원적외선 튜브히팅 시스템의 효율성

글/도 유 봉(에너지관리공단 전기과장)

Ⅰ. 원적외선(Far Infrared Ray)이란?

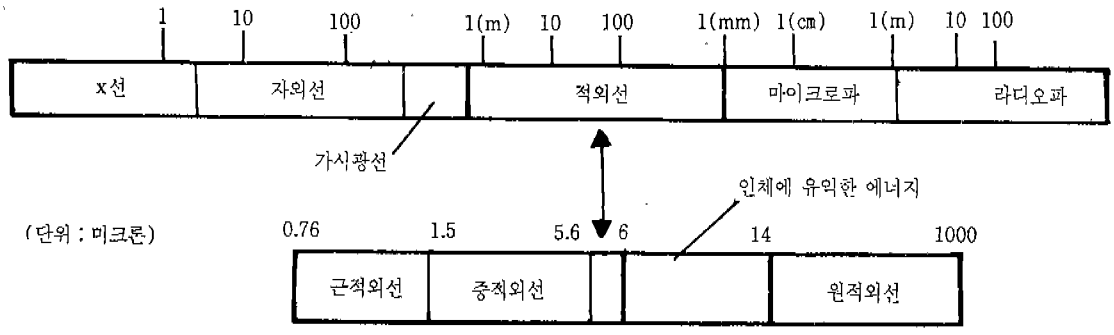
태양광선은 빨강, 주황, 노랑, 초록, 파랑, 남색, 보라 등 일곱가지색으로된 가시광선과 우리눈에 보이지 않는 적외선, 자외선, X선, 마이크로파 등 불가시광선으로 구성되어 있다. 이중 적외선은 1800년에 독일의 William Herschel이라는 천문학자에 의해 발견되었다. 그는 일곱가지색의 열작용을 조사중에 보라에서 빨강으로 옮겨감에 따라 온도가 점점 상승하고 빨강을 넘어서 빛이 없는 곳에서도 온도가 올라가는 것을 발견하고서, 눈에 보이지는 않으나 강력한 열작용을 하는 빛을 적외선이라고 명명하였다.

적외선이란 에너지파의 일종인 전자파이며 파장대가 0.76~1,000미크론(㎛) 범위의 빛을 말하며 파장에 따라 0.76~1.5미크론대를 근적외선, 1.5~5.6미크론대를 중적외선이라하고, 5.6~1,000미크론대를 원적외선이라 부르고 있다.

이중에서도 6~14미크론 파장대의 원적외선이 우리 생활에 가장 유익한 것으로 알려져 있다 <그림 1>.

Ⅱ. 원적외선의 특성

원적외선은 방사에 의하여 전달되고 인체나 물질 깊숙히 도달하여 흡수되며 물질특유의 파장과 공명, 공진하여 활성화되는 특성이 있다.



<그림 1> 태양열의 구분

원적외선의 첫째 특성인 방사는 열이 열원에서 중간 매체의 가열없이 직접적이고 순간적으로 대상물체에 전달되는 것을 말한다. 그 전달속도는 빛과 같고 빛과 같이 직진하며 반사판을 사용하면 전달방향의 변경도 가능하여 열효율이 높고 응용범위가 광범위하다.

원적외선의 둘째 특성인 심달력은 우리 몸이나 물질의 표면뿐아니라 내부 깊숙히까지 침투하는 특성을 말한다. 이 특성은 도장건조나 식품건조 등에 이용되고 있고 각종 질병치료부문 및 건강증진에도 이용되고 있다.

물질을 구성하고 있는 분자의 진동수는 원적외선 파장대 범위내에 있으므로 같은 파장대의 원적외선이 물질에 조사되면 흡수되어 분자공명현상이 일어나서 진동이 점점 격하게 되며 이 증폭된 진동에너지의 일부는 자기발열에 의해 열로 변하고 일부는 분자활동을 활성화 시키는 활성화 에너지로 작용한다.

이러한 원적외선을 이용한 가열은 열손실이 적고 가열시간이 단축되어 에너지 절약효과가 클뿐아니라 도장건조시 표면과 내부가 균일하게 건조되기 때문에 매끈하고 깨끗하게 마무리되며 식품 건조시에도 외모의 변형 및 영양가에 손상이 생기지 않아 좋은 품질을 유지할 수 있다.

