

기존의 전기난방기와 원격외선 복사난방기의 특성 연구

허동렬*, 이광성**, 김용하**, 홍진웅***
 *(주)에너지코리아, **인천대학교, ***광운대학교

A Comparative Study of Characteristic on Far-infrared Radiation Heater and the Existing Heater

Hur Dong-Ryol*, Lee Kwang-Seong**, Kim Yong-Ha**, Hong Jin-Woong***
 *Energy Korea INC., **Incheon University, ***Kwangwoon University

Abstract - 전도, 대류, 복사 방식의 열전달 방식중에서 복사방식이 가장 효율적이고 쾌적한 난방이라는 것은 기존의 연구에서도 잘 알려진 사실이다. 본 연구에서 제안한 천장형 원격외선 복사난방 방식은 같은 면적에서 같은 전력을 투입하였을 때, 설정온도 도달시간이 기존의 전기 난방기 보다 약 10~20분 빠르게 도달함을 알 수 있으며, 그만큼 에너지 절약이 된다는 것을 알 수 있었다.

1. 서 론

우리나라는 4계절이 뚜렷하여 혹한인 겨울철과 겨울철에 접한 가을과 봄의 6개월 즉, 11월~4월까지의 난방이 필요하다. 따라서 지금까지 재래식의 전통난방은 신탄, 석탄, 석유, 가스등 화석에너지원이 주를 이루고 난방기구는 온돌, 온풍기, 난로, Radiator, E.H.P 등이 주를 이루었으나 최근 화석연료에 대한 부존의 유한성과 탄산가스 배출에 의한 지구온난화 방지 협약 등에 따라서 새로운 난방방식이 요구되는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 효율성, 쾌적성 적인 측면에서 기존의 난방방식보다 아래의 3가지 측면에서 장점이 있는 것으로 알려져 있는 원격외선 복사난방 방식의 특성에 대해서 살펴보려고 하였다.

첫째, 복사난방방식은 벽면, 천장면, 바닥면 등의 표면온도를 높여서 복사열에 의한 난방효과를 얻는 것으로서, 대류식 난방에 비해 실내의 온도분포가 균등하고 비교적 낮은 실온에서도 쾌적한 실내환경을 유지할 수 있으며, 인체의 쾌감도가 높은 난방방식으로 알려져 있다.

둘째, 복사난방방식은 다른 난방시스템에 비해 열손실이 작고, 공간구획에 유리하고, 빠른 실내설정온도로의 진입이 가능하며, 에너지 절약이나 거주자의 쾌적성 측면에서 우수한 시스템이라고 알려져 있다.

셋째, 외국의 선진국에서 조사한 바에 의하면 설치용량은 Electric Baseboard보다 2.5배 작고, Heat Pump보다는 2배 작게 설계할 수 있으며, 전기소비량은 Heat Pump에 비해 10~20%정도 적으며, 실내 수직온도차가 적어 비교적 낮은 비용으로 쾌적한 실내 환경을 조성할 수 있다고 알려져 있다.

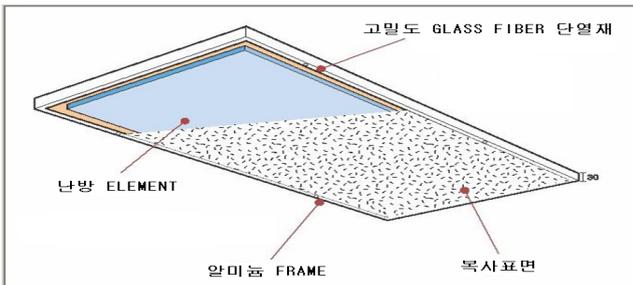
2. 본 론

2.1 원격외선 복사난방 시스템

2.1.1 원격외선 복사난방기의 구조 및 기능

방사율이 높은 무기질 재료로는 Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 , ZrO_2 등이 사용되며 첨가기능을 위하여 은 나노 물질과 토르말린 석을 사용한다. 본 연구 제품은 천장형 복사패널로 원격외선 방사율을 92% 이상 목표함으로써 복사난방 효율의 극대화 기대된다.

이때 발열 판 표면 온도는 $85^{\circ}C \sim 100^{\circ}C$ 범위에서 유지되고 발열판의 배면은 단열재로 단열하여 $3^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$ 범위 이므로 화재와 화상의 위험이 전혀 없다. 또한 발열소자가 기판배면에 있고 순저항선이므로 유해전자파의 발생이 없으며 수명이 반영구적이고 고장율은 "0"에 가깝고 유지관리 조치의 필요성이 거의 없는 것이 특징이고 그림 1은 제품의 구조이다.



