

오피스빌딩 냉난방시스템의 수명주기비용 분석에 관한 연구

: 흡수식 냉온수 유닛의 설치 유형을 중심으로 한 사례연구

A Study on the LCC Analysis of an Office Building HVAC System

박 문 선* · 신 형 식** · 김 용 수***

Park, Moon-Sun · Shin, Hyeong-Sik · Kim, Yong-Su

요 약

본 연구는 사례대상 건물의 냉난방설계용량에 대한 냉온수 유닛의 설치 유형을 단일설치, 분할설치(균등분할), 분할설치(차등분할)의 유형으로 구분하여 각각의 사례를 선정하고 LCC기법을 이용한 경제성 평가를 실시하였다. 이를 위하여 냉온수 유닛의 LCC 구성항목을 조사하고, 구성항목별 비용 자료를 조사하였다. 위와 같은 과정을 통해 예측된 각 설치 유형별 LCC를 상호 비교·분석함으로써 경제성 평가를 실시하였다. 상기와 같은 목적과 방법에 따라 진행된 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다: 1) 냉난방설계용량에 대한 단일설치 사례와 분할설치(균등분할), 분할설치(차등분할) 사례를 선정하고 LCC 구성항목에 대한 자료조사를 통하여 초기투자비(냉동기 설치비, 냉각탑 설치비, 펌프설치비), 유지관리비(교체·수선비, 가스에너지비, 전기에너지비), 해체비(노무비, 폐기비, 잔존가치)를 고려하여 단위면적당(100m²) 분석기간 15년 동안의 LCC를 분석 하였다. 2) 냉온수 유닛의 단일설치, 분할설치(균등분할), 분할설치(차등분할)의 설치 유형에 따른 경제성 평가 결과 설치 유형 중 단일설치 유형이 가장 경제적인 것으로 분석 되었다.

키워드: 냉난방시스템, LCC, 오피스빌딩, 경제성 평가

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

1980년대 후반, 국민 생활수준의 향상과 더불어 건물 내에는 각종 냉방기기의 보급이 확산되기 시작하였다. 이로 인하여, 해마다 하절기만 되면 전력공급부족현상이 발생하게 되었다. 정부에서는 여름철에 공급이 과잉되는 유희가스를 활용하는 방안을 모색하였다. 이와 같은 상황에서 하절기 전력난 해소와 유희가스의 효율적인 활용을 위해 건물 냉난방시스템의 가장 합리적인 대안으로 등장하게 된 시스템이 흡수식 냉온수 유닛(이하 : 냉온수 유닛)이다.

현재 냉온수 유닛을 활용한 냉난방시스템은 일반 오피스빌딩을 비롯하여 병원, 호텔, 백화점, 지하철역사 등 다양한 대형건물에 적용되고 있다. 냉온수 유닛의 설치 유형은 냉난방 설계용량에 대해 단일기기로 설치하거나 유지관리시의 용이성을 고려하여 분할설치(균등분할), 분할설치(차등분할)로 두 대의 기기를 설치하는 것이 일반적이다(오피스 빌딩의 경우 대부분 기계실 면적의 제한으로 인해 두 대 이상의 분할은 실시하지 않음). 그러나 국내 대부분의 유닛 설계 시 짧은 설계 기간과 냉온수 유닛의 유지관리비에 대한 인식부족으로 체계적인 LCC(Life Cycle Cost : 이하 LCC) 분석을 실시하지 않은 채 설비설계가 이루어지고 있으며 또한, 기존의 선행연구들은 단일시스템에 대한 설치유형의 변화를 고려하지 못하였다. 그리고 실제 운영 상태에서 보면 단일설치와 분할설치의 LCC비용의 차이가 상이한 것으로 조사되었다. 따라서 건물의 냉온수 유닛 설계 시에 경제성을 고려하여 LCC적 개념을 도입한 적정 설치 유형의 선정이 필요하다. 본 연구에서는 냉온수 유닛을 냉난방시스템으로 운영하고 있는 사례 건물들을 대상으로 LCC분석 기법을 활용하여 냉난방 설계용량에 대한 설치 유형(설계용량에 대한 단일기설치 유

* 학생회원, 중앙대학교 건축공학과 대학원생, cemmoon@empas.com

** 일반회원, 중앙대학교 건설경영관리학과, centurycna@naver.com

*** 종신회원, 중앙대학교 건축공학과 교수(교신저자), yongsu@cau.ac.kr

※ 본 논문은 2005년도 중앙대학교 학술연구비(일반연구비)지원에 의한 것임.

형·분할설치 유형)에 따른 경제성 평가를 실시하고자 한다.

이와 같은 본 연구의 목적을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

- 1) 냉온수 유닛에 대한 분석용 사례를 선정하고 LCC 분석을 한 후 설치 유형별로 LCC를 예측한다.
- 2) 상기의 분석 결과를 바탕으로 설치 유형별 경제성 평가를 실시한다.

1.2 연구의 절차 및 방법

본 연구는 다음 그림 1과 같은 절차 및 방법에 따라 진행된다.

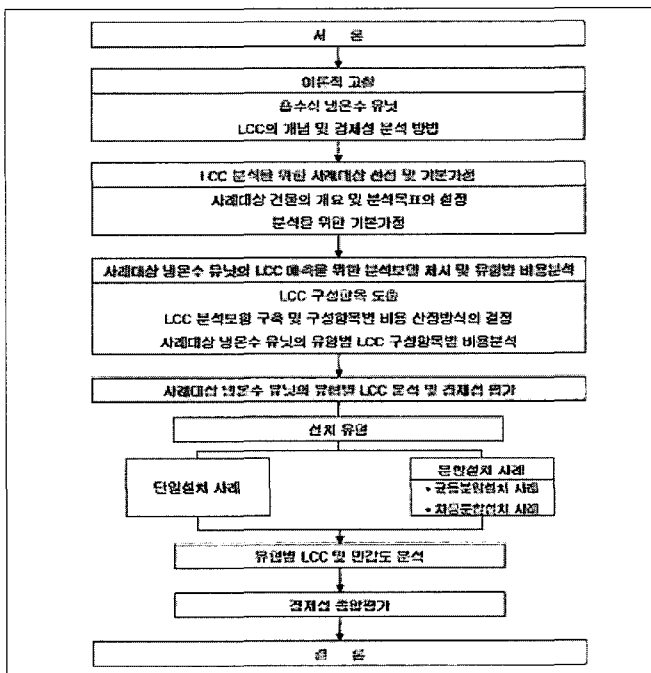


그림 1. 연구의 절차

상기의 그림 1과 같은 본 연구의 절차를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

첫째, 흡수식 냉온수 유닛과 LCC 개념 및 경제성 분석 방법에 대한 이론적 고찰을 실시한다.