Ⅲ. 원적외선 튜브히팅 시스템

1. 개요

적외선 난방의 의미는 태양이 지구표면을 가열하는 것과 같은 방법으로 근적외선(High Intensity Infra－Red)방식과 원적외선(Low Intensity Infra－Red)방식으로 대별할 수 있고 Radiant Heating System은 전자파(Radio Wave)와 X－Ray형태의 원적외선을 이용하는 종래의 열전도나 대류를 이용한 열전달방식의 난방기와는 전혀 다른 최첨단의 이상적인 난방 시스템이다.

기기에서 Gas를 직접 연소하여 원적외선 입자를 물체에 방출하고, 물체에 충돌될 때까지 직선으로 나아가 흡수되면서 열로 바뀌게 된다. 이때 원적외선은 물체까지의 공간공기를 가열하지 않는다.

이는 동일조건의 공기이동이 있는 양지와 음지에서 설명될 수 있다. 즉 양지에서 태양의 풍부한 적외선을 흡수할 때와 음지에서 반사되어 얻는 소량의 적외선을 흡수할 때 느낄수 있는 체감온도의 차이이다.

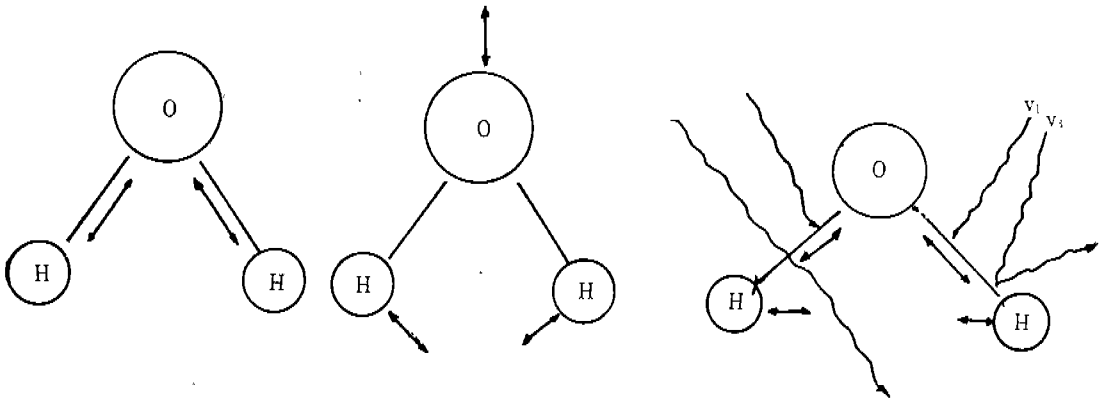
또한 체감온도란 공기의 온도(Air Temperature), 방열온도(Infrad—Red Radiant Temparature) 및 공기의 이동(Air—Velocity)에 의하여 결정되고, 본 시스템은 이러한 사실을 근거로 하여 방열온도 및 공기온도에 민감하게 반응하여 실제적인 체감온도를 정확하게 측정할 수 있는 반구타입의 온도감지기를 사용하고 있으며 낮과 밤, 시간별 및 지역별(Zone)은 기기를 조정할 수 있는 콘트롤 시스템을 사용하므로써 타기종과 다른 혁신적인 연료절감을 이룩할 수 있다.

2. 원 리

각종 물질을 구성하는 여러가지의 분자 구조는 그 원자의 질량과 구조상의 집결방법이나 배열의 상태 및 그것들의 결합력 등이 다르므로 특유의 진동과 회전 주파수를 갖고 있다. 즉 끊임없이 늘어나기도 하고(신축운동), 혹은 각도를 변화(변각운동)시키고 끊임없이 계속하는 것이다.

진동의 일례로서, 진동하고 있는 물분자에 전자파를 쪼이면 전자파에 진동수(파장)가 분자진동수에 일치하는 경우에는 그 전자파를 흡수해 그 전자파가 가진 에너지에 의해 분자진동이 활발하게 된다. 즉 분자진동이 활발하게 됨에 따라 온도가 상승하게 된다 <그림 2>.

