문이 완성될 수 있도록 많은 조언을 해주신 김동완 교수님, 정근주 교수님께도 감사를 드립니다. 완성도 높은 논문을 위해 세심하게 심사 지도해주신 박천석 교수님께 감사드리며, 류종우 교수님, 조홍정 교수님, 신용재 교수님, 이수용 교수님, 김기환 교수님, 김영찬 교수님, 이재용 교수님, 조영행 교수님, 오장환 교수님, 홍성민 교수님, 노지화 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

또한, 논문 작성 과정동안 싫은 내색 한 번 하지 않고 손과 발이 되어 준 박사과정 오근숙양, 석사과정 윤광찬군 에게 수고에 대한 감사의 마음을 전합니다.

그리고, 석사과정동안 교육의 기회를 살릴 수 있도록 많은 배려를 통하여 시간적 지원을 하여 주신 동래2차 SK현장의 권순용 소장님 이하 동료들에게도 감사드립니다. 바쁜 현장생활에서 직원들의 배려가 없었더라면 교육의 열정도 힘들었지 않나 생각합니다. 다시 한 번 감사드립니다.

끝으로 끊임없는 믿음과 사랑으로 격려해주시는 아버지, 어머니, 장모님께 감사드리며 긴 남편의 부재에도 묵묵함으로 가정의 역할을 대신해 준 아내와 자랑스런 정호, 정윤이에게도 이 작은 기쁨을 나누고자 합니다.

2007년 12월

성 환 봉