둘째, LCC 분석을 위한 사례대상 및 LCC 구성항목들을 선정하고, 분석목표와 분석을 위한 기본 가정사항을 설정한다.

셋째, 사례대상 냉온수 유닛의 LCC 분석 모형을 구축하고, 유형별 LCC 구성항목의 비용을 분석한다.

넷째, 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 LCC 분석과 민감도 분석을 통하여 경제성 평가를 실시하고 결론을 도출한다.

1.3 선행연구의 고찰

현재까지 국내에서 수행되어온 냉난방시스템의 경제성 분석에 관한 연구들은 개별식과 중앙식 냉난방시스템으로 분류하거나, 열원의 종류 및 냉난방시스템종류별로 분류하여 경제성 분석을 실시하였다. 이러한 선행연구들은 '부산지역 학교 건물의 냉난방시스템 선정을 위한 EHP와 GHP의 라이프 사이클 코스트 분석에 관한 연구' (정순성, 2003), '라이프 사이클 코스트 분석을 이용한 냉열원 방식의 경제성 평가' (박민용, 1998), 'LCC 기법을 이용한 오피스텔의 열원계획에 관한 연구' (윤병호, 1998) 등이 있다. 그러나 대부분 유지관리비 산정 시에 실제 데이터보다는 사용시간을 가정하여 설비기기의 제원을 토대로 비용을 예측하여 분석을 실시하였다. 따라서 본 연구에서는 냉온수 유닛을 냉난방시스템으로 운영하고 있는 사례 건물들을 대상으로 LCC분석 기법을 활용하여 냉난방 설계용량에 대한 설치 유형에 따른 경제성 평가를 실시하고자 한다.

2. 흡수식 냉온수 유닛의 이론적 고찰 및 경제성 분석 방법

2.1 흡수식 냉온수 유닛

가스 흡수식 냉온수 유닛은 전기와 도시가스의 계절별 수요 불균형을 해소할 수 있으며, 운전비가 동급의 전기식 멀티 에어 컨에 비해 저렴하기 때문에 수요 확대가 크게 기대되는 냉난방 시스템 방식이다.

2.1.1 냉온수 유닛의 구조 및 원리

(1) 냉온수 유닛의 구조

냉온수 유닛은 크게 본체부와 외장부로 나뉘며, 본체부는 재생기, 응축기, 증발기, 열교환기 등의 장치로 구성되고 외장부는 냉각탑, 시스템, 냉각수 펌프, 냉온수 펌프, 버너부, 안전장치 등으로 구성된다.

(2) 냉온수 유닛의 운전 원리

가스 흡수식 냉온수 유닛은 도시가스를 연료로 사용하여 한대의 기기로 하절기에는 냉방운전을 하고 동절기에는 난방운전을 하는 장치이다.

냉매와 흡수제로 각각 물(H₂O)과 브롬화리튬(LiBr) 수용액을 사용하며, 도시가스의 연소열에 의해 냉매를 발생시켜 냉방운전을 실시한다.

2.1.2 냉온수 유닛의 특징

냉온수 유닛의 특징은 다음의 표 1과 같다.

표 1. 냉온수 유닛의 특징

일반적 특징	기술적 특징
<ul style="list-style-type: none"> • 도시가스를 열원으로 사용 • 환경 친화적 • 운전비용 절감 	<ul style="list-style-type: none"> • 한대의 기기로 냉방/난방/급탕 가능 • 복사난방 가능 • 살균기능 • 리모컨 방식의 냉난방 운전 • 부하대응 변동제어 • 저소음/저진동

2.2 LCC의 개념 및 경제성 분석 방법

2.2.1 LCC의 개념

건축물은 일반적으로 대부분의 공업상품에 비해 생산기간이 길고 사용기간도 수십년에서 수백년에 이를 정도로 매우 긴 Life Cycle (수명주기: 이하 LC) 상의 특징을 가지고 있다. 여기서 건축물의 LC란, 건축물의 계획단계(Planning)에서 부터 폐기처분단계(Demolition)까지의 모든 단계를 의미한다. 즉, 건축물의 LCC는 건축물의 수명주기 동안에 발생하는 모든 비용 즉 계획, 설계, 시공, 운영 및 폐기처분 등에 소요되는 총 비용을 지칭한다¹⁾. 일반적으로 LCC는 다음과 같이 표기될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 LCC &: \text{Summation of Total Costs during LC} \\
 &= \Sigma(\text{Total Costs during LC}) \\
 &= \text{Planning Cost} + \text{Design Cost} + \text{Construction Cost} \\
 &\quad + \text{Running Cost} + \text{Demolition Cost}
 \end{aligned}$$

2.2.2 분석기간

분석기간은 LCC 분석 대상 건물 또는 시설물의 수명주기를 얼마동안으로 산정할 것인가에 대한 가정이다. 분석기간의 가정에는 시설물 또는 시설물 부품의 수명에 대한 고려가 필요하다. 그리고 건축물의 각종 수명에 관해 한국감정원(유형고정자산 내

용연수표)은 각종 자산(공작물, 기계설비, 기타 동산)의 감정평가목적으로 이들 자산이 경제성과 효용성을 유지하는 기간인 경제적 내용연수를 규정하고 있다²⁾.

