

# ESCO를 통한 노후 아파트의 개별난방 전환효과

Engineering handbook III



**박민웅**  
부산정보대학 건설계열 교수  
mypark@bit.ac.kr

## [1] 서론

1992년 에너지이용합리화법 22조에 의거하여 에너지절약전문기업(ESCO: Energy Service Company)이 삼성에버랜드를 시작으로 계속 증가하여 2001년 7월 현재 140개 업체에 이르고 있다. ESCO의 주요 투자시설은 건축전기설비측면에서 절전형 조명등 개체사업이 있으며 건축기계설비측면에서 고효율 냉난방기기 개체사업, 폐열회수 이용사업, 각종 에너지절약형시설 개체사업 등으로 ESCO사업은 건축기계설비가 차지하는 비중이 매우 크다.

1999년 11월부터 현재까지 에너지관리공단에서 발표된 ESCO 입찰공고를 살펴보면 입찰건수는 191개로서 건물유형별로 분류할 때 학교를 비롯한 교육시설이 약 62%로 가장 많이 차지하며 아파트는 11%, 기타 시설은 27%로 나타났다.

그 중에서 아파트에 관련된 ESCO사업은 고효율 조명기기 교체공사가 45%, 지역난방 전환공사가 25%, 폐열회수기 설치공사가 20%이며 나머지는 중앙난방에서 보일러 교체공사, 중앙난방에서 개별난방으로의 교체공사가 있다.

아직까지는 아파트에서 ESCO사업의 주종목이 고효율 조명기기 교체공사로 건축전기설비부문이 비중을 많이 차지하나 향후 노후화된 아파트의 열화(劣化) 때문에 개보수를 통한 보일러 및 배관의 교체로 난방방식의 효율개선 및 전환에 따른 건축기계설비부문의 ESCO사업은 증가될 전망이다.

노후아파트의 개선책으로는 크게 재건축과 리모델링(Remodeling)이 있으나 무분별한 재건축으로 인한 건물의 파괴는 건축자재 폐기물의 양산을 낳아 환경문제에 악영향을 줄 뿐만 아니라 국가적인 손실의 낭비라 볼 수 있기 때문에 건물 구조물의 상태와 안정성 평가에서 이상이 없다면 재

건축보다도 건물의 개보수를 ESCO 사업을 통해 리모델링을 함으로써 유지관리를 개선하는 방안이 환경적, 경제적인 측면에서 유리하다고 볼 수 있다.

국내 법인세법 시행규칙에 따르면 철근 콘크리트조 아파트 건물인 경우 내용연수는 50년으로 규정되어 있다. 반면 건물부속설비 중에서 난방설비의 내용연수는 10년으로 건물의 수명보다 매우 짧아 유지관리비가 많이 소요되기 때문에 효율적인 아파트의 유지관리가 요구되는 사항이다. 그러므로 노후 아파트의 개보수를 하기 위해 시스템을 설정할 경우 경제성 분석은 필요하다.

건축설비 시스템의 경우 경제적인 설계 대안 평가방법으로 과거에는 건축설비설계사무소에서 회수기간법이 주로 사용되었다.

그러나 회수기간법은 취득비(초기투자비) 및 그 이자가 언제쯤 회수가 끝나는가의 기준을 세우는 데는 유용하나 엄밀한 경제성, 유리성의 비교 판정에는 도움이 되지 않는다.

즉, 회수기간이 짧은 쪽의 안이 유리하다고 하는 보증은 꼭 있는 것은 아니기 때문이다. 최근 건설교통부의 '공공 건설사업 효율화 종합대책'에서 사업비 절감을 위해 생애주기비용 분석제도(LCC 기법)가 시행됨으로써 LCC 기법(Life Cycle Costing)은 경제적인 설계 대안 평가방법으로서 보편화 될 것으로 예상된다.

여기에서는 노후아파트의 사례조사를 통해 LCC 기법을 이용하여 개별난방방식에서의 전환 효과를 검토하고자 한다.

