

냉방기기별 경제성 평가

김 영 일[†], 조 금 남^{*}

서울산업대학교 건축학부, *성균관대학교 기계공학부

Economic Evaluation of Various Cooling Systems

Youngil Kim[†], Keumnam Cho^{*}

School of Architecture, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea

**School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea*

ABSTRACT : In this study, medium capacity EHP and GHP for air-conditioning a building with a floor area of 1,200 m² are compared economically. To consider all the factors of initial and operation costs effectively, an annual equal payment method is proposed. For the initial cost, equipment, construction, installation, electric facility, financial subsidy and tax cut are considered. Basic electricity, energy(electricity and gas), space charge, labor, insurance and repair are considered for the operation cost. Under the assumptions made in this study, overall cost of EHP is less than that of GHP. However, different outcome may result if different assumptions are made. This study is useful for performing an economic evaluation of various air-conditioning systems.

Key words : Air-conditioning(공조), EHP(electric heat pump, 전기구동 열펌프), GHP(gas engine driven heat pump, 가스엔진구동 열펌프), Economic comparison(경제성 비교), Annual equal payment(연간균등부담)

기 호 설 명

- CDH : Cooling degree-hour [°Ch]
- COP : Coefficient of performance
- EHP : Electric heat pump
- GHP : Gas engine driven heat pump
- HDH : Heating degree-hour [°Ch]
- M : 월 [month]
- n* : 대출 기간 [year]
- P* : 대출 금액 [₩]
- r* : 연이율 [-]
- U_{total}* : 총열관류율 [kcal/(m²h°C)]
- ₩ : 한국의 화폐 단위 [₩]
- X_i* : *i*년째의 상환된 원금 [₩]

- Y_i* : *i*년째의 이자 부담금 [₩]
- Z* : 매년 균등하게 납부하는 금액 [₩]

1. 서론

본 연구에서는 연면적 1200 m²인 중용량 규모 건물(약 30 RT)의 냉방 및 난방을 위하여 EHP(electric heat pump)와 GHP(gas engine driven heat pump) 공조 방식의 경제성을 평가한다.

경제성 분석은 초기투자비와 유지관리비 2 가지 항목으로 분류한다. 초기투자비에는 장비비, 건축공사비, 설치공사비, 수전(受電)설비, 지원금, 세제 혜택 등이 고려된다. 유지관리비에는 기본 전력, 에너지 비용, 공간 사용료, 보험금, 수선비 등이 고려된다.

경제성 분석은 특성상 불확실성이 많이 내포된다. 예를 들어, 각 초기투자비 요인은 정해진 금액이 있는 것이 아니고 상황에 따라 큰 폭으로 변동할 수 있는 값이다. 지원금과 세제 혜택 제

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-970-6557; fax: +82-2-974-1480

E-mail address: yikim@snut.ac.kr

도도 계속 변한다. 유지관리비 역시 주관적인 요소가 많이 내포되어 있다. 본 연구에서 제시된 가정과 다르게 제안하여 계산하면 다른 결과도 도출될 수도 있다. 따라서 본 연구는 두 방식의 절대적인 경제성 우열보다는 분석 방법에 초점을 맞추고자 한다.

모든 자료(요금 제도 및 단가, 지원금, 세제 혜택 등)는 2008년 1월 1일 기준이다.

2. 경제성 비교 방법

주어진 초기투자비와 유지관리비에 대한 경제성 분석은 여러 방법이 사용되고 있다. 회수기간법은 투자로부터 얻은 수익을 투자액을 회수하는데 소요되는 기간을 비교하는 방법으로 편의상 이자는 무시하므로 사용이 간편한 반면 정확성은 다소 낮다.¹⁾ 보다 정확한 방법으로 LCC에 의한 경제성 분석이 제안되고 있으나 방법이 복잡하여 적용이 용이하지 않은 어려운 점이 있다.^{2,3)}

본 연구에서 제안하는 연간균등부담법은 초기투자비 전체를 대출 받은 후 매년 같은 금액을 기기의 수명이 종료될 때까지 상환한다고 가정한다. 매년 부담하는 금액은 원금 상환과 이자의 합이 된다. 초기에는 이자 부담이 많지만 점차로 감소되어 말기에는 원금 상환금이 많아지게 된다. 기기, 설비 또는 건축물의 수명은 동일할 필요가 없다. 각 대상별로 수명 기간까지만 원금 및 해당 이자를 상환하고 수명이 종료되면 새로 기기를 구입, 설치 또는 공사를 한다고 가정한다.