2.2.3 할인율

LCC 분석에는 미래의 발생비용을 현재의 가치로 환산하는 과정을 포함한다. 이때 할인율을 적용하게 되는데 할인율을 적용하는 이유는, 화폐는 시간이 지나면 그 가치도 변화하는 특성을 가지고 있기 때문이다.

2.2.4 경제성 분석 방법

수명주기비용을 산출하기 위해서는 현재의 비용과 미래의 비용을 모두 공통의 동일시점으로 환산해야 한다. 이러한 시간적 가치를 동일하게 산정하는 방법을 등가환산이라고 하며, 여기에는 현재가치법과 연등가액법이 있다³⁾.

3. LCC 분석을 위한 사례대상 선정 및 기본가정

3.1 사례대상 건물의 개요 및 분석목표의 설정

냉온수 유닛의 설치 유형은 냉난방 설계용량에 대해 단일기기로 설치하거나 유지관리시의 용이성을 고려하여 분할(균등분할, 차등분할)로 두 대의 기기를 설치하는 것이 일반적이다(오피스 빌딩의 경우 대부분 기계실 면적의 제한으로 인해 두 대 이상의 분할은 실시하지 않음). 현재까지는 기계실의 면적이나 유지관리시의 용이성만을 고려하여 선정되어 왔다. 위의 세 가지 대안들에 대해 실적자료와 견적자료 등을 토대로 LCC 분석 기법을 이용한 경제성 평가를 실시하고자 한다. 이를 위하여 단일설치 사례와 분할설치 사례인 균등분할설치 사례, 차등분할설치 사례를 조사하여 냉온수 유닛에 대한 분석용 사례를 다음 표 2, 3, 4와 같이 선정하였다. (사례대상 선정 시 냉난방면적 7,000㎡ ~9,500㎡ 사이의 것을 택하였고, 이러한 범위에서 단위면적당 냉난방 효율에는 큰 차이가 없는 것으로 판단됨)

1) Yong-Su Kim, "The Development and Application of a Probabilistic Model for Risk Analysis of Life Cycle Cost Predictions: For Apartment Buildings Constructed by the Korea National Housing Corporation in Seoul," Ph.D. Dissertation, The University of New South Wales at Sydney, New South Wales, Australia, 1994. p.14.

2) 유승일, LCC 기법을 이용한 고층아파트 건물의 총 소요비용 예측 및 손실비용 추정에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 2000. 6. p.22.
 3) 김용수, 김동현, LCC 기법을 이용한 저층 상가건물(5-6층)의 소요비용 예측 및 초기 공사비와 운영관리비 비교에 관한 연구, 환경과학연구, 중앙대 건설환경연구소, 제9집, 1998. 8. p.181.

표 2. 단일설치사레 건물의 개요

구 분	내 용
위 치	서울시 강남구
지역지구	일반상업지역, 1종미관지구
대지면적	943㎡ (285.75평)
연 면 적	10,659㎡ (3,230평)
건축면적	546㎡ (165.45평)
냉난방면적	8,604㎡(2,607.27평)
층 고	4m
설계용량	372RT
설치용량	360RT×1set
열 원	도시가스
구 조	철골구조
건축규모	지하 5층, 지상 15층

표 3. 균등분할설치사레 건물의 개요

구 분	내 용
위 치	서울시 강남구
지역지구	일반상업지역, 1종미관지구
대지면적	1,010㎡ (306.06평)
연 면 적	15,045㎡ (4,509.09평)
건축면적	650㎡ (196.96평)
냉난방면적	9,320㎡(2,824.24평)
층 고	4m설계용량403RT
설치용량	200RT×2set
열 원	도시가스
구 조	철근콘크리트구조
건축규모	지하 6층, 지상 19층

표 4. 차등분할설치사레 건물의 개요

구 분	내 용
위 치	서울시 강남구
지역지구	중심상업지역, 1종미관지구
대지면적	1,371㎡ (399.09평)
연 면 적	20,997㎡ (6,362.72평)
건축면적	718㎡ (217.57평)
냉난방면적	7,431㎡(2,251.81평)
층 고	4m설계용량322RT
설치용량	(140RT×1set)+(170RT×1set)
열 원	도시가스
구 조	철근콘크리트 구조
건축규모	지하 7층, 지상 30층

하는 것이기 때문에 할인율, 분석기간 등에 관한 가정이 선행되어야 한다.

3.2.1 분석기간

본 연구에서는 냉온수 유닛의 LCC 분석기간을 설정하고자 자료 조사를 실시하고 냉온수 유닛 관리를 담당하는 실무 전문가들을 대상으로 인터뷰를 실시하였다. 그 결과 실제로는 유지관리의 효율성에 따라 약 15년의 수명을 갖고 있는 것으로 조사되었고, 실제 10년 이상 사용하고 있었다. 이에 본 연구에서는 냉온수 유닛의 LCC 분석기간을 15년으로 설정하였다.

3.2.2 할인율

LCC 분석에서의 할인율은 미래에 발생할 현금을 현재 가치로 환산할 때 사용되는 것으로서, 현 시점의 이자율, 소비자 물가지수 그리고 물가상승률(소비자 물가지수 등락률) 등을 고려해야 한다⁴⁾. 이에 본 연구에서는 물가상승률과 정기예금금리를 조사하여 이를 바탕으로 한 실질할인율을 산정하고 이를 다음의 표 5와 같이 적용하고자 한다.