〈그림 1〉 천장형 복사난방 패널의 구조

2.1.2 원격외선 복사난방기의 작동원리

원격외선 방사에 의한 가열은 열에너지 이동형태가 전자파에 의해서 전달되는 방식으로 열에너지의 전달에는 전도, 대류, 방사 3가지의 방식이 있지만, 실제 가열과정에서는 이들 3가지 전달방식 중 2개 이상이 조합된 상태로 열전달이 되고 있는 경우가 많다.

전도방식의 열전도량은 식 (1)과 같고, 대류방식은 식(2) 및 복사의 열전도량은 식(3)과 같다.

$$Q = \frac{\lambda}{b} A \Delta T \text{ [Kcal/h]} \quad (1)$$

여기서 λ : 열전도율[kcal/m · h · $^{\circ}C$], b : 전도구간 거리[m],
 A : 전도부의 면적 [m^2], ΔT :전도구간의 온도차 [$^{\circ}C$]

$$Q = \alpha A \Delta T \text{ [Kcal/h]} \quad (2)$$

여기서 α : 전도계수[kcal/ $m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C$], A :유체의 접촉면적 [m^2],
 ΔT :접촉부의 온도차 [$^{\circ}C$]

$$Q = 4.88 \epsilon A \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \epsilon_0 A_0 \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \text{ [Kcal/h]} \quad (3)$$

여기서 ϵ :방열측방사율, ϵ_0 :수열측방사율, A :방열측단면적 [m^2]
 A_0 :수열측단면적 [m^2], T :방열측온도[K], T_0 :수열측온도[K]

원격외선이 이 방사에 의해 열전도를 이용한 가열방식으로 특히 장과 장영역의 방사에너지가 갖는 원격외선 가열은 고분자물질 등에 열전도 효율이 우수하므로 넓은 분야에서 이용되고 있다.

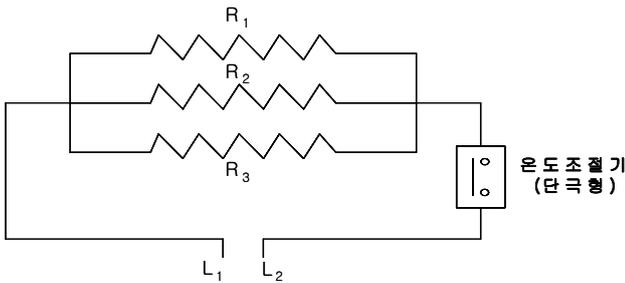
원격외선 방사가 어느 물체를 향해서 방사되고 있을 때, 그 물체의 온도가 상승하는 것은 입사된 원격외선 방사가 흡수되어 전자파에너지 형태로 바뀌어, 그 물체를 구성하는 분자 등이 활발한 상태로 된 결과이다. 원격외선이 흡수되는 정도는 물질에 따라 다르지만 일반적으로 플라스틱이나 식품 등 고분자 물질은 원격외선 방사를 잘 흡수하는 물질이다. 원격외선이 물질에 흡수되면 물질을 구성하고 있는 분자가 구조 및 구성에 따라서 원자간 거리가 변화하는 "伸縮振動"과 원자간 결합 방향이 변화하는 "變角振動"이 있지만, 이들이 조합된 진동양식도 있다. 그리고 원격외선 방사진동수와 분자의 진동수가 일치하면 공진상태로 되고, 이때 원격외선을 흡수해서 진동이 활발해 지고 물질의 온도가 높아진다. 그러나 진동수가 일치하지 않는 영역의 방사에너지는 물질 표면에서 반사되거나 물질 속에서 흡수되지 않고 통과되기 때문에 에너지 흡수가 없어 온도변화가 없다.

따라서 등극성 분자, 예를 들면 산소(O_2), 질소(N_2) 등은 진동이 대칭적이므로 원격외선 방사에 불활성이므로 에너지 흡수는 없다. 그러므로 산소와 질소로 혼합된 공기는 가열 할 수 없고, 직접 물질만을 가열하므로 가열효율도 높게 된다.

제품은 기판배면에 포설된 내열선 전열선에서 발생된 열에너지가 기판 전면으로 전도되어 도막 된 무기 박막 층을 $85^{\circ}C \sim 100^{\circ}C$ 로 상승시키면, 무기박막 층에서 85° 각도로 복사열이 방사된다.

이때 복사열의 파장은 $4\mu m \sim 25\mu m$ 범위이지만 $7\mu m \sim 10\mu m$ 대에 집중되어 인체 등 유기물체에 침투가 활발하여 난방효과를 배가된다. 이와 같이 본 복사열 난방방식은 기존의 재래식 난방기와 달리 열원에서 직접 피 가열물질을 가열하므로 난방효율이 대단히 높으며 발열과정에서 비위생적 물질발생이 없어 환기에 의한 열손실이 대폭 감소하며, 필요한 곳만을 선택적으로 난방 할 수 있으므로 난방효율이 기존 어느 방식보다 대단히 높다. 더욱이 단시간 난방이 필요시는 전력 투입 후 5~10여분에 복사 난방효과가 개시되므로 불필요한 장시간 예열이 필요 없어 에너지가 크게 절약된다.

