

집단주택의 도시가스이용 개별난방과 중앙공급식난방의 장단점 비교

한국가스석유기기협회에서는 도시가스를 이용하고 있는 집단주택에 대한 개별난방과 중앙공급식난방의 장단점을 비교하도록 에너지경제연구원에 의뢰, 이에 대한 연구결과를 본지에서는 지난 4월호에 이어 이번호에 게재하기로 한다.



제3장 계층적 다기준 평가모형에 의한 공동주택 난방형태 평가

1. 서론

국내에 건설된 초기의 아파트들은 주로 연탄 아궁이를 사용하는 소규모의 집단주택들이었으나, 1970년대에 들어 아파트가 급격히 증가하고 고층화, 대규모 단지화되는 추세를 보이면서 난방방식도 불편도가 높은 연탄아궁이 방식에서 탈피, B-C유(혹은 경유)를 연료로 하는 중앙난방방식을 채택하는 경우가 증가했다. 당시 배관을 통한 가스의 공급이 거의 없던 시기로 이는 당연한 난방방식이라고 판단된다.

그러나 '70년대에 들어 두차레에 걸친 석유과 동기를 거치면서 중앙난방방식 아파트는 난방 비용 상승에 대처하고자 하는 소비자들의 욕구와 연료소비 감축을 위해 연속난방에서 간헐난방으로 전환이 일반화되었다. 이러한 열원공급 형식의 변화는 층별 난방 불균형, 중온수 및 고온수 난방 아파트의 예열 준비시간과의 과다, 설비용량의 비효율적 사용, 열공급시설에 대한 과다투자, 개별 소비자들의 욕구 무시, 난방비용 산정의 어려움, 계절별 보일러·운전제한으로 인한 주거공간의 쾌적도 감소 등과 같은 문제가 발생시키게 되었으며, 이는 결국 중앙난방방식이 갖는 장점을 삭감시켜 아파트의 난방방식에 대한 재검토의 필요성을 제기했다.

한편 에너지절약을 유도하는 정부의 정책(세대별 열관리 체계를 강조, 예를 들어 세대별 열량계 또는 온도조절장치의 설치 의무화 등)은 개별 가구단위의 에너지 수요관리가 갖는 중요성을 부각시킴으로서 집단주택의 개별 난방시스템의 역할이 새롭게 부각되었다. 또 6층이상의 건물에는 중앙난방식으로 난방시스템을 제한한 건축법 규제에서 공동주택이 제외된 점 등이 집단주택의 난방방식에 다양화를 가능하게 하는 계기가 되었다.

결국 에너지시장의 불확실성, 소비자의 라이프 스타일 변화 난방기술의 발전, 난방연료의 다양화 및 고급화, 환경문제의 대두, 건축규제의 완화 등의 이유로 1980년대에 들어서는 단독 난방방

식에 대한 관심이 높아졌으며, 최근 경유 단독 난방시스템을 갖춘 고층아파트가 등장하기까지 하고 있다.

이러한 아파트 난방방식의 다양화는 주택건설업체, 에너지정책 입안자, 주택 수요자의 선호, 건축규제, 난방시스템에 대한 안전규제 등이 합치되어 이루어지는 것으로 아파트 건설시에 다각적인 측면을 고려하여 주어진 제약하에서 합리적으로 난방형태를 선택해야 할 필요성이 증가시키고 있다.

특히 소득의 증대로 인한 주택수요의 증가는 신규 아파트 건설의 필요성을 지속시킬 것으로 보이며 이에 따라 택지문제의 해결, 에너지절약, 주거환경의 개선 등의 차원에서 신규 아파트의 난방 형식에 대한 평가의 필요성이 지속될 것으로 보인다.

그런데 문제는 이러한 제반 요인들을 동시에 고려하여 주어진 공동주택에 있어 적합한 난방시스템을 도출하는 작업은 전문가의 종합적인 그리고 직관적인 평가에 의지하지 않을 수 없는 면이 많이 있다. 의사결정기법중의 하나로 최근 실무적인 차원에서 널리 알려지고 있는 다기준 의사결정 기법인 계층분석적 의사결정 기법 (Analytic Hierarchy Process : 이하 AHP 혹은 계층분석법)은 이러한 문제를 해결하는데 유효한 수단을 제공할 가능성이 높다.

본 연구는 앞절에서 행해진 정량적인 분석과 달리 정성적인 측면이 많은 요인들의 평가에 초점을 맞추는 계층 분석법을 이용해 집단주택의 난방시스템의 가운데 중앙난방방식과 개별 난방방식의 장단점을 평가하고자 한다.

2. 연구의 방법론

일반적인 선택가능한 대안의 평가와 마찬가지로 주택 난방형태의 선택에 있어서도 평가의 기준이 다양하다. 예를 들어 비용의 경중, 소음의 정도, 기능의 우수성, 사용의 편리성, 시공성 등과 같은 다양한 기준에 근거한 종합적인 평가를 행하여 개별적인 의사결정이 이루어진다.

다양한 평가 척도를 가지고 대안들을 합리적으로 평가하는 방법으로 다속성 효용함수(Multi-Attributes Utility Technique : MAUT)를 응용하는

것이 있다. 그러나 이 방법은 평가기준별효용함수 (Utility Function)의 설정이라고 하는 어려운 문제가 있어 평가항목이 많아져 평가과정이 복잡해지는 경우에 그 적용이 거의 불가능해지는 단점을 가지고 있다.

본 절에서는 계층적 평가체제를 다목적 의사결정기법의 하나인 계층분석법을 이용하고자 한다. 이 방법은 토마스 L. 사아티(Thoma L. Saaty)에 의해 고안된 것으로 다수의 목적함수 혹은 평가기준이 복잡하게 얽혀 있는 의사결정 문제를 해결하기 위하여 고안된 다기준 의사결정법의 하나이다.¹⁾ 다수의 의사결정자들이 참여하는 집단 의사결정문제(Group Decision Making Problem)의 경우 다수의 기준이나 목적함수가 개입되어 의사결정이 매우 복잡한 형태를 취하는 경우가 흔히 있다. AHP는 이처럼 배경이 서로 다른 의사결정자들이 서로 다른 기준에 의거해 대안별로 느끼는 평가가치가 다를 수 있는 의사결정문제에서 각 의사결정자들의 서로 다른 전문지식, 경험, 감각(정성적인 평가; Qualitative Assessment)을 집약, 비교하여 서로 경쟁관계에 있는 대안들간에 우선순위를 결정하는 의사결정기법으로 실무적으로 많이 활용되고 있다.