표 5. 연도별 정기예금 금리 및 실질할인율

연도	정기예금금리(%)	소비자물가지수	물가상승률(%)	실질할인률(%)
1993	8.50	74.20	4.80	3.53
1994	10.00	78.80	6.20	3.58
1995	10.00	82.30	4.44	5.32
1996	9.00	86.40	4.98	3.83
1997	10.59	90.20	4.40	5.93
1998	13.39	97.00	7.54	5.44
1999	7.05	97.80	0.82	6.17
2000	7.08	100.00	2.25	4.72
2001	5.46	104.10	4.10	1.31
2002	4.71	106.90	2.69	1.97
2003	4.15	110.70	3.55	0.57
평균	8.18	93.49	4.16	3.85

- 소비자 물가지수는 2000년을 100으로 기준한 것임.
- 1993년 금리자유화 실시 이후의 정기예금금리 사용
- 정기예금 금리, 소비자 물가지수 : 한국은행, 경제통계연감, 2004

3.2 분석을 위한 기본 가정

LCC 분석은 설비 및 시설물의 미래를 대상으로 비용을 예측

4) 김용수, 시뮬레이션 모델을 이용한 근린 사무소 건물의 Life Cycle Cost 예측 및 교체수선 전략에 관한 사례연구(I), 대한건축학회 논문집, 1994. 12

4. 사례대상 냉온수 유닛의 LCC 예측을 위한 분석 모델 및 유형별 비용분석 방법

4.1 LCC 구성항목 도출

냉난방시스템의 LCC 구성항목에 대한 문헌조사 결과 'LCC 기법을 이용한 신기술 냉난방 공조설비 시스템의 경제성 분석에 관한 사례연구' (황성수, 2003)에서는 LCC 구성항목을 초기투자비, 유지관리비, 해체·폐기비로 분류하였다. 이에 본 연구에서는 위와 같은 조사 결과를 토대로 건물 냉난방시스템의 유지관리를 담당하는 실무전문가들과의 인터뷰를 통하여 사례대상 냉온수 유닛의 Life Cycle 동안에 발생할 비용을 조사하고 LCC 항목을 다음의 표 6과 같이 도출하였다.

표 6. 사례대상 냉온수 유닛의 LCC 구성항목 및 세부항목

대분류	중분류	소분류
초기투자비	재료비+노무비	냉동기설치비
		냉각탑설치비
		펌프설치비
유지관리비	교체·수선비	세관작업, 추기펌프 보링, 오일교환, 벨트교환
	에너지비	가스에너지비 전기에너지비
해체비	노무비+폐기비+잔존가치	

4.2 LCC 분석모형 구축 및 구성항목별 비용 산정방식의 결정

본 연구에서는 앞에서 도출된 구성항목을 기본으로 2004년을 기준으로 설정된 분석기간(15년)까지의 LCC를 설계용량에 대한 단일설치, 분할설치(균등분할, 차등분할) 등의 유형별로 분석하고자 한다.

다음의 그림 2에서 보는 바와 같이 각 유형별 초기투자비와 유지관리비 및 해체비를 바탕으로 누적 LCC(할인비용, 불변비용)를 산정한다. 이후 대안별 누적 LCC(할인비용)를 연등가액(할인비용)으로 환산하고 이를 냉난방면적 m²당 LCC(할인비용)으로 산정하여 상호 비교하고자 한다. 그러나 m²당 비용은 경제적 효과를 이해하는데 어려움이 있다. 따라서 100m²(약 33.3평)당 비용으로 기준을 산정하였다. 또한, 본 사례의 LCC 구성항목 및 비용 산정 방법은 다음 표 7과 같다.

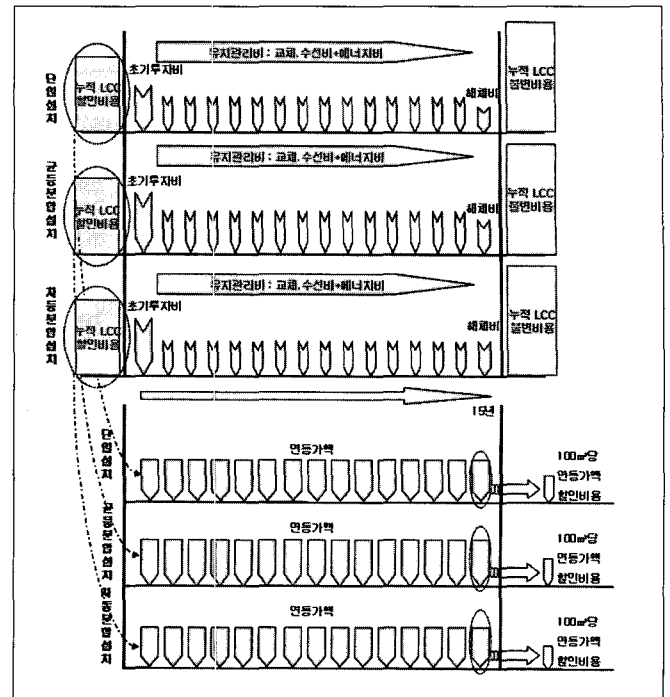


그림 2. 냉온수 유닛 설치 유형별 LCC 분석 모형

표 7. LCC 구성항목의 비용 산정 방법

대분류	중분류	소분류	비용 산정 방법
초기투자비	재료비+노무비	냉동기설치비	냉온수 유닛 설치 업체의 견적자료 활용
		냉각탑설치비	
		펌프설치비	
유지관리비	교체·수선비	세관작업, 추기펌프 보링, 오일교환, 벨트교환	사례 대상 냉온수 유닛 관리 실적자료 활용
		에너지비	가스에너지비 전기에너지비
해체비	노무비+폐기비+잔존가치		냉온수 유닛 설치 업체의 견적자료 활용

4.3 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 설치 제원

4.3.1 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 제원

사례대상 냉온수 유닛의 유형별 LCC 구성항목의 비용분석을 위하여 설치 제원을 조사하였고, 이를 정리하면 다음의 표 8과 같다.