이에 따른 본 연구의 방법 및 범위는 다음과 같다. 첫째, 건축설비 시스템측면에서 LCC 기법에 필요한 라이프사이클 코스트의 요소와 인자, 산정 방법을 고찰하였다.

둘째, 노후화된 아파트의 난방방식을 ESCO를 통해 개보수 하기 위하여 사례조사를 하였다.

이에 따른 난방방식의 대안을 선정하기 위하여 중앙집중방식은 열원을 도시가스와 경유로 나누고, 개별방식은 열원을 도시가스로 분류하여 라이프사이클 코스트 기법에 의해 경제성을 평가하였다. 셋째, 에너지비를 산출하기 위해 중앙난방방식은 조사대상 아파트에서 기존에 사용되었던 연료소비량을 이용하여 환산하였으며, 신설되는 개별난방방식은 빈(bin)기상데이터를 분석하여 전부하운전 상당시간의 연료소비량으로 하였다.

## 2] 난방방식의 개보수 사례연구

### 2-1] 조사 개요

#### 2-1-1 열원시스템 현황

조사대상 아파트는 경남 창원시에 위치하며 준공 후 15년 이상이 되었으며 건물의 개요는 <표 1>과 같다. 본 조사아파트는 환경부고시 제1998-69호 「청정연료 등의 사용에 관한 고시」에 의하여 1998년 9월에 난방연료를 기존에 사용하던 B-C유에서 도시가스로 교체하였다.

이에 따라 중앙기계실에서는 기존에 사용하였던 공해방지시설 및 집진기가 철거되고 B-C유 저장탱크, 서비스탱크류도 철거되었으나 기계실내의 배관과 단지내의 배관은 교체가 되지 않은 상태이다.

열원시스템은 현재 도시가스를 사용하여 증기보일러에서 고압의 증기를 발생시켜 스팀헤터를 통해 중간기계실에 설치된 열교환기를 거쳐 급탕조와 난방순환수를 가열하여 난방과 급탕을 하는 중앙집중방식이다.

< 표 1 > 조사대상 아파트 건물개요

| 구분      | 내용                        | 비고            |
|---------|---------------------------|---------------|
| 준공연도    | 1984년 12월                 |               |
| 층수 및 동수 | 5층, 25개동                  |               |
| 연면적     | 90,593.90㎡                |               |
| 세대수     | 920세대                     |               |
| 중앙기계실   | 보일러 12t, 8t, 7t 각 1대      | 노동연관보일러       |
| 중간기계실   | 열교환기 8대, 응축수탱크 3대         | 3개소           |
| 연료사용량   | B-C유 : 1,812kl, 경유 : 72kl | 1996.7~1997.6 |

#### 2-1-2 열교환기 성능검토

표본조사로 아파트 25개동중 9개동 320세대에 대하여 열교환기의 성능을 조사하였다. 중간기계실에 설치된 열교환기는 약 15년이 경과되어 열교환기 배관내에 스케일의 발생으로 전열효율이 낮고 난방관 및 순환펌프류의 노후화로 누수가 발생하였다. 열교환기의 성능을 측정하기 위해 펌프의 토출측 배관에 초음파유량계를 설치하여 유속을 측정한 후 (1)식에 의해 열교환기의 온수유량을 산정하였다. 열교환기의 열량은 토출관과 환수관의 밸브에서 온수를 퇴수시켜 온도계로 2~3회 측정하여 (2)식에 의해 산정하였다.

$$Q_w = 0.047 \times d^2 \times V \quad \text{----- (1)}$$

$$Q_h = Q_w \times C \times \Delta t \times 60 \quad \text{----- (2)}$$

$Q_w$  : 열교환기 유량(LPM)

$d$  : 배관경(mm)

$v$  : 유속(m/s)

$Q_h$  : 열교환기 열량(kcal/h)

$C$  : 비열(kcal/kg · °C)

$\Delta t$  : 입출구온도차(°C)

열교환기의 성능을 측정된 결과 <표 2>에서와 같이 입구온도의 측정값은 설계값에 비해 6~8°C, 출구온도는 7~10°C 정도로 낮게 나타났다. 증기압은 증기공급헤터에서 측정값이 2.3kg/cm<sup>2</sup>·G로 설계값보다 다소 높은 반면 열교환기에서는 마찰손실의 증기로 인하여 0.2~0.8kg/cm<sup>2</sup>·G로 매우 낮아 열교환기 내에서 증기량이 부족함을 알 수 있었다.