1) AHP에 대한 자세한 내용은 Thomas L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process, 1980. 을 참조. 주택용 에너지시스템의 비교평가에 AHP를 적용한 사례로는 「住宅用 エネルギ・システムの 評價」, オヘレ・シ・ムスリサ-チ 1986/8. 을 들 수 있다.

가. 계층적 의사결정기법의 대안 비교평가 절차의 개요

의사결정문제는 기본적으로 상충되는 기준하에서 평가되는 여러 대안중에 최적의 대안을 선택해야 하는 문제점을 내포하고 있다. AHP는 이와 같은 문제를 해결하기 위한 포괄적인 분석의 틀을 제공해 준다. 이 기법은 多面的인 평가기준(Multi-criterion)과 多數의 主體(Multi-actor)에 의한 의사결정이 필요한 경우에 직관적이고 합리적인 혹은 비합리적인 측면들을 동시에 반영할 수 있도록 해 준다.

이 기법에 의하면 상위 계층에 있는 기준에서 하위 계층에 있는 기준들이 갖는 중요도를 측정하는 방식을 통하여 주어진 기준하에서 각 기준이 다른 기준에 비하여 우월한 정도를 나타내 주는 수치로 구성되는 기준의 變方比較行列(pairwise comparison matrix)을 작성할 수 있다. 이렇게 작성된 쌍방비교행렬은 전체 계층에 대한 하나의 복합지중벡터를 산출하기 위해 각 계층(항상 直上位 階層)에 정규화된(normalized) 단 하나의 비중벡터를 얻는 고유치 문제로 정리될 수 있다. 이러한 벡터는 계층중 가장 上位의 목표를 달성할 수 있도록 해주는 最上位 계층에 있는 대안들(보통 선택의 대상이 되는 대안들)의 상대적인 優先順位를 나타내 준다.

AHP기법을 구성하고 있는 주요 부분은 다음과 같은 3가지가 있다.

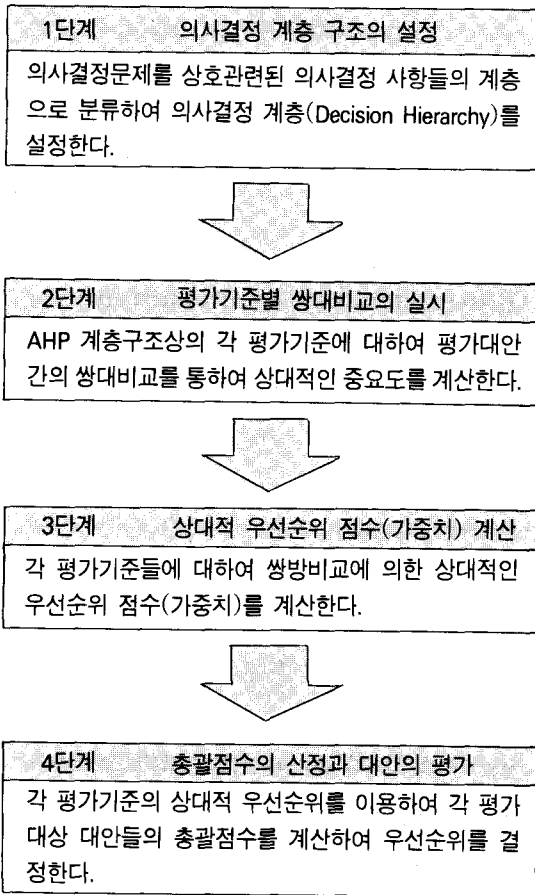
- ① 분해(Decomposition)
- ② 相對比較의 판단(Comparative Judgement)
- ③ 優先順位の 綜合(Synthesis of Priorities)

분해문제는 문제의 기본적인 평가요인들을 포착하기 위해 계층을 작성하는 것이며, 相對比較 판단은 直上位 계층에 포함되어 있는 한 기준의 관점에서 直上位 계층을 구성하고 있는 기준들이 갖는 상대적인 중요성을 쌍대비교하는 것으로서 비교척도(Ratio Scale)를 산출하기 위한 행렬을 구한다. 그리고 마지막으로 우선순위의 종합은 계층의 최하위 계층에 있는 기준들의 전체 혹은 복합우선순위를 산출하는 것이다.

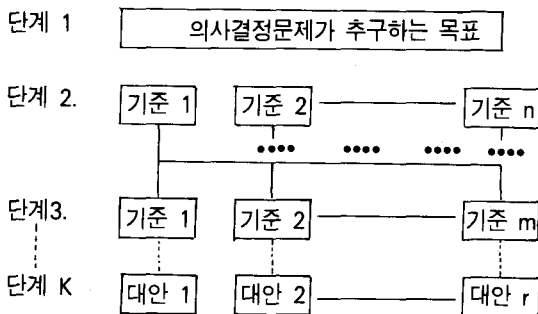
의사결정과 관련된 문제를 해결하기 위해 AHP를 사용하는 경우 다음의 [그림 3-1]과 같은 4가지의 단계를 거친다.

AHP 의사결정기법의 가장 중요한 측면인 첫 번째 단계에서의 의사결정 분석자는 서로 관련되어 있는 여러 평가기준들을 계층화해야 한다. 계층의 최상부는 가장 포괄적인 의사결정의 목적, 예를 들어 최적의 의사결정을 하는 목표 혹은 최적의 대안을 선택하는 목표 등이 놓여진다. 그 다음의 계층들은 의사결정의 질에 영향을 주는 특성(목표)들로 구성된다. 이들 목표들은 낮은 계층에 있는 것일수록 구체적인 것이 된다. 계층의 최하부에는 선택의 대상이 되는 대안들로

[그림 3-1] AHP기법의 적용절차



[그림 3-2] K단계를 갖는 의사결정문제의 표준적인 형태



구성된다. 이와 같은 의사결정 체계는 다음의 [그림 3-2]과 같은 표준적인 형태로 도식화할 수 있다.

의사결정 계층을 설정하는데 있어 계층의 수는 문제의 복잡성, 문제를 해결하는데 요구되는 세밀도의 정도에 달려 있다. 각 계층에서 구성요 인간에 쌍방비교가 이루어져야 하기 때문에 각 계층에 포함되는 비교대상을 최대한 7±2가지로 제한할 필요가 있음을 사아티는 제안하고 있다. 그러나 이러한 제한은 이 기법의 적용에 있어 필요조건은 아니다.