표 8. 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 설치 제원

항목 사례	단일설치 사례		균등분할설치 사례		차등분할설치 사례		
	수량	설치비용	수량	설치비용	수량	설치비용	
냉난방면적(㎡)	8,604		9,320		7,431		
설계용량(RT)	372		403		322		
냉 동 기 출 력	냉방능력(RT)	360	200	200	140	170	
	난방능력(Kcal/h)	1,088,640	604,800	604,800	423,400	514,100	
	가스전원용량(Kw)	14	10.8	10.8	10.8	10.8	
	용액펌프(Kw)	4.5	3.7	3.7	3.7	3.7	
	냉매펌프(Kw)	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	
	버너송풍기(Kw)	4.0	2.2	2.2	1.5	1.5	
	진공펌프(Kw)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
	연료분무펌프(Kw)	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	
	가 스	최소소비량 고위발열량 (11,000Kcal/N ^m)	97.9	54.4	54.4	38.1	46.2
		N ^m /h 난방	122	64.1	64.1	44.9	54.5
냉 각 탑	용량(RT)	600	300	300	200	300	
	펌프(Kw)	15	7.5	7.5	5.5	7.5	
펌 프	냉각수펌프(Kw)	40	37		30		
	냉온수펌프(Kw)	30	30		20		

4.3.2 LCC 구성항목별 비용 조사 및 추정

(1) 초기투자비

사례대상 냉온수 유닛의 설치 유형별 초기투자비는 각 항목에 대한 설치비용을 재료비와 노무비를 포함하여 냉온수 유닛 설치업체의 2004년 기준 견적자료를 활용하였다. 이를 정리하면 다음의 표 9와 같다.

표 9. 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 초기투자비(2004년 기준)

항목	단일설치 사례		균등분할설치 사례		차등분할설치 사례	
	수량	설치비용	수량	설치비용	수량	설치비용
냉동기	360RT×1	147,000	200RT×2	210,000	140RT×1 170RT×1	84,000 97,600
	600RT×1 (15Kw×1)	27,500	300RT×2 (7.5Kw×2)	27,000	200RT×1 (5.5Kw×1) 300RT×1 (7.5Kw×1)	8,800 13,500
펌프	냉각수 (40Kw×1)	4,700	냉각수 (37Kw×1)	4,700	냉각수 (7.5Kw×2)	3,400 2,700
	냉온수 (30Kw×1)	4,200	냉온수 (30Kw×1)	4,200	냉온수 (15Kw×1) 냉온수 (10Kw×2)	4,000
총액	183,400		245,900		214,000	
100㎡당 금액	2,131		2,638		2,879	
냉난방면적(㎡)	8,604		9,320		7,431	
설계용량(RT)	372		403		322	

(2) 유지관리비

사례대상 냉온수 유닛의 설치 유형별 유지관리비는 에너지비로 구분된다. 교체·수선비는 해당 사례 건물의 관리 실적자료를 바탕으로 조사하였으며, 가스사용료는 연간(2004년 기준)사용량에 월별 요금을 적용하여 산정하였다. 또한, 전기사용료는 냉온수 유닛의 단일 계량기가 설치되어 있지 않은 이유로 조사된 가스사용량에 따른 월별 가동시간을 산정한 후 예상 사용량을 추정하고, 이에 월별 요금을 적용하여 산정하였다. 다음의 표 10은 사례대상 냉온수 유닛의 설치 유형별 가스사용료의 실적자료를 정리한 것이다.

표 10. 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 가스사용료(2004년 기준)

단위 : 천 원

월	단일설치 사례		균등분할설치 사례		차등분할설치 사례	
	사용량(㎡)	사용료(원)	사용량(㎡)	사용료(원)	사용량(㎡)	사용료(원)
1	19,576	9,866	17,933	9,038	14,133	7,123
2	9,599	4,837	14,763	7,440	12,067	6,081
3	5,348	2,695	11,298	5,694	8,709	4,389
4	229	115	2,062	1,039	2,309	1,163
5	1,221	317	1,573	408	809	210
6	7,307	1,899	13,543	3,521	9,380	2,438
7	11,917	3,098	29,174	7,585	14,189	3,689
8	13,959	3,629	16,375	4,257	15,232	3,960
9	5,470	1,422	9,407	2,445	5,927	1,541
10	106	53	2,302	1,160	483	243
11	6,073	3,060	7,172	3,614	9,774	4,926
12	10,783	5,434	15,434	7,778	14,121	7,116
합계	91,588	36,431	141,036	53,984	107,133	42,884
100㎡당	1,064	423	1,513	579	1,442	577

· 냉방요금 : ㎡/260원 - 적용 월 : 5, 6, 7, 8, 9월
 · 난방요금 : ㎡/504원 - 적용 월 : 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12 월
 ※ 참조: 대한도시가스주식회사 요금단가

다음으로 조사된 가스사용량에 따른 월별 가동시간을 산정하고 예상 전기 사용량을 추정하였다. 이에 월별 전기요금을 적용하여 전기사용료를 산정하였으며 그 결과는 다음의 표 11과 같다.

사례대상 냉온수 유닛의 유형별 관리 실적자료의 조사를 통한 교체·수선비와 상기의 과정을 통하여 산정된 가스 및 전기 에너지비를 정리하면 다음의 표12와 같다.

(3) 해체비

사례대상 냉온수 유닛의 설치 유형별 해체비는 노무비, 폐기비, 잔존가치로 구성된다. 이러한 해체비를 냉온수 유닛 설치업체의 견적자료(2004년 기준)를 활용하여 산정하였다. 이를 정리하면 다음의 표 13과 같다.