열교환기의 전유량은 유량조절이 곤란하였으나 설계값에 비해 평균 90% 이상을 차지하여 양호한 편이었다. 그러나 설치된지 15년 이상이 된 열교환기의 전열효율은 약 75% 이하로 낮았으며, 특히 HX-3 열교환기에 의한 세대면적당 측정된 열량은 53.9kcal/m<sup>2</sup>h로 다른 동에 비해 열량이 적어 난방 설계온도값에 불만족을 나타내어 열교환기나 펌프, 배관류의 교체가 필요한 실정이었다.

< 표 2 > 열교환기 온도 및 증기압 측정결과

| 구분   | 입구온도(°C) |     | 출구온도(°C) |     | 증기압(kg/cm <sup>2</sup> ·G) |     | 비고                       |
|------|----------|-----|----------|-----|----------------------------|-----|--------------------------|
|      | 설계값      | 측정값 | 설계값      | 측정값 | 설계값                        | 측정값 |                          |
| HX-1 | 50       | 44  | 60       | 53  | 2.0                        | 0.2 | 증기헤더<br>설계:2.0<br>측정:2.3 |
| HX-2 | 50       | 42  | 60       | 51  | 2.0                        | 0.8 |                          |
| HX-3 | 50       | 43  | 60       | 50  | 2.0                        | -   |                          |

### 2-2] 난방방식 대안선정

노후화된 아파트의 난방방식을 개보수 할 경우에 대한 경제성을 분석하기 위하여 연료공급에 따른 난방방식의 대안을 다음으로 하였다.

- 제 1안 : 중앙난방방식(경유 사용)
- 제 2안 : 중앙난방방식(도시가스 사용)
- 제 3안 : 개별난방방식(도시가스 사용)

#### 2-2-1 중앙난방방식 교체공사비

조사대상 아파트의 중앙난방방식을 현 상태로 유지하여 노후화된 장비 및 배관을 교체할 경우에 대한 교체공사비를 산정하였다.

공사비 내역은 건축설비 적산프로그램인 「Easy-Tech 프로그램」을 사용하였으며 표준품 샘플과 물가자료(1999.9)를 기준으로 산출하였다.

공사내역기준에서 배관재질의 경우 증기관은 흑관, 난방관은 아연도금 강관으로 하였으며, 철거공사에서 장비 철거품은 장비의 재사용을 고려하지 않아 신설장비의 50%, 배관 철거품은 기존 배관 신설품의 50%를 적용하였다.

조사대상 아파트를 중앙난방방식으로 유지할 경우 장비설치공사와 기계실 및 단지 내 배관공사와 철거공사에 대한 재료비와 노무비의 산출내역은 <표 3>과 같다.

< 표 3 > 중앙난방방식 교체공사비

< 단위:천원 >

| 공종명         | 재료비     | 노무비     | 총액        |
|-------------|---------|---------|-----------|
| 1. 장비설치공사   | 418,042 | 21,238  | 439,280   |
| 중앙기계실       | 301,609 | 10,286  | 311,895   |
| 중간기계실       | 116,433 | 10,952  | 127,385   |
| 2. 기계실배관공사  | 146,026 | 82,216  | 228,242   |
| 중앙기계실       | 32,722  | 20,327  | 53,049    |
| 중간기계실       | 113,304 | 61,889  | 175,193   |
| 3. 단지내 배관공사 | 338,457 | 325,944 | 664,401   |
| 4. 철거공사     | 9,419   | 457,912 | 467,331   |
| 장비철거공사      | 193     | 6,439   | 6,632     |
| 배관철거공사      | 9,226   | 451,473 | 460,699   |
| 합계          | 911,944 | 887,310 | 1,799,254 |

#### 2-2-2 개별난방방식의 연료소비량

조사대상 아파트의 중앙난방방식을 개별난방(도시가스)으로 교체할 경우 아파트 평형에 따른 세대수와 보일러 용량, 보일러 연료소비량은 <표 4>와 같다. 보일러 연료소비량은 R 보일러 제조회사의 사양을 근거로 하였다.