두번째 단계에서 직상위 계층에 있는 목표를 달성하는데 공헌하는 직하위 계층에 있는 평가 기준들을 쌍방비교하는 행렬을 작성한다. 하위 계층의 평가의 대상이 되는 요인들 즉 C_1, C_2, \dots, C_m 으로 구성되어 있다고 하고 여기서 C_i 와 비교해 C_j 의 우위성을 나타내는 수치를 a_{ij} 로 표현할 때, 두 비교대상 C_i, C_j 의 계량적인 평가는 $N \times N$ 행렬로 나타낼 수 있다.

$$A = (a_{ij}) \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

여기서 인자 a_{ij} 는 다음과 같은 성질을 가지는 것으로 정의된다.

- ① 만약 $a_{ij} = \beta$ 이면, $a_{ji} = 1/\beta$, b 는 0이 아니다. 즉 행렬 A 는 역수행렬(Reciprocal Matrix)이다.
- ② C_i 가 C_j 와 똑같은 정도로 중요하다면 $a_{ij} = 1$, $a_{ji} = 1$ 이 된다. 특히 모든 i 에 대해 $a_{ii} = 1$ 이다.
- ③ 정확한 척도에 의해 쌍방비교가 이루어진다면, 모든 i, j, k 에 대해 $a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$ 가 성립하며, 이때 행렬 A 는 일관성(Consistency)을 가진다. 따라서 행렬 A 는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & & \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

AHP의 적용을 위해서는 앞서 조작화된 평가 기준요소들에 대한 측정방법과 이들간의 가중치가 결정되어야 한다. 즉 상기 분석의 제 2단계에서 각 기준들간에 쌍방비교(pairwise comparison)를 통하여 각각의 기준에 대한 점수를 매김으로써 기준들간의 가치구조를 정량화하고, 이 값들로부터 기준들간의 가중치를 구한다. 따라서 대안들의 쌍비교 과정에서 정확한 척도를 통한 가치구조의 정량화가 매우 중요하다.

측정기준의 척도에 관한 논의는 AHP 기법에 관한 논의중에 가장 논란이 되고 있는 분야라 할 수 있다. 사아티는 처음 비율척도 (ratio scale) 를 제시하였으나 통상 정책분야연구를 위해서는 구간척도 또는 리커트 척도 (Likert scale)가 많이 이용된다. 특히 AHP의 평가기준에 관한 語義的 尺度 (semantkd scale)를 이용해야 하는데 이 경우 Saaty의 비율척도 연계성에 의문이 제기될 수 있다. 더우기 사회과학분야나 정책연구분야에 있어서는 평가자의 價値觀, 性向 등에 의해 정확한 측정보다는 왜곡된 측정이 되기 쉽다는 논란이 제기되어 왔다. 이러한 논란에도 불구하고 보편적으로 적용할 수 있는 AHP분석을 위한 尺度의 考案 및 檢證에 관한 많은 연구가 시도되어 왔다. 측정도구를 선정하는데 있어서 중요한 기준은 평가자들이 갖고 있는 지식을 얼마나 정확하게 반영할 수 있는가에 의해서 결정되기 마련이다. 척도수가 적게 되면 구분이 모호하게 될 가능성이 많고 척도수가 많다고 하더라도 의미있는 분석이 되지 못한다고 알려져 있다. Saaty와 그 동료들은 이러한 尺度의 보편적 적용에 관한 연구 (27종류의 척도비교) 를 수행하였는데 그 결과로 보편적으로 많은 분야에서 9점 尺度를 이용하는데 큰 무리가 없으며, 7점 尺度 또는 9점 尺度의 적용이 무난하다고 논의하고 있다. (표3-1)은 본 연구의 쌍방비교 과정에서 이용한 語義的 尺度와 9점 尺度와의 관계이다.

세번째 단계에서는 앞 단계에서 행한 쌍방비교를 바탕으로 각 계층에서 비교의 대상들이 갖는 상대비중을 추정한다. 특앞 단계에서 쌍방비교를 통해 얻은 a_{ij} ($i, j=1, 2, \dots, n$)를 이용해

C_1, C_2, \dots, C_n 의 우선순위(Priority)를 나타내 주는 수치 W_1, W_2, \dots, W_n 을 추정하는 것이다.

이때 相對比重을 행렬 A에 있는 n개의 행 각각으로부터 얻을 수 있다. 구체적으로 설명하면 우선 상대비중이 정확한 판단에 근거한 물리적인 측정치라고 가정한다면 a_{ij} 와 W_i/W_j 사이에 다음과 같은 식이 성립한다.

$$a_{ij} = W_j/W_i \quad (i, j=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$\text{그리고 } a_{ij} \cdot a_{jk} = W_j/W_i \cdot W_k/W_j = a_{ik}$$

$$a_{ij} = W_j/W_i = 1/(W_i/W_j) = 1/a_{ji}$$

$$(1) \text{ 식에서 } \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot W_j \cdot 1/W_j = n, \quad i=1, 2, \dots, n$$

$$\text{혹은 } \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot W_j = n \cdot W_i = n, \quad i=1, 2, \dots, n$$

이러한 식을 식을 행렬로 나타내면 다음과 같다.

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & \dots & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \dots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix}$$

다시 말해 다음 식이 성립한다.

$$AW = n \cdot W \quad (2)$$

여기서 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 는 실제 상대비중(Actual relative weights)의 벡터이며, n은 인자의 수이다. 선형대수학의 용어에 따르면 n은 고유치(Eigenvalue), W는 행렬 A의 우측 고유벡

<표3.1>AHP분석척도의 측정(Scale Measurement)

| 중요도 | 語義的 定義 | 설 명 |
|------------|-------------------------|--|
| 1 | 동일한 정도로 중요 | 두 평가기준은 목표달성에 동일한 정도로 중요하다. |
| 3 | 둘중 하나가 약간 더 중요 | 경험과 판단에 의해, 하나의 기준이 다른 하나의 기준보다 조금 더 중요하다. |
| 5 | 매우 중요 | 경험과 판단에 의해, 하나의 기준이 다른 기준보다 매우 중요하다. |
| 7 | | 하나의 기준이 다른 기준에 비해 확연히 중요하다. |
| 9 | 절대적으로 중요 | 하나의 기준이 다른 기준에 비해 중요한 것이 명백하다. |
| 2, 4, 6, 8 | 가까운 수치들의 중간 절충이 필요한 평점들 | |

터이다.

그러나 이러한 관계를 일반적인 경우로 취급하는 것은 매우 비현실적이기 때문에 AHP에서는 평가자가 W를 알지 못하며, A 행렬의 쌍대비교에 의한 상대비를 정확히 평가할 수 없는 것으로 가정한다.