표 11. 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 전기사용료(2004년 기준)

단위: 천 원

월	단일설치 사례			균등분할설치 사례			차등분할설치 사례		
	가동 시간	사용량 (Kw)	사용료 (원)	가동 시간	사용량 (Kw)	사용료 (원)	가동 시간	사용량 (Kw)	사용료 (원)
1	160	6,458	905	140	6,505	959	142	4,706	744
2	79	3,167	691	115	5,355	885	121	4,018	700
3	44	1,764	600	88	4,098	803	88	2,900	627
4	2	76	490	16	748	531	23	769	532
5	12	1,188	558	14	1,424	572	10	730	530
6	75	7,109	919	124	12,261	1,233	111	8,468	1,002
7	122	11,594	1,548	268	26,412	2,905	168	12,809	1,659
8	143	13,581	1,730	151	14,825	1,843	181	13,750	1,745
9	56	5,322	810	86	8,516	1,005	70	5,350	812
10	1	35	488	18	763	535	5	161	496
11	50	2,004	616	56	2,378	640	98	3,255	697
12	88	3,558	716	120	5,117	818	142	4,702	791
합계	831	55,856	10,075	1,198	88,401	12,735	1,160	61,619	10,340
100㎡당		649	117		949	136		829	139

표 12. 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 연간 유지관리비(2004년 기준)

단위: 천 원

대분류	소분류		단일설치 사례		균등분할설치 사례		차등분할설치 사례	
			금액	100㎡당	금액	100㎡당	금액	100㎡당
유지관리비	교체수선비	세관작업, 추가펌프보링, 오일교환, 벨트교환	3,500	40	8,000	85	9,000	112
		에너지비	가스에너지비	36,431	423	53,984	579	42,884
		전기에너지비	10,075	117	12,735	136	10,340	139

표 13 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 해체비(2004년 기준)

단위: 천 원

대분류	중분류	단일설치 사례		균등분할설치 사례		차등분할설치 사례	
		금액	100㎡당	금액	100㎡당	금액	100㎡당
해체비	노무비+페기비+잔존가치	1,500	17	3,000	32	3,000	40

4.3.3 LCC 구성항목별 비용 입력 자료

사례대상 냉온수 유닛의 유형별 LCC 구성항목에 대한 비용분석을 실시한 결과를 정리하면 다음의 표 14와 같다. 본 연구에서는 이를 활용하여 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 LCC 분석을 실시하였다.

5. 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 LCC 분석 및 경제성 평가

5.1 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 LCC 분석 결과

표 14. LCC 구성항목의 비용 입력 자료(2004년 기준)

단위: 천 원

대분류	분류	단일설치 사례		균등분할설치 사례		차등분할설치 사례	
		금액	100㎡당	금액	100㎡당	금액	100㎡당
초기투자비	냉동기	147,000	1,708	210,000	2,253	181,600	2,443
	냉각탑	27,500	319	27,000	289	22,300	300
	펌프	8,900	103	8,900	95	10,100	135
유지관리비(매년 발생)	세관작업, 추가펌프 보링, 오일교환, 벨트교환	3,500	40	8,000	85	9,000	121
	가스에너지비	36,431	423	53,984	579	42,884	577
	전기에너지비	10,075	117	12,735	136	10,340	139
해체비	노무비+페기비+잔존가치	1,500	17	3,000	32	3,000	40

사례대상 냉온수 유닛의 설계용량에 대한 설치 유형별 기준면적(100㎡)당 LCC 구성항목의 분석결과를 불변비용으로 정리하면 다음의 표 15와 같다.

표 15. 냉온수 유닛의 설치 유형별 단위면적당 LCC 분석 결과(불변비용)

단위: 천 원

LCC 구성항목	단일설치 사례		균등분할설치 사례		차등분할설치 사례	
	불변비용		불변비용		불변비용	
	금액 (원/100㎡)	비율 (%)	금액 (원/100㎡)	비율 (%)	금액 (원/100㎡)	비율 (%)
초기투자비	2,131	19.61	2,638	17.95	2,879	18.60
유지관리비	8,718	80.22	12,025	81.83	12,560	81.14
해체비	17	0.16	32	0.22	40	0.26
총 LCC	10,867	100	14,696	100	15,480	100
총 LCC 비율 (단일설치 기준)	100%		135.24%		142.46%	

다음으로 사례대상 냉온수 유닛의 설계용량에 대한 설치 유형별 기준면적(100㎡)당 LCC 구성항목의 분석결과를 할인비용으로 정리하면 다음의 표 16과 같다.

각각의 설치 유형별 LCC(할인비용)구성과 LCC 누적분포를 그래프화하면 다음의 그림 3, 4와 같다.

5.2 사례대상 냉온수 유닛의 유형별 LCC 민감도 분석

본 연구에서 추정된 실질할인율 3.85%를 중심으로 0.85%에서 6.85%까지 할인율을 증감시켜 냉온수 유닛의 설치 유형별 기준면적당(100㎡) LCC의 변화를 예측하였다. 다음의 표 17은

표 16. 냉온수 유닛의 설치 유형별 단위면적당 LCC 분석 결과(할인비용)

단위: 천 원

LCC 구성항목	단일설치 사례		균등분할설치 사례		차등분할설치 사례	
	불변비용		불변비용		불변비용	
	금액 (원/100㎡)	비율 (%)	금액 (원/100㎡)	비율 (%)	금액 (원/100㎡)	비율 (%)
초기투자비	2,131	24.58	2,638	22.62	2,879	23.39
유지관리비	6,530	75.31	9,008	77.22	9,408	76.42
해체비	9	0.11	18	0.16	22	0.19
총 LCC	8,671	100	11,664	100	12,311	100
총 LCC 비율 (단일설치 기준)		100%		135.24%		142.46%