< 표 4 > 평형별 세대당 도시가스 소비량

| 평형         | 세대수 | 보일러 용량 (kcal/h) | 보일러 연료 소비량 (Nm <sup>3</sup> /h) | 세대당 도시가스소비량(m <sup>3</sup> ) |       |       |      |         | 총도시가스 소비량 (m <sup>3</sup> ) |
|------------|-----|-----------------|---------------------------------|------------------------------|-------|-------|------|---------|-----------------------------|
|            |     |                 |                                 | 12월                          | 1월    | 2월    | 3월   | 합계      |                             |
| 19, 24, 28 | 610 | 20,000          | 2.38                            | 122.8                        | 330.3 | 130.0 | 34.3 | 617.4   | 376,614                     |
| 32, 35, 37 | 190 | 25,000          | 2.86                            | 147.6                        | 397.0 | 156.2 | 41.2 | 742.0   | 140,980                     |
| 43, 46     | 100 | 30,000          | 3.42                            | 176.5                        | 474.7 | 186.7 | 49.3 | 887.2   | 88,720                      |
| 59         | 20  | 35,000          | 3.95                            | 203.8                        | 548.3 | 215.7 | 56.9 | 1,024.7 | 20,494                      |

경남지역에 위치한 조사대상 아파트에서 난방기간동안의 월별 도시가스 연료예상소비량은 해당 지역의 기상데이터로 분석해야 하나 여기에서는 경남지역에 근접한 부산지역으로 대체하였다. 아파트 평형별 세대 당 연료예상소비량은 부산지역의 bin data에 의한 전부하 상당운전시간에 보일러 연료소비량을 곱하여 산출하였다. 본 조사대상 아파트의 중앙난방방식을 개별난방방식으로 교체할 경우 총 920세대에 대한 도시가스의 총 연료예상소비량의 산정결과 약 630,000m<sup>3</sup>으로 나타났다.

### 2-2-3 난방방식 대안별 에너지 비용

중앙난방방식은 조사대상 아파트에서 1996년 12월~1997년 3월 에 사용된 기존의 연료사용량(B-C유, 경유)을 환산하여 경유와 도시가스의 에너지 비용을 산정하였다. 개별난방방식은 전부하 상당운전시간에 의하여 구한 에너지 사용량에 개별난방용 도시가스 단가를 적용하여 에너지 비용을 산정하였다. 난방용 에너지 비용의 산정결과 도시가스를 이용하는 개별난방이 도시가스용 중앙난방방식에 비하여 약 1.5배, 경유용 중앙난방방식에 비하여 약 2.5배의 에너지 절감효과가 나타났다.

< 표 5 > 난방방식 대안별 에너지 비용

| 항목                | 대안 | 중앙난방<br>(경유)   | 중앙난방<br>(도시가스)            | 개별난방<br>(도시가스)                              |
|-------------------|----|--|---------------------------|---|
| 연료사용량<br>산출근거     |    | 사용기간: 1996.12~1997.3<br>B-C유: 1,059.9kℓ,<br>경유: 20.5kℓ |                           | bin data<br>전부하상당운전시간<br>(259.4시간)          |
| 발열량               |    | 9,200kcal/ℓ  | 10,500kcal/m <sup>3</sup> | 10,500kcal/m <sup>3</sup>                   |
| 연료(환산)<br>예상사용량   |    | 1,161,045 ℓ  | 1,017,296m <sup>3</sup>   | 626,808m <sup>3</sup>                       |
| 연료단가              |    | 593원/ℓ   | 416.50원/m <sup>3</sup>    | 12m <sup>3</sup> 초과: 427.76원/m <sup>3</sup> |
| 에너지비용<br>(단위: 천원) |    | 688,500  | 423,704                   | 268,123                                     |

### 2-2-4 중앙난방방식의 유지관리비

중앙난방방식에 대한 인건비를 포함한 일반관리비, 장비동력 및 수선비에 대한 연간 유지관리비는 <표 6>와 같다. 일반관리의 산출근거는 (사)한국건축물유지관리협회에서 제시한 건축물시설관리비

의 표준단가를 적용하였다. 장비동력비 및 수선유지비는 본 조사대상 아파트의 연간 평균 유지관리비를 근거로 하였다.