전자파의 진동수가 분자진동의 진동수에 일치하지 않는 경우에는 그 전자파는 모두 투과 또는 반사되어 버린다. 일반적으로 식품가공의 대상인 수산화물 농작물 등의 고분자 물질은 2～25미크론의 파장을 잘 흡수하므로 원적외선 가열에 적합하다. 이 흡수



$v_1 = 1.1 \times 10^{14}$Hz ($\lambda = 2.7\mu$m)　　$v_2 = 4.9 \times 10^{13}$Hz ($\lambda = 6.1\mu$m)　　v:진동수

<그림 2> 물분자의 분자진동형태와 적외선의 흡수,투과,반사도

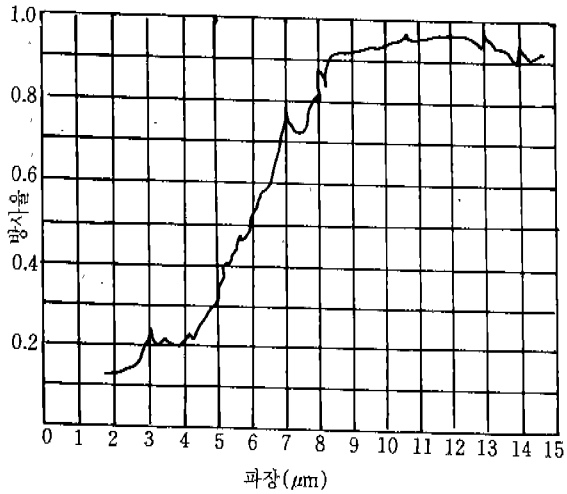
파장에 상당하는 원적외선을 쪼이면 가장 효과적인 가열에 적합하다. 이 흡수파장에 상당하는 원적외선을 쪼이면 가장 효과적인 가열을 얻을 수 있고, 이 파장을 효율 높게 방사하는 원적외선 방사체의 종류와 사용온도 선정이 필요하게 된다.

3. 원적외선 방사물질과 특성

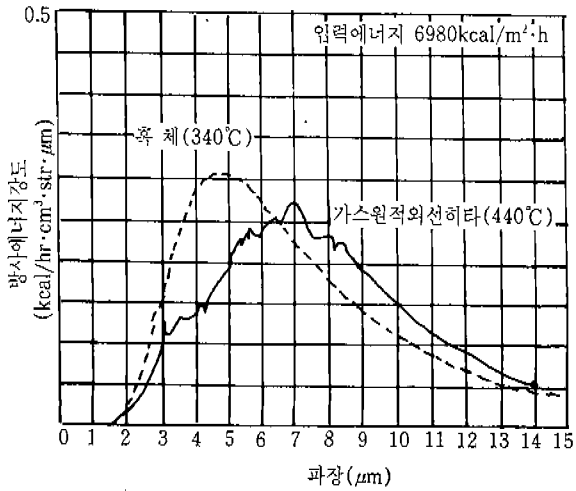
원적외선 방사물질에는 지르코니아($ZRO_2 \cdot SiO_2$), 산화티탄(TiO_2), 알루미늄(AL_2O_3), 규석(SIO_2) 등이 있지만 사용면에서는 방사특성이 우수함과 동시에 열충격 기계적 강도도 우수해야 한다. Gas원적외선 Heater에 사용하고 있는 지르콘($ZRO_2 \cdot SIO_2$)계 원적외선 방사물질의 적외선 방사특성을 <그림 3>에 나타내었다.

짧은 방사파장 영역의 방사율이 적고, 긴 파장의 원적외선을 잘 방사하고 있다.

계산에 의해 얻은 표면온도로 방사에너지 강도를 구한 것을 <그림 4>에 나타내었다.



<그림 3> 원적외선 히타의 방사특성



<그림 4> 파장별 방사 에너지분포

동일 입력 에너지에 있어서 Gas원적외선 Heater는 단파장 영역의 방사율이 적으므로 흑테에 비해 표면 온도가 높게 되고 이 때문에 긴 파장 영역의 방사 에너지가 흑테보다 크게 되는 특징이 있다.