경제성 분석은 Table 1과 같이 초기투자비와 유지관리비로 분류한다. 현재의 금리 시세를 고려하여 모든 이자율은 6%라고 가정한다.

연간균등부담으로 P 금액을 n 년 동안 이자율 r 로 빌렸을 때 매년 균등한 금액으로 원금과 이자를 상환하는 계산 방법은 식 (1)-(3)과 같다.

$$X_i = (1+r)^{i-1}Z - r(1+r)^{i-1}P \quad (1)$$

$$Y_i = Z - X_i \quad (2)$$

$$Z = \frac{r(1+r)^n P}{(1+r)^n - 1} \quad (3)$$

2.1 장비비

장비비는 초기에 투자해야 하는 비용을 말하며 여기에는 각종 기기의 구입 비용이 포함된다. 기기의 가격은 절대적인 가격이 있는 것이 아니

Table 1 Factors considered for economic comparison

Initial cost	Operation cost
<ul style="list-style-type: none"> • Equipment • Construction • Installation • Electrical facility • Financial subsidy • Tax cut 	<ul style="list-style-type: none"> • Basic electricity • Energy (electricity, gas) • Space charge • Insurance • Repair

고 판매자와 구매자의 협의에 의하여 정해지는 것으로 매우 유동적이다. 따라서 공정하게 가격을 정하기 위하여 객관적인 방법이 필요한데 본 연구에서는 가격을 조사하기 위하여 널리 사용되는 되는 자료인 한국물가정보를 이용한다.⁴⁾ 일반적으로 물가정보에서 제시된 가격은 어느 정도의 할인을 제공하므로 관련자의 의견을 수렴하여 제시된 가격의 80%로 통일하였다.

2.2 건축공사비

열원 설비와 기타 기기를 설치하기 위해서는 바닥과 주변에 대한 공사가 필요하다. 필요 면적은 실제 기기 면적의 2배라고 가정하였다. 건축공사비는 100천원/m²라고 가정한다.

2.3 설치공사비

도시가스를 사용하는 경우 부지경계선에서 건물까지 도시가스설비가 시공되어야 한다. 여기에는 가스배관 외에 밸브와 계량기도 포함된다. 용량 30 RT GHP의 경우 요구되는 가스의 유량은 약 10 Nm³/h이다. 30 RT에 적절한 중압공급방식의 경우 가스의 압력을 조절하는 정압기(regulator)가 추가로 설치되어야 한다.

2.4 수전설비

전기를 사용하기 위해서는 변압기 등의 수전설비가 필요하며 수전설비 비용을 kW당 120천원이라고 가정한다.

2.5 지원금

가스냉방을 하는 경우 한국가스공사에서 재정적인 지원을 한다.

가스냉방을 하는 경우 소형 용량에 대하여 지원금 혜택이 많은데 그 이유는 소용량의 가스냉방 방식을 널리 보급하고자 함이다.

(1) 가스냉방 설치 지원금

- 대상: 2007년 1월 이후 천연가스를 이용하는 가스냉방설비를 설치하는 자
- 지원 내용
 - 5 RT 이하: 실외기 1 대당 1,500천원
 - 5-30 RT: 실외기 1 대당 500천원
 - 30 RT 초과: RT당 10천원 (한도 없음)

(2) 가스냉방 설계 장려금

- 대상: 신/개축 건물에 가스냉방 설비를 반영한 설비설계사무소
 - 지원 내용: RT당 10천원 (10,000천원 한도)
- (3) 에너지이용합리화 사업을 위한 자금 지원
- 대상: 가스냉방을 신/증설 또는 대체하고자 하는 건물주
 - 지원 내용: 실외기 설치투자비의 90% 이내 (3년 거치 5년 분할 상환, 현재 3.5% 변동금리)

2.6 세제 혜택

에너지절약시설 투자에 대한 세액공제(조세특례제한법 제25조의 2) 혜택이 있다.