< 표 6 > 중앙난방방식의 연간유지 관리비

< 단위: 천원 >

| 구분      | 금액      | 비고                  |
|---------|---------|---------------------|
| 일반관리비   | 76,848  | 기계책임자 1명, 기능사 2명    |
| 장비동력비   | 25,860  | 장비기능사연간 동력비         |
| 장비수선유지비 | 15,000  | 보일러검사비, 세관비 등의 수선유지 |
| 합 계     | 117,708 | -                   |

### 2-3] 라이프사이클 코스트 기법에 의한 난방방식의 경제성 분석

#### 2-3-1 난방방식에 따른 건설비용

난방방식에 따른 건설비용은 <표 7>과 같다. 장비설치공사에서 중앙난방방식은 보일러 및 장비를 교체하고 철거비용까지 포함하였으며 개별난방방식은 세대용 가스보일러를 설치한 비용이다. 배관공사는 교체공사와 보수공사로 나누었다.

배관교체공사는 철거비를 포함하였으며 배관보수공사는 급탕관과 난방관 배관의 스케일을 제거한 후 에폭시라이닝을 도장한 것으로 현장조사 후 노후도가 심한 배관은 교체비용을 포함하였다. 도시가스를 중앙난방방식에서 사용할 경우 신설되는 배관은 정압기에서 보일러까지로 하였으며 개별난방방식은 아파트단지 내의 신설배관까지 포함하였다.

< 표 7 > 난방방식 대안별 건설비용

< 단위: 천원 >

| 구분             | 중앙난방<br>(경유)             | 중앙난방<br>(도시가스)           | 개별난방<br>(도시가스) | 비고              |        |
|----------------|--------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|--------|
| 장비설치공사         | 445,912                  | 445,912                  | 920,000        | 중앙난방:<br>철거비 포함 |        |
| 배관             | 교체공사                     | 1,353,342                | 1,353,342      | -               | 철거비 포함 |
|                | 보수공사                     | 792,650                  | 792,650        | -               | 에폭시라이닝 |
| 도시가스배관<br>신설공사 | -                        | 35,000                   | 100,000        |                 |        |
| 합계             | 1,799,254<br>(1,238,562) | 1,834,254<br>(1,273,562) | 1,020,000      | ( )은<br>배관보수공사  |        |

초기투자비에 해당되는 건설비가 가장 높은 방식은 배관까지 교체하는 도시가스용 중앙난방방식으로 개별난방방식보다 약 1.8배 높게 나타났다. 중앙난방방식에서 배관을 보수할 경우에는 교체공사비보다 약 45%의 건설비용을 절감할 수 있었다.

### 2-3-2 난방방식 대안별 경제성 분석

여기에서는 난방방식의 건설비, 에너지비, 운용관리비 등의 총비용을 산정하기 위해 현가법을 사용하였다.

라이프사이클 코스트에 포함되는 기획·설계비용은 난방방식에 따라 비용이 다르지 않기 때문에 대안이 모두 동일하다고 보고 기획·설계비용을 제외하였다. 또한 폐기·처분비용에서 난방시스템의 철거비와 매각비는 서로 상쇄한다고 가정하여 제외하였다. 라이프사이클 기간은 기계설비장비와 난방용 배관의 내용연수를 고려해서 15년(LCC<sub>15</sub>), 20년(LCC<sub>20</sub>)으로 하였다. 이 기간동안의