즉 실제적으로 a_{ij} 는 정확한 척도에 기초하고 있지 않으며, 주관적인 판단에 근거를 두고 있다. 그래서 a_{ij} 는 "이상적"인 비율 w_i/w_j 에서 이탈하게 되고 (2)식은 더 이상 성립되지 않게 된다.

결국 문제는 행렬 A를 이용하여 벡터 W를 추정하는 것으로서, W의 추정치(W로 표시)는 위의 (2) 식과 형태가 유사한 다음과 같은 식에서 얻을 수 있다.

$$\hat{A}a\hat{\theta} = \lambda_{\max} \cdot \hat{W}$$

여기서 $\hat{\theta}$ 는 쌍방비교의 관측된 행렬이며 λ_{\max} 는 A의 최대고유치를 말하고, W는 우측 고유벡터이다. W는 W의 추정치가 된다. 정규화된 해가 바람직하기 때문에 W는 $S = w_1 + w_2 + \dots + w_n$ 로 인자를 나누어 벡터 W를 정규화(normaliz)시킨다. 여기서 λ_{\max} 는 항상 n보다 크거나 같다는 것을 보여 주고 있다. 계산된 λ_{\max} 가 n에 접근하는 값일수록 A의 관측된 수치들이 일관성을 가지는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 특성은 다음과 같은 수치들, 즉 일관성 지수(Consistency Index ; CI)와 일관성비율(Consistency Ratio ; CR)을 도출할 수 있게 해준다.

$$CI = (\lambda - n) / (n - 1)$$

$$CR = CI / ACI$$

여기서 ACI는 추출된(Random generated)된 비중들의 평균지수를 나타내며, 경험상으로 CR의 허용범위는 0.1이하이다. 만약 이 수준을 상회하는 경우 A는 쌍방비교에 있어 비일관성있는 것으로 취급된다.

결국 요약하면 AHP에서 이용하고 있는 고유치방식은 쌍방비교의 행렬에서 상대적인 비중(W)을 추정하기 위한 한가지 방법이다. 고유치 방식 이외의 다른 추정방식도 있지만 이 방식에 비해 거의 알려져 있지 않을 뿐만아니라 사용빈도에 있어서도 고유치 방식에 결코 미치지 못하고 있다. 2)

2) 본 연구에서는 계산의 편의성을 위해 직접 고유치를 구하지 않고 고유치의 근사치를 구하는 방식을 취했다. 본 연구에서 이용한 평가기준간 비중치의 계산순서는 다음과 같은 3단계로 한다.

제 1단계 : 쌍방비교 행렬을 구한 다음, 통합행렬의 각 행(Column)의 값을 합친다.

마지막으로 네번째 단계에서는 해결하고자 하는 문제의 가장 일반적인 목표를 달성할 수 있는 가장 가능한 대안들이 갖는 우선순위를 결정해 주는 복합 비중벡터를 도출하기 위해 세번째 단계에서 얻은 여러 계층의 상대비중을 총체화한다. 첫번째 계층에 대한 K번째 계층에 있는 인자들의 복합 상대비중벡터는 다음과 같은 수식을 통해 얻을 수 있다.

$$C(1, K) = \prod_{i=2}^k B_i$$

| | A | B | C | D |
|---|------|------|------|-------|
| A | 1 | 3 | 5 | 9 |
| B | 1/3 | 1 | 3 | 7 |
| C | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 |
| D | 1/9 | 1/7 | 1/3 | 1 |
| | 1.64 | 4.48 | 9.33 | 20.00 |

제 2단계 : 통합 행렬요소값들을 각 행(Column)의 합계값으로 나누어 각 행마다 합계가 1이 되도록 평준화시킨다.

| | A | B | C | D |
|---|------|------|------|------|
| A | 0.61 | 0.67 | 0.53 | 0.45 |
| B | 0.20 | 0.22 | 0.32 | 0.35 |
| C | 0.12 | 0.07 | 0.11 | 0.15 |
| D | 0.07 | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

제 3단계 : 평준화된 행렬의 각 열(Row)의 평균이 각 비교기준의 최종 가중치(우선순위값)이 된다.

| 기준 | 계산된 우선순위값 |
|----|--------------|
| A | 2.83/4=0.565 |
| B | 1.09/4=0.273 |
| C | 0.45/4=0.113 |
| D | 0.19/4=0.048 |

여기서 $C[1, K]$ 는 첫번째 계층에 있는 인자들의 복합 비중벡터이며, B_i 는 추정된 W 벡터를 구성하는 행을 포함하는 $n_{i-1} \times n_i$ 행렬이다. 그리고 n_i 는 i 번째 계층에 있는 인자의 수를 말한다. 이들 복합비중은 평가대상인 대안들의 점수라고 호칭되며, 대안선택의 기초를 형성한다.

3. 문제의 설정

본 보고서에서는 연구의 목적상 <표 3-2>에 제시되어 있는 것과 같은 규모의 열부하가 존재하는 집단주택의 개별난방방식과 중앙난방방식을 기본적인 비교의 대안(Reference case)으로 설정하여 "상호 비교·평가한다." 난방기술은 현재 널리 이용되고 있는 것으로 이용가능한 기술을 평가의 대상으로 하였다. 다시 말해 본 연구에서는 주어진 난방규모를 가진 난방형태를 정태적으로 평가하고 있으며, 연구의 범위상 향후 예상되는 신기술은 비교평가의 대상에서 제외하였다."

- 1) 사실 <표 3-3>에서 알수 있는 바와 같이 지역적인 여건, 단지의 규모, 연료사용의 여건 등에 의해 특정한 난방시스템이 비교우위를 가질 가능성이 매우 높다. 따라서 집단주택의 난방시스템 대안을 가스 개별난방과 중앙집중식 난방 시스템으로만 한정하는 것은 약간의 문제가 있는 것은 사실이다. 이러한 요인들을 감안하는 한가지 방법으로 대안들을 시나리오로 구성하여 평가하는 것을 들수 있을 것이다.
- 2) 본 연구에서는 난방연료를 가스(특히 도시가스)로 한정한다. 현재 지역별로 B-C유나 경유, 혹은 연탄을 난방연료로 이용하는 경우가 많다. 사실 연료경제차원에서 이들 연료들이 경제성이 있는 것은 사실이나, 정부의 정책, 환경문제, 사용상의 편의성 등의 이유로 사용의 범위가 줄어들 가능성이 있다. 다만 저유황 경유나 저유황 B-C유사용이 예상되는데 이 경우 본 연구에서 제시하고 있는 평가의 구조를 약간 변경시켜 이들 대안을 상대평가할 수 있다. 본 연구에서는 연구의 목적상 제외하였다.
- 3) 이용가능한 집단주택의 난방방식은 매우 다양하며, 향후 기술의 발전은 추가적인 난방시스템 대안을 제고할 것으로 예상된다. 즉 개별 난방방식은 효율성의 제고와 사용의 편리성 및 소형화 등의 방향으로, 그리고 중앙난방방식은 가스엔진, 연료전

지 등과 같은 신기술의 발전에 따른 난방시스템의 다양화가 예상된다. 따라서 공동주택의 난방시스템에 대한 동태적인 분석을 위해서는 포괄적인 비교분석이 별도로 검토될 필요가 있다.