- 대상: 내국인이 에너지절약시설에 2008년 12월 31일까지 투자하는 경우
- 지원 내용: 당해 투자액의 10%에 상당하는 금액을 과세연도의 법인세 또는 소득세에서 공제

2.7 전력 요금

전력요금은 한국전력 사이버지점 자료를 참조한다.⁵⁾ 전력요금은 기본요금과 사용요금의 합으로 계산된다. 기본요금은 최대 사용 전력을 예상하여 한국전력과 계약을 하는데 매달 납부한다. 본 연구에서는 일반용 전력(갑), 저압전력(110-380 V)를 사용하며, 2008년 1월 1일부터 적용되는 요금은 Table 2와 같다.

2.8 가스 요금

가스요금은 한국가스공사⁶⁾ 또는 한국도시가스협회⁷⁾ 자료를 참조한다. 2007년 11월 1일 새로 공고되었으며 지역마다 차등 적용된다. Table 3는 업무용, 서울 지역, 소매용 냉방 및 난방의 가스 요금을 나타낸다. 가스의 발열량은 10,500 kcal/Nm³라고 가정한다.

2.9 공간 사용료

설비를 설치하기 위하여 건물의 일부 공간을

Table 2 Electricity cost

Basic rate(₩/kW)		5,160
Consumption rate (₩/kWh)	Summer (Month 8, 9)	91.4
	Spring, Autumn (Month 4, 5, 6, 9)	60.9
	Winter (Month 10-3)	67.9

Table 3 Gas cost (Seoul, business rate)

	Gas cost (Won/Nm ³)
Cooling	363.79
Heating	669.89

사용하게 된다. 사용료는 공간을 임대한다는 개념으로 생각하였고, 그 단가는 인터넷 부동산 114를 참조하였다.⁸⁾ 서울시 강남구 삼성동에 위치한 사무용 건물을 기준으로 한다. 사무실 임대는 일반적으로 보증금을 맡기고 매월 월세를 부담한다. 보증금은 연 이자 6% 조건으로 대출받아 건물주에 납부하는 것으로 가정한다. 보증금에 월 임대료를 합하면 공간 사용료는 평균 239천원/(m²·년)이 된다. 이는 일반 사무실 공간에 해당하는 임대료이며 옥상인 경우 사무실 비용의 5%, 지하 기계실인 경우 15%라고 가정한다. 설비가 차지하는 면적은 실제 기기의 면적의 2배라고 가정한다.

2.11 보험료

보험료는 지원금을 제외한 초기투자비의 0.17%/년이라고 가정한다.

2.12 수선비

수선비는 일반적으로 기기 가격의 0.5-3.0%/년이며 제조업체와 설계사무실의 의견을 종합하여 결정하였다.

3. 냉방/난방 부하 및 기기 제원

적용 대상 건물은 4층 건물로 전체 연면적은 1,200 m²이다. Table 4는 건물의 사양 및 부하 조건을 나타낸다. 전력 요금은 계절에 따라 3가지(① 4, 5, 6, 9월, ② 7, 8월, ③ 10-3월)로 분류되므로 각각의 부하를 별도로 계산하였다. 기상데이터는 서울의 1991년부터 2000년까지 10년 동안의 평균값을 사용하였다. 표에서 제시된 냉방 및

Table 5 Specifications of EHP and GHP

	EHP	GHP
Cooling COP	2.3	1.0
Heating COP	1.8	1.2
Repair cost	0.75%	1.25%
Life expectancy	10 years	10 years

난방의 degree-hour는 잠열과 손실을 고려한 값이다. 냉방시 현열부하와 잠열부하의 비는 1, 냉방시 환기를 포함한 총손실은 50%, 난방시 총손실은 20%라고 가정하였다. 계산 결과, 냉방부하에 대한 난방부하의 비는 2.274이다.