<표 8> 라이프사이클 15년 총비용 산정결과  
<단위:천원>

| 구분           | 중앙난방<br>(경유)               | 중앙난방<br>(도시가스)           | 개별난방<br>(도시가스) | 비고                   |
|--------------|----------------------------|--------------------------|----------------|----------------------|
| 장비설치         | 445,912                    | 445,912                  | 920,000        |                      |
| 배관           | 교체공사                       | 1,353,342                | -              |                      |
|              | 보수공사                       | 792,650                  | -              |                      |
| 도시가스<br>배관신설 | -                          | 35,000                   | 100,000        |                      |
| 소계           | 배관교체                       | 1,799,254                | 1,834,254      | 1,020,000            |
|              | 배관보수                       | 1,238,562                | 1,273,562      |                      |
| 에너지비         | 8,971,155                  | 5,520,863                | 3,493,643      | PWA=13.03            |
| 운전인건비        | 584,813                    | 584,813                  | -              | PWA=7.61             |
| 장비동력비        | 336,956                    | 336,956                  | -              | PWA=13.03            |
| 장비수선비        | 114,150                    | 114,150                  | -              | PWA=7.61             |
| 소계           | 1,035,919                  | 1,035,919                | -              |                      |
| 합계           | 11,806,328<br>(11,245,636) | 8,391,036<br>(7,830,344) | 4,513,643      | ( ) : 중앙난방<br>배관보수공사 |

이자율은 1984년~1997년 건설업의 차입금 평균 이자율 12.4%를 인용하여 연 12%로 하였으며 물가상승률은 연 10%, 에스캐레이션 레이트를 적용하는 에너지비 상승률은 연 10%로 가정하였다.

조사대상 건물인 난방방식에 따른 3가지 대안에 대하여 라이프사이클 15년이 경과한 시점에서 현가법에 의한 LCC<sub>15</sub>(Life Cycle 15년)의 총비용 산정결과는 <표 8>과 같다.

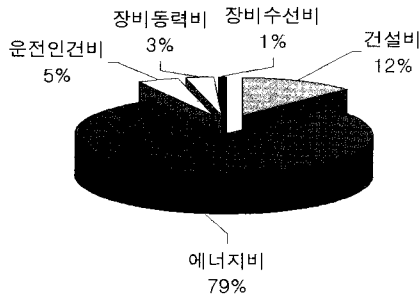
경유를 사용하는 중앙난방방식에서 건설비가 차지하는 비율은 약 15.2%, 에너지비는 약 76.0%, 유지관리비는 약 8.8%로 나타났다. 도시가스를 사용하는 중앙난방방식에서 건설비가 차지하는 비율은 약 21.9%, 에너지비는 약 65.8%, 유지관리비는 약 12.3%로 나타났다. 중앙난방방식에서 배관을 교체하지 않고 보수공사를 할 경우 15년이 경과된 시점에서 총비용은 약 5~7%의 절감효과를 보였다.

LCC<sub>20</sub>(Life Cycle 20년)일 때 경유를 사용하는 중앙난방방식에서 건설비가 차지하는 비율은 약 12.4%, 에너지비는 약 79.2%, 유지관리비는 약 8.4%로 나타났다. 도시가스를 사용하는 중앙난방방식에서 건설비가 차지하는 비율은 약 18.2%, 에