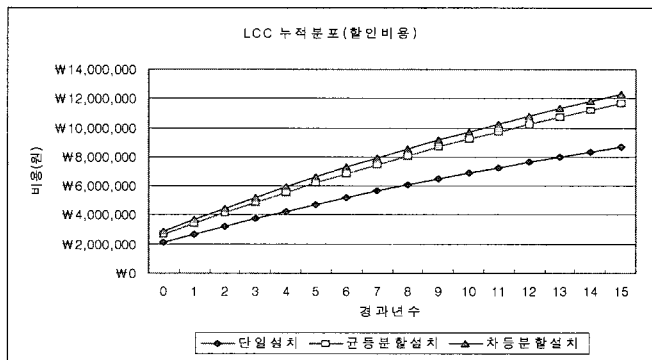


그림 3. 설치 유형별 LCC(할인비용) 누적 분포

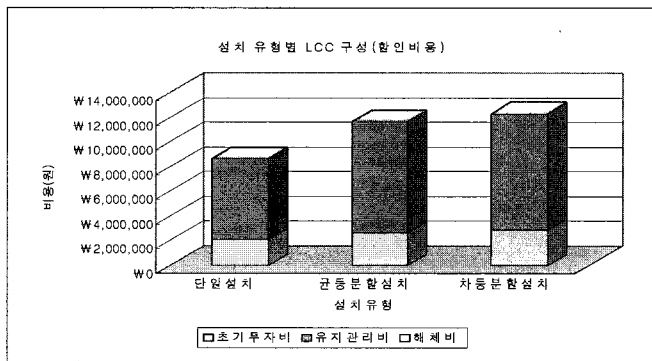


그림 4. 설치 유형별 LCC(할인비용) 구성

할인율의 변화에 따른 설치 유형들의 LCC를 나타낸 것이다. 이것을 그래프로 나타내면 다음의 그림 5와 같다.

다음의 표 17과 그림 5에서 보는 바와 같이 본 연구에서 가정된 할인율(0.85%~6.85%)내에서 단일설치 유형의 기준면적당(100㎡) LCC가 가장 적은 것으로 나타났다. 따라서 단일설치 유형이 세 가지 유형 중 가장 경제적인 대안으로 분석되었다. 5.1 절에서 분석된 바에 의하면 냉온수 유닛의 설치 유형별 LCC 중 가장 많은 비율은 차지하는 항목은 유지관리비로 나타났다. 그리고 설치 유형별 유지관리비의 약70%~75%를 가스 에너지비

표 17. 할인율의 변화에 따른 설치 유형별 LCC(할인비용)

단위: 천 원

대안 할인율	0.85%	1.85%	2.85%	3.85%	4.85%	5.85%	6.85%
단일설치 사례	10,299	9,697	9,157	8,671	8,234	7,839	7,482
균등분할설치 사례	13,912	13,080	12,335	11,664	11,060	10,515	10,021
차등분할설치 사례	14,661	13,791	13,012	12,311	11,680	11,110	10,594

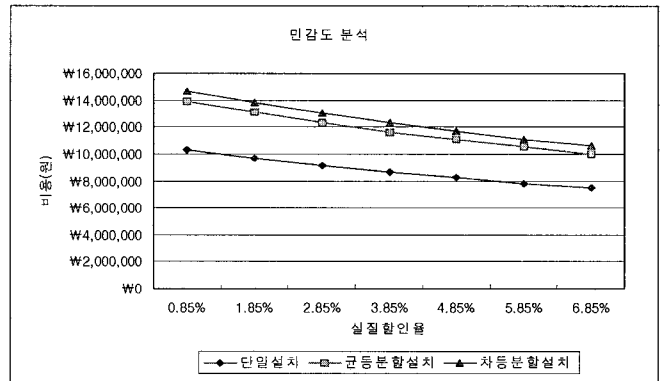


그림 5. 할인율의 변화에 따른 설치 유형별 LCC(할인비용)

가 차지하고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서는 가스사용량의 증감율(-20%~+20%)에 따른 민감도 분석을 실시하였으며, 이를 정리하면 다음의 표 18과 그림 6과 같다.

표 18. 할인율의 변화에 따른 설치 유형별 LCC(할인비용)

단위: 천 원

대안	가스사용량 감축	-20%	-10%	0%	+10%	+20%
단일 설치 사례		7,457	8,064	8,671	9,279	9,886
균등분할 설치 사례		10,056	10,860	11,664	12,315	13,273
차등분할 설치 사례		10,701	11,506	12,311	13,116	13,920

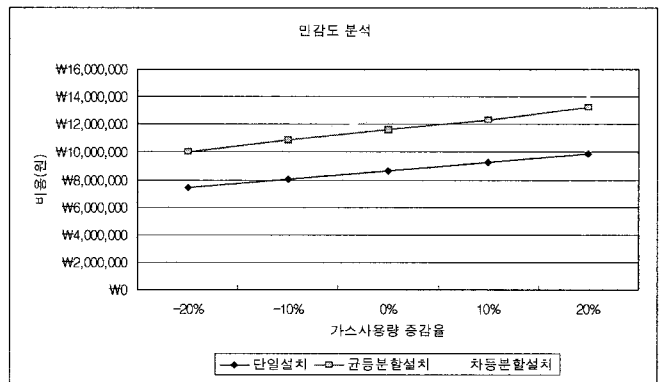


그림 6. 가스사용량의 증감율에 따른 설치 유형별 LCC(할인비용)

5.3 경제성 종합 평가

본 경제성 평가 방법은 각 대안들에 대한 기준면적당(100㎡) LCC 분석을 실시하여 각 대안들의 총 LCC(불변비용, 할인비용)를 산정하고 연등가액으로 환산하여 단일설치 유형을 기준으로 상호 비교하는 과정을 따랐다. 이에 대한 결과는 다음의 표 19와 같다.

표 19. 냉온수 유닛의 설치 유형별 경제성 평가

단위 : 천 원/100㎡

LCC 구성항목	단일설치 사례		균등분할설치 사례		차등분할설치 사례		
	불변비용	할인비용	불변비용	할인비용	불변비용	할인비용	
초기투자비	2,131	2,131	2,638	2,638	2,879	2,879	
유지관리비	8,718	6,530	12,025	9,008	12,560	9,408	
해체비	17	9	32	18	40	22	
총 LCC	10,867	8,671	14,696	11,664	15,480	12,311	
연등가액	724	771	979	1,038	1,032	1,095	
단일설치 기준	총 LCC 비율	100%	100%	135%	134%	142%	141%
	총 LCC 증감액	.	.	+3,829	+2,992	+4,613	+3,639
	연등가 증감액	.	.	+255	+266	+307	+323
분석기간	15년						
실질할인율	3.85%						

세 가지 설치 유형 중 단일설치 사례의 총 LCC(할인비용)가 8,671,806원으로 가장 경제적인 설치 유형으로 분석되었다. 또한, 단일설치 유형은 할인비용의 경우 균등분할설치 유형보다는 기준면적당(100㎡) 매년 266,371원(34%)의 비용 절감 효과가 있고, 차등분할설치 유형보다는 기준면적당(100㎡) 매년 323,916원(41%)의 비용 절감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 사례대상 건물의 냉난방면적이 7,000㎡ 이상인 것을 고려한다면, 매년 단일설치 유형이 균등분할설치 유형보다는 18,645,970원, 차등분할설치 유형보다는 22,647,120원의 비용 절감 효과가 있을 것으로 예상할 수 있다.