- 4) 평가자(예를 들어 아파트 입주자, 주택시공업체, 설계업체, 에너지정책 입안자 등)들을 하나의 계층으로 포함시킬 수 있으나, 본 연구에서는 기간된 각종 자료들을 이용하는 것으로 이를 대체한다는 의미에서 제외했다. 향후 이에 대한 배려가 있어야 할 것이다.

그런데 현재 이용가능한 난방방식의 종류가 매우 다양하다. 즉 중앙난방식의 경우 난방방식, 형식, 버너종류 가압방식 등에서 차이를 보이는 다양한 설비들이 있으며, 이에 따라 부대시설의 종류도 약간의 차이를 보일 수 있다. 그리고 개별난방의 경우도 설치 형태별로 벽걸이형, 바닥 설치형 등 여러가지 종류의 설비들이 개발되어 있다. 본 연구에서는 이러한 점을 감안해 다양한 난방기술들중 각 방식별로 현재 이용가능한 것중 가장 최상의 경우를 전제로 하였으며, 다만 난방시스템에 대한 소비자들의 불편을 살펴 보면 설비의 문제라기보다는 주어진 설비의 이용패턴에 의해 야기되는 사례들이 많기 때문에 운영상의 차이가 비용의 증가 요인과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단, 최종적인 평가에서 감안하였다.

집단주택의 난방시스템의 평가에 있어서 또 하나 고려해야 할 사항은 집단주택이 건설되는 택지의 여건이다. <표 3-2>에 나타나 있는 것과 같이 특정한 지역에서는 특정한 난방형태가 성립될 여지가 없는 경우도 발생할 가능성이 높다.

<표 3-2> 공동주택의 열부하 가정

| 120~600 세대 세대당 면적 18평 | | |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 난방시스템의 규모 (1) + (2) : | 1.20×10^5 | Kcal/hr ¹⁾ |
| 난방 열원 수요 (1) : | 6.13×10^5 | Kcal/hr |
| 급탕 열원 수요 (2) : | 2.64×10^5 | Kcal/hr |

- 주) 1) 120세대의 난방시스템규모로서 세대수의 증가에 따라 선형비례하는 것으로 가정·난방손실도 포함.
2) 난방시스템의 성격에 대해서는 앞 장을 참조.

이러한 경우에는 두개의 난방시스템이 동일한 선상에서 평가될 수 있는 여지가 없게 된다.

따라서 본 연구에서 <표 3-3>에 나타나 있는 것과 같은 특정한 단지여건은 배제하였으며, 평지에 집단주택을 건설하는 것으로 전제하였으며, 다만 집단주택의 세대수의 변화는 규모의 경제 측면에서 다루어 별도의 대안을 구성하기보다는 민감도분석을 통해 간접적으로 검토한다.

4. 집단주택 난방형태 평가구조

계층분석 의사결정기법의 장점은 다양한 분야의 전문가들의 의견을 조합할 수 있다는 점이다. 이러한 점은 개별기준에 대비한 대안들의 평가에서 뿐만 아니라 평가기준의 계층구조를 설정하는데에도 마찬가지로 적용된다.

<표 3-3> 단지여건별 적정난방방식

| 구분 | 단지여건 | 중앙난방 | 개별난방 |
|--------------|---------------------------------|------|------|
| 단지규모 | 대규모단지 (600세대 이상) | ○ | |
| | 소규모단지 | | ○ |
| 지반여건 | 평지 | ○ | ○ |
| | 경사가 심한 지반 | | ○ |
| | 암발생 지구 | | ○ |
| | 취약지반 | | ○ |
| 도시계획 및 환경 | 향후 지역난방공급이 예상되는 곳 | ○ | |
| | 단지내에서 쓰레기를 처리하는 소각로 설치 지구 | ○ | |
| | 저급연료 사용이 가능한 곳 | ○ | |

통상적으로 많이 이용되는 의견수렴 방식은 전문가집단을 구성해 Delphi 방식 등을 통해 의견을 수렴하는 것과 설문지를 통해 전문가들의 개별 의견을 수렴한 후, 의사결정 분석자가 이를 최종적으로 취합하는 방식 그리고 이들 두가지 방식을 적절히 절충하거나, 약간의 변형된 방식을 취하는 방식 등이 있다. 의견수렴 방식을 선택하는 기준은 얻어지는 결과의 유효성과 비용 및 시간을 비교하여 결정하는 것이 통례이다.

본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 세번째 절충적인 방법을 채택해 각 분야에서 이미 발간된 2차 자료를 이용해 평가의 기준을 설정하였다. 주요한 자료의 내역을 살펴보면, 우선 난방기기의 제조업체에서 제시하고 있는 각종 난방기기의 장단점 분석자료, 주택제조업체를 대표할 수 있는 대한주택공사 산하 연구기관인 주택연구소에서 발간한 자료, 공기조화 냉동공학회등 학계에서 발간한 자료, 주요 외국의 난방시스템 비교평가 사례분석자료, 그리고 주요 컨설턴트 기관에서 발간한 관련 자료들에 기초하여 평가기준의 계층도를 설정하였다.

가. 계층구조의 구축

공동주택의 난방시스템을 평가하기 위한 항목은 크게 경제적인 요인, 기술적인 요인, 주거요인, 기타 사회적인 요인 등 4가지로 나눌 수 있지만, 경제적인 요인을 어떻게 취급하느냐에 따라 두개의 접근 방식을 생각할 수 있다. 첫번째는 앞에서 가정한 전제조건하에서 경제성 평가를 행해 면적당 공급 단가를 계산하고 AHP 혹은 다른 평가수단을 이용하여 경제성외의 요인들을 평가한 결과를 종합하는 방법이다. 두번째 접근방식은 경제성 평가의 결과를 직접 종합평가에 이용하지 않고 그 분석 결과를 평가자가 직접적으로 종합하는 방법이다.