기기의 효율은 Table 5와 같은 사양으로 가정한다. 수선비는 지원금을 제외한 초기투자비에 대한 비율을 의미한다. GHP는 엔진으로 구동하지만 EHP와 마찬가지로 수명을 10년으로 가정한다.

4. 경제성 분석

EHP와 GHP 각각에 대하여 초기투자비와 유지관리비를 계산하였다.

4.1 EHP

EHP는 국내 한 업체에서 생산하는 제품을 선정한다.

(1) 실외기 4대

크기: 1520 × 1280 × 730 mm³
 능력: 냉방 29 kW, 난방 32.6 kW
 소계 9,000천원/대 × 4대 = 36,000,000원

(2) 실내기 8대

실내기 #1(멀티V 냉난방 4 방향) × 6대
 크기: 288 × 840 × 840 mm³
 능력: 냉방 14.5 kW, 난방 16.3 kW
 가격: 1,300천원/대 × 6대 = 7,800,000원
 실내기 #2(단배관, 멀티V, 4 방향) × 2대
 크기: 288 × 840 × 840 mm³
 능력: 냉방 11 kW, 난방 12.4 kW
 가격: 1,000천원/대 × 2대 = 2,000,000원
 소계 9,800,000원

(3) 기타 장비

실내 제어기는 실내기 수대로 필요하므로 총 8대가 필요하다.
 가격: 40천원 × 8대 = 320,000원

Table 6 Electricity cost of EHP

	Load (Mcal)	Elec. (MWh)	Rate (₩/kWh)	Cost (₩)
Cooling (M 4,5,6,9)	22,852	11,547	60.9	703,237
Cooling (M 7,8)	54,092	27,334	91.4	2,498,298
Cooling (M 10-3)	387	196	67.9	13,276
Cooling total	77,331	39,077	-	3,214,811
Heating total	175,831	113,531	67.9	7,708,731
Total	253,163	152,607	-	10,923,542

(4) 수전 설비

실외기는 50.4 kW, 실내기는 3.8 kW가 필요하므로 총 전력 소계는 54.2 kW이다.
 소계 54.2 kW × 120천원/kW = 6,504,000원

(5) 건축공사비

실외기는 4대이다.
 소계 100천원/대 × 4대 = 400,000원

(6) 설치 공사비

설치 공사비는 실외기 대당 500천원, 실내기 대당 850천원이다.
 실외기 500천원/대 × 4대 = 2,000,000원
 실내기 850천원/대 × 8대 = 6,800,000원
 소계 8,800,000원

(7) 지원금

EHP에 대한 지원금은 없다.

(8) 기계실 사용료

실외기 면적은 7.78 m²이다. 사용 면적은 실외기 면적의 2배이고, 옥상이므로 사무실 임대료의 5%라고 가정한다.
 소계 7.78m² × 239천원/m² × 5% × 2 = 185,999원

(9) 기본전력 비용

54.2kW × 5,160원/(kW·월) × 12월 = 3,356,064원

(10) 에너지 사용료

전력요금 단가는 월별로 다르므로 사용료는 Table 6과 같다.

(11) 보험료

소계 61,824천원 × 0.17% = 105,101원

(12) 수선비

수선비는 지원금을 제외한 초기투자비에 대하여 0.75%라고 가정한다.

소계 61,824천원 × 0.75% = 463,680원

(13) 수명

EHP의 수명은 Inoue의 자료를 참조하여 10년이라고 가정한다.⁹⁾

4.2 GHP

GHP는 국내 한 업체에서 수입한 일본 제품을 선정한다.

(1) 실외기 2대

능력: 냉방 56 kW, 난방 67 kW

소계 19,720천원/대 × 2대 = 39,440,000원

(2) 실내기

실내기는 EHP와 동일한 제품을 사용한다.