그림 2는 복사 난방 패널 전기회로 그림으로 전열선 회로는 2~3 병렬 전선으로 전열선 저항 값은 같으며($R_1 = R_2 = R_3$) 전열선 회로는 용량에 따라 변경·설계될 수 있고 전원 전압은 단상 교류 220V로 설계한다.



〈그림 2〉 패널의 전기회로

2.2 난방기의 열전달 과정

대류난방-열흐름 : 발열체→주위공기→대류→인체주위→인체

온도분포 : 발열체>주위공기>대류>인체주위>인체

복사난방-열흐름 : 발열체→인체→인체주위→대류→인체

온도분포 : 복사체>인체>인체주위>대류

난방온도를 26℃라 가정하고 온도감지 위치를 인체주위로 하면 대류난방 인체주위온도 26℃+(2~4℃) → 28~30℃

복사난방 인체주위온도 26℃-(2~4℃) → 22~24℃

그러므로 복사난방을 채용하고 인체 주위온도를 22~24℃로 Setting하면 인체는 26℃의 난방을 느끼게 된다. 이는 재래식 난방에서 인체주위 온도를 28~30℃로 Setting 해야만 인체가 26℃의 난방을 느끼게 되므로 동일 26℃에서 복사난방인 경우보다 대류난방인 경우가 4~8℃ 높게 Setting하여야 하므로 그만큼의 많은 에너지가 필요하다. 역으로, 복사난방시 대류난방보다 그만큼 에너지 절감가능성이 있다.

2.3 난방기의 온도특성 비교

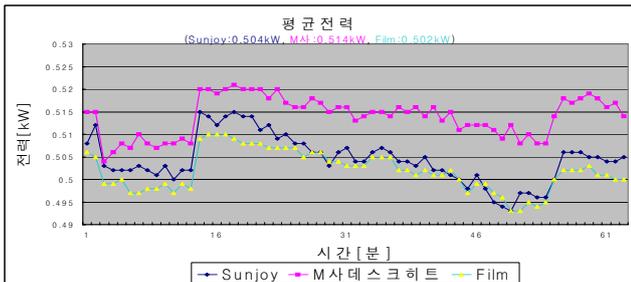
그림 3~7은 실험실 규모(폭2m×길이2.3m×높이2.4m)에서 같은 전력이 들어가도록 슬라이더스로 조정하여 1시간 전력이 들어간 평균전력 및 온도를 각 난방기별로 도시하였다. 1시간 들어간 전력을 살펴보면, 제한한 제품의 평균전력이 504W이고, M사의 데스크히터의 평균전력은 514W이며, 필름난방의 평균전력은 502W로 나타났다.

그림 4는 바닥에서 70cm 떨어진 곳에서 물결의 물온도를 측정하였다. 제한한 제품이 15℃에 도달한 시간이 45분으로 나타났으며, M사의 데트크 히터는 15℃에 도달한 시간이 80여분 걸리는 것으로 나타났고, 필름난방은 53분 걸리는 것으로 나타났다. 설정온도 도달시간이 빠르다는 것은 그만큼 에너지를 절감할 수 있다는 표현이다. 즉, 설정온도에 도달하면 온도조절기에 의해서 자동으로 전원을 차단하며 설정온도 이하가 되었을 경우 다시 전력이 투입되어 온도를 높이는 방식을 택하고 있기 때문이다.

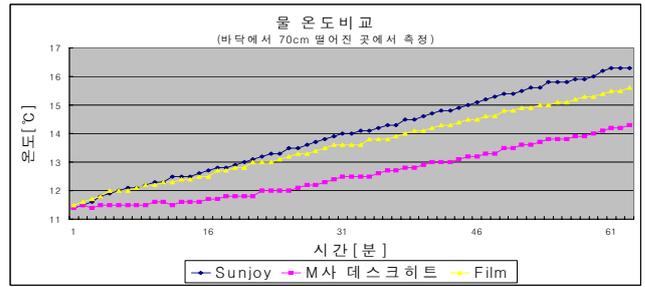
그림 5는 바닥에서 130cm 떨어진 곳에서 물온도를 측정하였다. 설정온도 17℃에 도달한 시간을 살펴보면, 제한한 제품이 56분, M사 데스크히터가 53분 걸리는 것을 알 수 있었고, 필름난방은 도달하지 못하는 것으로 조사되었다. 이는 M사 데스크히터의 경우 원적외선이라 보다 근적외선으로 멀리까지 열을 전달하지 못하고 주변을 데우는 제품으로 간주할 수 있음을 알 수 있었다.