이 두가지 방법론은 각각 일장일단이 있다. 첫번째 방법의 가장 큰 단점은 공동주택의 난방시스템은 일반화할 수 있는 경제성평가가 거의 불가능하여 이러한 경제성 평가결과를 AHP에 흡수시켜도 그다지 의미있는 결과를 얻지 못할 것이다. 이것은 경제성 평가에 있어서 시설비용이 지역상의 여건에 따라 커다란 차이가 존재하기 때문이다. 일견 정량적인 평가가 용이해 보이는 경제성도 결국에는 전문가에 의한 종합적이고, 직관적인 판단에 의존하는 것이 부득이다. 그래서 본 연구에서는 두번째 방법을 이용하는 것으로 하고 시스템의 경제성은 기술적요인과 주거요인 등과 별개로 검토하고 종합평가에는 그 결과를 간접적으로 이용하는 것으로 하였다.⁴⁾

이상을 고려하여 작성한 종합평가를 위한 계층구조를 한데 모으면 [그림 3-3]과 같다. 그림에서 F에 해당하는 항목은 직접 AHP를 적용하지 않았기때문에 점선으로 경계를 지원 놓았다. AHP의 적용에 있어 가장 중요한 점은 평가요 인간의 계층구조를 적절히 표현하는 것이다.

나. 평가항목에 대한 설명

1) 경제적 요인

모든 난방시스템은 그것과 관련된 비용체제를 가지고 있다. 이들 비용은 개략적으로 두개의

범주, 즉 자본 및 운영 비용으로 나누어 볼 수 있다.

가) 가스이용 시스템의 자본(혹은 초기) 비용

① 일차적 장비: 난방기기의 종류에 따라 爐(Furnace), 보일러 등의 설비 비용을 말한다. 이 항목에는 에너지 공급시스템은 포함되지 않는다.

② 일차 설비의 설치비용

③ 에너지공급 부분: 공간을 통해 에너지를

<표 3-4> 시설물 관리자 선임기준

| 구 모 | 선 임 기 준 | | 관련법규 | 해 당 유 무 | |
|----------------|---|------------------------|--------------------|---------|------|
| | 시 설 규 모 | 자 격 종 별 | | 중앙난방 | 개별난방 |
| 전기안전 관리사 | 시설용량 75kw이상 | 전기기사 2급이상 | 전기사업법 제45조, 46조 | ○ | △ |
| 전기안전 관리보조 | 시설용량 1,000kw이상 | 전기기능사 2급 | " | ○ | △ |
| 열관리자 (보일러) | 연간 석유사용량 250~1,500톤미만 1,500톤 이상 | 열관리기능사 2급 이상 | 에너지이용 합리화법 | ○ | × |
| | | 열관리기사 1급 | " | ○ | × |
| 에너지관리 자(전기) | 연간 전기사용량 100만~600만kw 미만 600만kw 이상 | 공대졸업자 또는 전기기사 | | ○ | × |
| | | 전기기사 | | ○ | × |
| 검사대상 기기조정자 | 보일러, 압력용기 등 설치기기 | 열관리기능사 2급이상 | | ○ | × |
| 배출시설 관리자 | 연간 석유사용량 5,000k이상(1종) 1,000~5,000k미만 500~1,000k미만(3종) 100~500k미만(4종) 그외지구 | 환경기사 1급 | 대기환경 보전법 | ○ | × |
| | | " | 24조 | | |
| | | " 2급 | | | |
| | | 자격제한없음 | | | |
| 오수정화 시설관리자 | 1일 처리 용량 200m ³ 이상 | 해당분야 3년이상 종사자 | 폐기물관리법 | ○ | ○ |
| 위험물 취급자 | 경유, B-C유, 저장소 | 위험물취급 기능사 2급 | 소방법 제 14, 18조 | ○ | × |
| 방화관리자 | 4층 이상 아파트 | 소방설비기사 2급 방화관리강습수료자 | 소방법 제 10조 | ○ | ○ |

주) 1) ○:필요

×:필요없음

△: 개별난방단지의 동력설비용량(엘리베이터, 급수, 소화펌프, 비상발전기 등)이 75kw 이상인 경우에는 전기 안전관리자 선임.

배달하는 시스템의 비용, 배관(duct), 통풍기(blower), 배출구(vents), 파이프, 펌프, 케이블 등

④ 공급요소 설치비용 여기에는 시설의 개축(retrofit)과 관련된 비용도 포함된다.

⑤ 금융, 공학적, 법적, 허가상의 그리고 설비의 구입과 설치에 관련된 일시적인 비용 등과 같은 기타 초기비용이 있다. 개별난방의 경우에는 시설분담금이 포함된다.

⑥ 설비의 기술적인 성능 예를 들어 열효율과 기기의 수명

나) 운영비용

① 연료비·본연구비에서는 연료비의 단가가 동일한 것을 보았다.

② 24시간 관리요원을 포함한 시스템의 모든 요소들을 관리하는데 따른 인건비용으로 중앙난방의 경우에는 법적으로 필요인력이 규정되어 있다.(<표 3-4> 참조)

③ 기타 수선·유지 등의 일반관리비

시스템을 설계하고 설치함에 있어 고려해야 할 또 다른 비용으로는 설비가 차지하는 공간과 관련이 있다. 이 점은 상업이나 산업부문에 서 두드러지게 나타나는데, 난방설비와 공급시스템은 다른 사업목적 혹은 임대를 위해 사용할 수 있는 공간을 점유하게 된다. 집단주택의 경우에는 추가적인 대지의 필요성을 유발, 분양가격을 상승시킨다.

이상을 요약하면, 경제적인 평가요인에 포함되는 항목으로는 본체 설비 및 부대시설의 설치와 관련된 초기 투자비용, 시설의 운영과 관련된 운영비용, 기기의 수명과 효율 그리고 택지비용 등이 있다. 개별난방과 중앙난방의 공사 내역은 <표 3-5>에 정리되어 있다.

2) 기술적 요인

기술적인 요인으로 2개의 하부평가기준으로 구성되는데 첫번째는 난방시스템의 운영과 관련된 것으로 시스템 운영상의 편리성을 평가하는 것이며, 두번째는 설비구축의 용이성으로 플랜트의 공간절약, 공기의 단축 정도, 건설의 용이성 등의 하부평가기준으로 구성된다.