6. 결론

6.1 결론

본 연구는 사례대상 건물의 냉난방설계용량에 대한 냉온수 유닛의 설치 유형을 단일설치, 분할설치(균등분할, 차등분할) 등의 유형으로 구분하여 각각의 사례를 선정하고 LCC기법을 이용한

경제성 평가를 실시하고자 수행되었다. 이를 위하여 냉온수 유닛의 LCC 구성항목을 조사하고, 구성항목별 비용 자료를 조사하였다. 그리고 조사된 내용을 바탕으로 한 냉온수 유닛의 설치 유형별 LCC 분석을 하고, 각각의 설치 유형들에 대한 기준면적당(100㎡) LCC를 예측하였다. 위와 같은 과정을 통해 예측된 각 설치 유형별 LCC를 상호 비교·분석함으로써 경제성 평가를 실시하였다. 이와 같은 과정을 통해 수행한 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 냉온수 유닛의 설치 유형을 단일설치, 분할설치(균등분할, 차등분할) 사례를 사례대상으로 선정 하였다. 이들 사례들에 대한 LCC 구성항목에 대한 자료조사를 통하여 초기투자비(냉동기 설치비, 냉각탑 설치비, 펌프 설치비), 유지관리비(교체·수선비, 가스에너지비, 전기에너지비), 해체비(노무비, 폐기비, 잔존가치)를 고려한 LCC 분석을 4장에 제시하였다. 분석결과 단일설치 유형이 세 가지 유형 중 가장 경제적인 대안으로 분석되었다.

둘째, 상기의 분석 결과를 바탕으로 냉온수 유닛의 단일설치, 분할설치(균등분할, 차등분할) 등의 설치 유형에 따른 경제성 평가를 실시하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 단일설치 유형의 기준면적당(100㎡) 분석기간 15년 동안의 총 LCC(할인비용)는 8,671,806원으로 분석된 설치 유형 중에서 가장 낮게 나타났다.
- 사례대상 건물의 냉난방면적이 모두 7,000㎡ 이상인 것을 고려한다면, 단일설치 유형을 기준으로 균등분할설치 유형은 매년 18,645,970원, 차등분할설치 유형은 22,647,120원의 비용 증가가 있을 것으로 예상할 수 있다.

6.2 연구의 제약 및 연구방향

본 연구는 사례대상 건물의 냉난방설계용량에 대한 냉온수 유닛의 설치 유형을 구분하여 각각의 사례를 선정하고 LCC기법을 이용한 경제성 평가를 실시하고자 수행되었다. 그러나 대안에 대한 경제성 분석 및 평가를 위해서는 보다 많은 사례를 대상으로 분석을 실시하여야 하나 사례대상을 한정하여 일반화에 대한 한계를 지니고 있으며, 향후 연면적도 유사한 많은 샘플들의 고려가 필요하다. 또한, 유지관리 및 사용상의 편의성과 같은 정성적인 요인을 고려하지 못하였다. 그리고 LCC 분석을 실시함에 있어 에너지관리공단의 건물에너지 절약사업에 따른 소득세 공제 혜택, 설계장려금, 설치지원금과 같은 항목과 에너지비 산정시 각종 세금에 대한 고려가 이루어지지 못한 한계가 있다. 이에 향후 연구에서는 본 연구의 한계점이 보완된 자료들을 이용한 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. 김동현, 저층 상가건물(5-6층)에 대한 수명주기비용분석에 관한 사례연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 1998.
2. 김용수, 시뮬레이션 모델을 이용한 근린 사무소 건물의 Life Cycle Cost 예측 및 교체수선 전략에 관한 사례연구(I), 대한건축학회 논문집, 1994. 12.
3. 박민용, 라이프 사이클 코스트 기법을 이용한 냉열원 방식의 경제성 평가, 대한건축학회논문집 계획계, 1998.
4. 유승일, LCC 기법을 이용한 고층아파트 건물의 총 소요비용 예측 및 손실비용 추정에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 2000.
5. 윤병호, LCC 기법을 이용한 오피스텔의 열원계획에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위 논문, 1998
6. 정순성, 부산지역 학교건물의 냉난방시스템 선정을 위한 EHP와 GHP의 라이프 사이클 코스트 분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 2003
7. 한성현, 공동주택의 Life Cycle Cost 분석 및 예상 손실비용 산정에 관한 사례연구, 중앙대학교 석사학위논문, 2000.
8. Yong-Su, Kim, The Development and Application of a Probabilistic Model for Risk Analysis of Life Cycle Cost Predictions, Ph.D. Dissertation, The University of New South Wales, Australia, 1994.

논문제출일: 2006.03.23

심사완료일: 2006.05.10

Abstract

The purpose of this study is to execute economical analysis for two types of office building HVAC system using LCC technique : single vs, separated HVAC(equal partition installation, unequal partition installation) system. The research method of this study includes the case analysis and questionnaire surveys. The results of this study are as follows: (1) LCCs of 3 types of HVAC system are estimated and the most economical one is investigated as single HVAC system, (2) In this case study, the single HVAC system was investigated as 34% lower in LCC during 15 years per 100㎡ compared to equal partition installation, as 41% compared to unequal partition installation.

Keywords : HVAC system, LCC, Office Building, economical analysis