그림 6은 70cm와 130cm의 두곳에 측정된 값을 평균으로 계산하여 도시하였다. 역시 제한한 제품이 설정온도 15℃에 도달한 시간이 41분으로 가장 빠르게 나타났고, M사 데스크히터가 49분으로 나타났으며, 필름난방은 59분으로 거의 한시간 정도 걸리는 것으로 조사되었다.

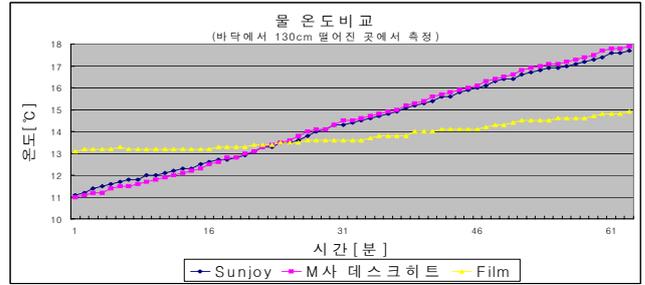
그림 7은 복사온도를 가장 근접하게 측정할 수 있는 흑구온도계를 사용하여 90cm 떨어진 곳에서 측정하였다. 설정온도 21℃에 도달한 시간을 살펴보면, 제한한 제품이 28분 정도 걸리는 것으로 조사되었으며, M사 데스크히터는 35분, 필름난방은 도달하지 못하는 것으로 조사되었다. 이는 앞서 실험한 물의 온도는 실제 벽이나 바닥 온도를 나타내지만 흑구 온도는 인체의 체감온도를 표현하기에 현재 가장 적합한 측정기구로 설명할 수 있음을 보여준다.



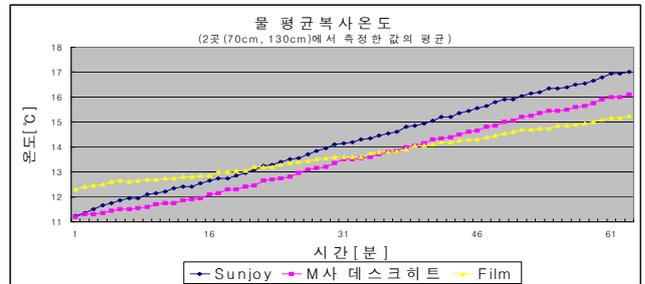
〈그림 3〉 각 난방기별 평균전력



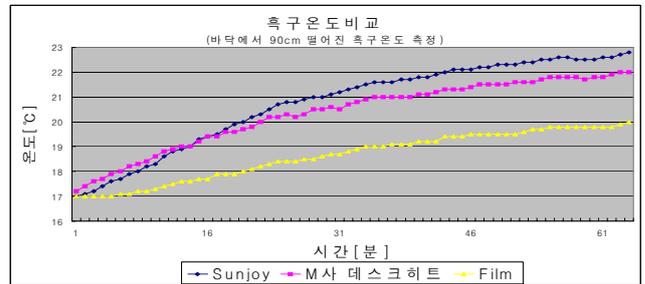
〈그림 4〉 바닥에서 70cm 떨어진 곳에서의 물 온도



〈그림 5〉 바닥에서 130cm 떨어진 곳에서의 물 온도



〈그림 6〉 물 평균 온도((70cm+130cm) / 2)



〈그림 7〉 바닥에서 90cm 떨어진 곳에서의 흑구(복사)온도

위 그림에서 알 수 있듯이 거의 같은 전력이 사용했음에도 불구하고 각 난방기별 온도도달 시간은 본 연구에서 제한한 천장형 원적외선 복사난방기가 훨씬 빨랐다.

3. 결 론

전도, 대류, 복사 방식의 열전달 방식중에서 복사방식이 가장 효율적이고 쾌적한 난방이라는 것은 기존의 연구에서도 잘 알려진 사실이다. 본 연구에서도 알 수 있듯이 실내공기를 먼저 가열하는 방식이 아니라 바닥, 벽, 인체를 먼저 가열하기에 온도를 직접 바로 느낄 수 있어 원적외선 복사난방은 쾌속성, 쾌감성, 쾌적성이 높다. 또한, 같은 면적에서 같은 전력을 투입하고 난 뒤 설정온도 도달시간을 살펴보면 기존의 전기 난방기 보다 본 연구에서 제한한 천장형 원적외선 복사난방기가 약 10~20분 빠르게 도달함을 알 수 있으며, 에너지절약이 높다는 것을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 허동렬 외 6명, “비주택용 전기난방기구가 우리나라 침투부하에 미치는 영향 검토”, 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회논문집, pp.442~447, 2006
- [2] 지철근, “원적외선의 특성과 효능”, 리빙북스, 2004