3) 주거요인

주거요인은 주로 실내 주거환경과 관련된 항목들이다. 이는 집단주택 주거자의 생활환경에 미치는 영향도를 평가하는 기준으로 우선 기능 충족성을 난방시스템의 성능 내지는 사용상의 편의성 등을 평가하는 하부 항목들로 구성되어 있다. 둘째는 소음, 실내공기의 청정도 등과 같은 주로 실내 환경과 관련된 항목들로 구성된 실내 주거환경에 각 난방시스템이 영향을 주는 정도를 평가하기 위한 항목들이다. 그리고 여기에는 앞의 경제적인 요인에 포함되어 있는 택지문제와 다소 관련이 있는 실내 주거공간의 활용도를 평가하는 요인이 포함되어 있다.

4) 사회적인 요인

사회적인 요인은 주로 집단주택의 건설과 인접지역 주민들의 생활에 미치는 외부효과를 평가하는 환경오염이나, 사고 영향도 등을 평가하는 지역사회와의 공존을 평가하는 항목들과 주택

<표 3-5> 난방방식별 공사비 내역 비교

| 구분 | 중앙난방 | 개별난방 |
|-----|---|------------------------------|
| 건축 | 보일러실, 굴뚝설치 | 세대별 보일러실 |
| 토목 | 공동구, 기계실 구조물 공사 | 없음 |
| 기계내 | 기계실에서 공급되는 난방, 급탕관을 지하 입상, 옥상에 배관 | 내부 가스보일러설치 세대내 난방 및 급탕 배관 |
| 기계외 | 보일러실, 기계실, 공동구 기기설치 및 배관공사 중온수 가스보일러설치 | 없음 |
| 전기 | 공동구에 가대설치 하여 배선, 전기공사 | PE관에 케이블을 삽입 후, 지하매설 하여 전기공급 |
| 기타 | 가스중압관 설치 | 배관경 확대, 가스미터 3급, 시설분담금 |

자료) 주택공사, 주택연구소 내부자료

에너지절약 요인들을 평가하는 항목 등으로 구성되어 있다.

그리고 사회제도의 정비는 <표 3-6>에서 알 수 있는 바와 같이 시설과 관련된 제도정비의 복잡성 등을 평가하는 항목이며, 관련산업 항목은 각종 관련업계에 미치는 영향도를 평가하는 항목이다.

5. 대안의 평가와 민감도 분석

앞에서 언급한 바와 같이 본 연구에서 대안의 평가는 實査에 근거하기 보다는 발간된 각종

자료를 취합한 것이다. 따라서 평가자들간에 발생할 수 있는 평가상의 차이를 연구자가 일차적으로 조정하여 결과를 얻었다. 그리고 앞에서 설명한 바와 같은 기본 가정에 부합하는 난방 시스템에 대해서 평가가 이루어 졌으며, 모두 지역여건에 구애받지 않고 설치가능한 것으로 보았다.

가. 경제적 요인

경제성에 관해서는 앞 장에서 몇가지 전제조건에 기초해 별도의 정량적인 검토를 행했다.

<표 3-6> 가스보일러 설치기준에 대한 관련법규

| 구분 | 관련법규 | 건축법 시행규칙 제 33조의 2 | 도시가스사업법 시행규칙 동자부 고시 제 85-97조 | 서울시장방침(86. 2. 7, 86. 7. 26, 162호 건축지도과 |
|--------------------|------|---|--|--|
| 보일러 설치 | | 거실이 아닌 곳 | 환기가 잘 되는 곳, 가연성 물질, 인화성 물질을 취급하는 장소가 아닌곳 | 거실이 아닌 곳으로써 별도 구획된 전용 보일러실 |
| 보일러실 출입문 | | 가스가 거실에 들어가지 아니하는 구조 | | 방화문으로 설치하되 누설된 가스가 거실에 들어가지 아니하는 구조 |
| 보일러 본체, 부속품 및 안전장치 | | | 제조 또는 수입보일러는 가스안전공사의 검사 필요 | 한국가스공사의 검사를 필한 제품 |
| 가스 경보장치 | | | 도시가스사업법상 설치의 무사항 아님(가스공급 회사에서 설치권장) | 가스누설을 감지하여 경보를 발하는 장치 설치 |
| 보일러 연통 | | | 배기통의 재료는 금속, 석면 그 밖의 불연성 재료일 것 | 내화구조의 집합연돌이어야 하며 배기가스는 옥상으로 배출토록 한다. 단, 최상층에 설치하는 보일러의 연도는 옥상까지 별도 시설한다. |
| 보일러 실내 환기 방법 | | 보일러실 상단에 0.5㎡이상의 환기구의 하단에 5cm의 환기구를 설치하되 외기에 접하는 곳이어야 한다. | <ul style="list-style-type: none"> • 급기구 및 배기통을 설치할 것 • 배기통 끝은 배기가 방해되지 않는 구조이고, 장애물 또는 외기의 흐름에 의해 배기가 방해받지 아니하는 위치에 설치할 것 | <ul style="list-style-type: none"> • 동파방지장치가 있는 보일러의 환기구는 상시개방상태로 유지하고 배기구는 없어도 됨 • 동파방지장치가 없는 보일러의 환기구는 자동개폐장치로 하고 배기구를 설치할 것 |
| 보일러와 가스관의 연결 | | | <ul style="list-style-type: none"> • 금속관 또는 후렉시블관 사용 • 가스누설이 없도록 확실히 접속할 것 | 금속관을 사용하고 연결부위는 이온화 현상으로 인한 부식방지조치 |

그런데 문제는 경제적 비용의 차이는 지역특성과 시설의 규모에 따라 많은 차이를 보인다는 점이다. 따라서 앞에서 언급한 바와 같이 전체 비교우위점수의 산정에는 경제적인 요인은 포함시키지 않고 기타 요인들의 점수를 종합적으로 검토한 다음 민감도분석을 통해 총체적인 점수를 점검한다.

나. 기술적, 주거환경적, 기타 사회적 요인

경제적인 요인을 제외한 각 평가항목에 대해서 얻어진 가중치의 계산결과는 <표 3-7>에 정리되어 있다. 가중치는 바람직하다고 하는 관점에서 얻어진 것이기 때문에 큰 값을 가진 것이

바람직하다고 해석될 수 있다.