소계 9,800,000원

(3) 기타 장비

분기관 110천원 × 6대 = 660천원

유선리모콘 150천원 × 8대 = 1,200천원

중앙리모콘 675천원 × 1대 = 675천원

소계 2,535,000원

(4) 수전 설비

실외기는 3.72 kW, 실내기는 3.8 kW가 필요하므로 총 전력 소계는 7.44 kW이다.

소계 7.52 kW × 120천원/kW = 902,400원

(5) 설치 공사비

설치 공사비는 실외기 대당 1,000천원, 실내기 대당 850천원이다. GHP는 추가로 가스설비공사가 필요하며 건물내 설비와 부지경계선에서 건물까지의 건물외 설비로 구분된다. 건물내 설치비는 실외기 대당 200천원이라고 가정한다. 건물외 설비는 가스배관, 밸브, 계량기 등이 포함되며 도시가스공급업체에 의하면 저압공급방식의 유량 10 Nm³/h인 경우 공사비는 5,000천원으로 계산하는 것이 적절하다고 한다.

실외기 1,000천원/대 × 2대 = 2,000,000원

실내기 850천원/대 × 8대 = 6,800,000원

건물 내 가스설비 200천원/대 × 2대 = 400,000원

건물 외 가스설비 5,000,000원

소계 14,200,000원

(6) 건축공사비

실외기는 2대이다.

소계 100천원/대 × 2대 = 200,000원

(7) 지원금

Table 7 Electricity cost of GHP

	Load (Mcal)	Time (h)	Elec. (kWh)	Rate (₩/kWh)	Cost (₩)
A	22,852	309	2,295	60.9	139,775
B	54,092	730	5,433	91.4	496,561
C	387	5	39	67.9	2,639
Cool. total	77,331	1,044	7,767	-	638,975
Heat. total	175,831	1,984	14,921	67.9	1,013,153
Total	253,163	3,028	22,688	-	1,652,128

A: Cooling (M 4,5,6,9), B: Cooling (M 7,8)
C: Cooling (M 10-3)

Table 8 Gas cost of GHP

	Load (Mcal)	COP	Gas (m ³)	Rate (₩/m ³)	Cost (₩)
Cooling	77,331	10	7,365	363.79	2,679,273
Heating	175,831	1.2	13,955	669.89	9,348,230
Total	253,163		21,320		12,027,503

A: Cooling (M 4,5,6,9), B: Cooling (M 7,8)
C: Cooling (M 10-3)

가스냉방인 경우 한국가스공사에서 실외기 (5-30 RT) 대당 500천원의 지원금이 있다.

소계 500천원/대 × 2대 = 1,000,000원

(8) 기계설 사용료

실외기 면적은 3.89 m²이다.

소계 3.89m² × 239천원/m² × 5% × 2 = 78,000원

(9) 기본 전력 비용

7.52kW × 5,160원/(kW·월) × 12월 = 465,638원

(9) 에너지 사용료

전력요금 단가는 월별로 다르므로 전력 사용료는 Table 7과 같다.

가스 사용료는 Table 8과 같다.

(10) 보험료

소계 67,077천원 × 0.17% = 114,032원

(11) 수선비

수선비는 지원금을 제외한 초기투자비에 대하여 1.25%라고 가정한다.

소계 67,077천원 × 1.25% = 838,468원

(12) 수명

GHP는 엔진으로 구동하지만 EHP와 마찬가지로 수명을 10년이라고 가정한다.