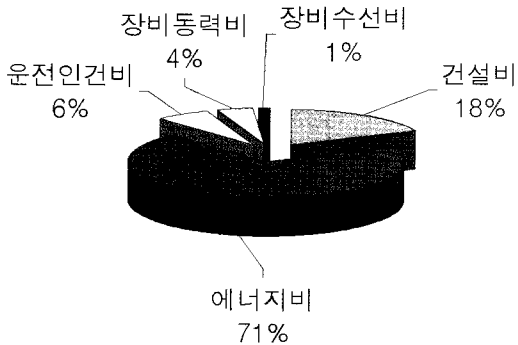
<표 9> 라이프사이클 20년 총비용 산정결과  
<단위:천원>

| 구분    | 중앙난방<br>(경유)               | 중앙난방<br>(도시가스)            | 개별난방<br>(도시가스) | 비고                   |
|-------|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|
| 건설비   | 배관교체                       | 1,799,254                 | 1,834,254      | 1,020,000            |
|       | 배관보수                       | 1,238,562                 | 1,273,562      |                      |
| 에너지비  | 11,456,640                 | 7,050,435                 | 4,461,567      | PWA=16.64            |
| 운전인건비 | 653,976                    | 653,976                   | -              | PWA=8.51             |
| 장비동력비 | 430,310                    | 430,310                   | -              | PWA=16.64            |
| 장비수선비 | 127,650                    | 127,650                   | -              | PWA=8.51             |
| 소계    | 1,211,936                  | 1,211,936                 | -              |                      |
| 합계    | 14,167,830<br>(13,907,138) | 10,096,625<br>(9,535,933) | 5,481,567      | ( ) : 중앙난방<br>배관보수공사 |

너지비는 약 69.8%, 유지관리비는 약 12.0%로 나타났다. 중앙난방 방식에서 배관을 교체하지 않고 보수공사를 할 경우 20년이 경과된 시점에서 총비용은 약 4~6%의 절감효과를 보였다.



<그림 1> 경유용 중앙난방방식 LCC<sub>20</sub> 산정결과



<그림 2> 도시가스용 중앙난방방식 LCC<sub>20</sub> 산정결과

난방시스템이 설치된 후 15년~20년이 경과되었을 때 총비용을 산정한 결과 가장 경제적인 난방방식은 개별난방방식으로 경유용 중앙난방방식보다 약 2.6배, 도시가스용 중앙난방방식보다 약 1.8 배 이상의 비용을 절감할 수 있었다.

## 3. 결론

노후아파트에서 난방방식을 ESCO 사업을 통해 경제성을 분석

한 결과는 다음과 같다.

(1) 라이프사이클 15년~20년의 산정결과 경제적인 난방방식의 순서는 도시가스용 개별난방, 도시가스용 중앙난방, 경유용 중앙난방방식 순으로 나타났으며 도시가스용 중앙난방방식을 개별난방으로 전환할 경우 향후 15년 이상일 때 약 30~40%의 비용절감효과를 보였다.

(2) 중앙난방시스템이 설치된 후 20년이 경과된 시점에서 경유를 사용할 때 건설비는 도시가스용 보다 적으나 에너지비를 포함한 운용·관리비용은 약 1.5배가 높은 것으로 나타났다.

(3) 중앙난방방식에서 배관을 교체하지 않고 배관보수공사를 할 경우 건설비는 약 45%가 절감되나 15년~20년이 경과된 시점에서 볼 때 약 5%의 절감효과를 나타내어 배관보수공사는 비용효율적인 측면에서 경제성이 매우 낮음을 알 수 있었다. ☞

## 참고문헌

1. 대한주택공사, 건물의 라이프 사이클 코스트 분석, 1989.10
2. 한국건설기술연구원, 건축물의 최적유지관리 모형개발(II), 1994.12
3. 박민용외 2인, 부산지역의 표준기상데이터에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제8권 제12호, 1992. 12
4. 박민용, 라이프사이클 코스트 기법을 이용한 냉열원방식의 경제성 평가, 대한건축학회논문집, 제14권 제10호, 1998. 10
5. 정순성, HVAC 시스템의 의사결정분석을 위한 LCC 영향도 다이어그램 개발에 관한 연구, 동아대학교 공학박사학위논문, 1999년
6. 김두천외 1인, 간이열부하계산용 bin기상데이터, 공기조화·냉동공학회지, 제17권 제1호, p.p.28~43, 1988. 2
7. 小川耕二, 라이프사이클코스팅의具體的 諸問題と設備のモダナイゼーション, BE建築設備, 1983. 10
8. 坂本縦一郎, 設備の 라이프사이클코스트 特徴と その重要性に關する 研究, 日本空衛, 1991.3
9. Grimm, Clay T., Ultimate cost of building walls, p.2, 1958
10. ASHRAE, 1989 Fundamentals, 1984 Systems
11. A.I.A, Life Cycle Cost Analysis: A Guide for Architects, 1973