1) 기술적 요인

열부하 관리의 적정성, 설비조작성, 관리의 편의성 등의 평가기준하에서는 개별난방이 중앙난방보다 거의 비슷한 정도로 평가하였다. 이는 기술의 발전으로 각기 자동화가 많이 진전되었기 때문이다. 다만 최근 조사된 자료에 따르면(<표 3-8>에 정리되어 있다.) 아직까지 중앙난방의 경우 관리상의 약간의 문제점이 있는 것으로 판단 개별난방이 약간의 우위가 있는 것으로 평가되었다. 반면에 사고시의 대응과 신뢰성은 전문지식이 없는 개별 가구주가 보일러를

<표 3-7> 비경제적인 요인의 평가결과

| 계층 1 | 계층 2 | 계층 3 | (개별, 중앙) |
|-------------------------------------|------------------------------------|--|--|
| 기술적 요인 (F ₂) 0.33 | 플랜트의 운전·보수성 | 0.75 F ₂₁ { | 부하추종성 0.35 (F ₂₁₁) (0.67, 0.33) |
| | | | 관리편의성 0.11 (F ₂₁₂) (0.67, 0.33) |
| | | | 보수성, 신뢰성 0.54 (F ₂₁₃) (0.25, 0.75) |
| | 설비구축의 용이성 | 0.25 F ₂₂ { | 工期 단축성 0.20 (F ₂₂₂) (0.83, 0.17) |
| | | | 건설의 용이성 0.80 (F ₂₂₃) (0.88, 0.13) |
| | 주거 요인 (F ₁) 0.57 | 기능충족성 | 0.67 F ₁₁ { |
| | | | 적기사용성 0.54 (F ₁₁₂) (0.86, 0.14) |
| | | | 조작성 0.27 (F ₁₁₃) (0.86, 0.14) |
| 실내 주거 환경 | | 0.33 F ₁₂ { | 실내 소음 0.54 (F ₁₂₁) (0.10, 0.90) |
| | | | 실내 청정도 0.24 (F ₁₂₂) (0.10, 0.90) |
| | | | 실내 미관 0.06 (F ₁₂₃) (0.10, 0.90) |
| | | 실내 공간 활용도 0.16 (F ₁₂₄) (0.10, 0.90) | |
| 사회적 요인 (F ₁) 0.10 | 지역사회 와의 공존 | 0.57 F ₁₁ { | 환경보전성 0.26 (F ₁₁₁) (0.50, 0.50) |
| | | | 환경조화성 0.08 (F ₁₁₂) (0.80, 0.20) |
| | | | 사고시 영향도 0.66 (F ₁₁₃) (0.83, 0.17) |
| | 에너지 절약성 | 0.33 F ₁₂ { | 가구당 에너지 소비 0.25 (F ₁₂₁) (0.67, 0.33) |
| | | | 공정의 에너지효율성 0.75 (F ₁₂₂) (0.75, 0.25) |
| | 간접적인 파급효과 | 0.10 F ₁₃ { | 관련산업 0.75 (F ₁₃₁) (0.67, 0.33) |
| | | 사회제도 정비 0.25 (F ₁₃₂) (0.17, 0.83) | |

관리해야 한다는 차원에서 중앙난방이 개별난방보다 약간 우수한 것으로 평가하였다.

플랜트의 운전 보수성에 관한 평가는 주체에 따라 평점상에 상당한 차이가 존재할 것으로 예상된다. 예를 들어 시설관리에 따르는 불편성을 강조할 경우에는 비록 약간의 운전상의 불편이 있더라도 중앙난방이 개별난방에 비해 우수하다는 평가가 나올 수 있을 것이다.

설비구축의 용이성은 개별난방이 중앙난방에 비해 우수하다는데 전반적으로 의견이 일치하고 있다. 따라서 평점도 개별난방이 아주 우수한 것으로 했다.

계층 2의 평가항목으로 두개의 항목간의 비교우위는 플랜트의 운전보수성이 더 중요한 요인인 것으로 평가되고 있다. 이는 아파트의 건설에 관여하는 설계사무소나 건설업체에서 난방시스템을 설계할 때 고려하는 사항 가운데 설비의 성능이 가장 중요한 요소로 되어 있는 사실을 반영하였다.

2) 주거요인

주거 요인은 두개의 난방시스템이 갖는 장단점을 가장 명확하게 보여 주는 것들이다. 우선 기능충족성에 해당하는 쾌적성, 적기사용성, 조

작성 등의 관점에서 단독난방이 모두 우위를 주로 차지하고 있다.

여기서 문제가 되는 점은 앞에서 언급한 바와 같이 설비자체의 단점에서 기인하기보다는 설비의 운영상에서 발생하는 단점들이 특정 난방시스템의 평점에 영향을 주었다. 실제로 한 설문조사에 따르면 현재 널리 관행이 되고 있는 중앙난방 시스템의 간헐난방방식은 <표 3-9>에 나타나 있는 것과 같은 많은 민원을 야기하고 있다. 따라서 주거요인 기준하에서의 난방시스템 평가는 <표 3-8>에 제시된 중앙난방 관리체계의 개선에 따라 달라질 것으로 예상된다.

3) 사회적 요인

지역사회와의 공존항목에서는 개별 난방이 중앙난방보다 약간 우수한 것으로 평가하였다. 이는 중앙난방이 별도의 건물을 통해 종합적으로 관리한다는 점에 기인한다. 즉 미관상의 문제, 집단주택에 인접해 주거하고 있는 주민들의 수용성, 사고의 대형성 등을 감안한 평점이다.

<다음호에 계속>

<표 3-8> 보일러 관리의 문제점과 대책

| 문 제 점 | | |
|--|-------------------------|---------------------------------|
| 관리인 부족으로 세대와 공동부문의 동시관리가 어렵다. | 관리인의 처우개선과 급여향상 유도 | 이론과 실무를 겸비한 전문관리인 제도도입 처우개선법 마련 |
| 현행 난방급탕 공용보일러 | 난방전용 보일러, 급탕전용 보일러 분리설치 | 난방부하계산항목을 재정립, 적정보일러 용량 및 댓수 분리 |
| 보일러운전상 부속품 여유가 없음. | 예비품 확보 | 수시 보일러 점검 및 예비품 확보 |
| 불량자재 | 국내 트랩 등 불량자재 배제 | 국내 제품성능향상 유도 |
| 수리시 많은 시간을 요하며 운전난방 시간이 길고 유지관리시 부대비용이 많은데 비해 관리원 부족 | | 간편한 기기제작개발 유도 및 전문운전관리인 양성 및 배치 |
| 자동제어방식이 관리자의 관심부족으로 사용되지 않고 있음 | 자동제어방식을 반자동식으로 | 관리자의 전문교육을 활성화하여 자동제어 방식의 확대 |
| 시설노후화, 기기배치 불량 | | 노후 및 불량장비 교체 및 시설현대화 |

자료) 「熱管理」, 1991. 11. pp 133.