Table 9 Economic comparison of EHP and GHP

	Item	EHP	GHP
Initial cost (₩)	Outdoor equip.	36,000,000	39,440,000
	Indoor equip.	9,800,000	9,800,000
	Misc. equip.	320,000	2,535,000
	Elec. facilities	6,504,000	902,400
	Installation	8,800,000	14,200,000
	Construction	400,000	200,000
	Finan. subsidy	0	-1,000,000
	Sum	61,824,000	66,077,400
Operation cost (₩)	Ann. payment	8,399,901	8,977,801
	Space charge	185,999	93,000
	Basic elec.	3,356,064	465,638
	Energy	10,923,542	13,679,631
	Labor	0	0
	Insurance	105,101	114,032
	Repair cost	463,680	838,468
	Sum	15,034,386	15,190,768
Total annual payment		23,434,287	24,168,569
Annual difference(₩)		-	+734,283

4.3 EHP와 GHP의 경제성 종합

중용량에 대한 경제성 비교를 Table 9에 요약하였다. 초기투자비와 유지관리비 모두 EHP가 유리하다. 유지관리비를 세부적으로 살펴보면 EHP는 기본전력요금 높고, 에너지 사용 비용은 최근 가스 단가가 많이 상승함에 따라 GHP가 오히려 더 높다. 최종 연간 부담액은 EHP가 23,434,287원, GHP가 24,168,569원으로 GHP의 연간 부담금이 734,283원 더 많다.

5. 결론

본 연구에서는 연면적 1,200 m²인 규모 건물의 대표적인 공조 시스템(약 30 RT) EHP와 GHP에 대하여 경제성 비교를 수행하였다.

(1) 경제성 비교에는 초기투자비와 유지관리비로 분류하였으며 각각에 모든 항목들이 포함될 수 있도록 하였다. 초기투자비에는 장비비, 건축공사비, 설치공사비, 수전설비, 지원금, 세제 지원이 포함된다. 유지관리비에는 기본전력요금, 에너지(전력, 가스) 사용료, 공간 사용료, 보험료, 수선비가 포함된다.

(2) 초기투자비를 새로 제안하는 연간균등부담법에 의해 매년 같은 금액을 상환한다고 가정하였다. 본 방법에서는 초기투자비 전체를 대출 받은 후 매년 같은 금액을 기기의 수명이 종료될

때까지 상환한다고 가정한다. 매년 부담하는 금액은 원금 상환과 이자의 합이 된다.

(3) 연간균등부담법은 적용이 용이하면서도 다양한 조건을 수용할 수 있는 경제성 분석 방법이다.

(4) 경제성 분석은 불확실성이 많아 절대적인 비교가 어렵다. 본 연구에서 제시하는 경제성 비교도 두 방식의 절대적인 경제성 우열보다는 분석 방법에 초점을 맞추고 있다.

(5) 본 연구의 가정을 적용하면 초기투자비와 유지관리비 모두 EHP가 유리하다. 종합적으로는 GHP의 연간 부담액이 EHP에 비하여 734천원 많으며 이 차는 3.1%에 해당한다. 그러나 다른 가정을 제안하여 계산하면 전혀 다른 결과가 도출될 수도 있다.

(6) GHP의 경제성이 EHP와 동일하기 위해서는 장비비 감소, 설치공사비 감소, 가스 단가의 감소 또는 지원금 증가 등이 필요하다.

참고 문헌

1. Yoo, I. G., 2006, Engineering Economy, Hyungseulsa.
2. Choe, S.-H., Cha, B.-J., Kim, S.-M. and Leigh, S.-B., 2002, A Study on optimized design decision of building service systems based on a life-cycle cost analysis, Journal of SAREK, Vol. 14, No. 2, pp. 134-139.
3. Kang, S.-J., Kim, Y.-K. and Lee, T.-W., 2007, An estimation of the economic life expectancy of the building service equipment with LCC analysis, Proceedings of the SAREK WAM, pp. 316-321.
4. Korea Price Information Corp., www.kpi.or.kr.
5. Korea Electric Power Corporation, Cyber Division, cyber.kepco.co.kr.
6. Korea Gas Company, www.kogas.or.kr, Customer Center, Natural gas cost information, Regional cost information,
7. Korea City Gas Association, www.citygas.or.kr, City gas introduction, Cost table.
8. Internet Realty 114, www.r114.co.kr.
9. Inoue, U., 2004, Handbook of Air-conditioning, Hanmi.