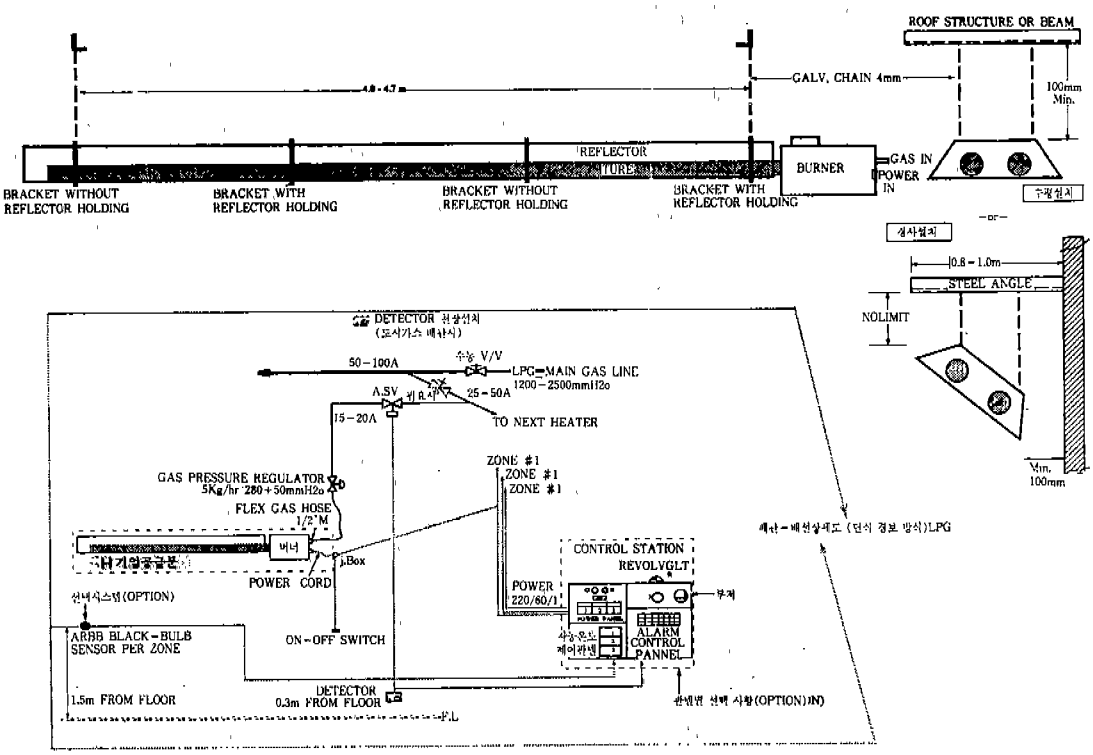
4. 사양 및 구조

Gas원적외선 Heater는 표면상에서 균일하게 가열하는 것이 필요하며 원적외선 방사 물질을 표면에 도포한다는 전제조건에서 열의 손실이 적은 Tube Heater로 하며 표면 방사를 하도록 Multi Tube방식으로 하고 원적외선 방사 물질을 표면에 도포한 Tube를 내측에서 가스버너에 의해 400~650℃로 가열하여, 이 Tube에서 고효율이 원적외선을 방사시키는 구조로 되어 있다. 이 원적외선 Tube는 수평 또는 경사형으로 설치해 Burner에 의해 균등하게 가열되도록 되어 있으며 설치 요구조건에 따라 일부 변경할 수도 있다. 또한 Tube길이 방향의 온도분포를 균일화 하기 위해 연소 공기를 진공팬으로 흡입시켜 안정된 연소 방식을 취하고 있다. 이 Fan에서의 연소 배기 Gas는 난방지역의 외부로 배출하거나 지역내에 잔류시켜 간접 가열의 효과를 얻을수도 있다.

가. 연소장치

1) 압력 조절기와 Solenoide Valve 장착으로 적절한 압력의 연료가스를 노즐에 공급 분사 연소하고 온도 조절기에 의하여 Solenoide Valve가 개폐 작동하여 점화 및 소화한다.

2) 점화시에는 전기 점화장치에 의하여 점화되며 점화후 화염 감시장치에 의하여 연소상황을 감시한다.



<그림 5> ER—38 TYPICAL·INSTALLATION (단식 경보 형식)장치도

3)Heater Tube의 배출구에 진공 Fan이 있어 연소 Gas를 배출함과 동시에 연소 공기를 흡입한다.

4)연소공기는 연료Gas 노즐이 분출에 의한 벤츄리 효과에 의하여 1차공기가 혼합되어 연소하고 진공 배출 Fan에 의하여 2차 공기가 흡입되어 완전 연소한다.

5)연소공기의 흡입상태를 확인할 수 있는 진공 검출 스위치가 있어 안전하게 완전 연소할 수 있도록 Interlock 되어 있다.

6)연소방식은 Tube내의 밀폐된 공간에서 연소함으로 화염이 외부로 나오지 않음으로 화재에 안전하다.

나. 안전장치

1)버너 점화 콘트롤에 의하여 안전하게 점화한다.

2)Vacuum Fan으로 점화전 소화후 연소실 및 Tube 내의 미연소 Gas를 배출함으로 재점화시 폭발에 대한 위험이 없다.

3)화염 감시 장치가 있어 실화에 의한 미연소 Gas 배출 화재 폭발에 대한 위험이 없다.

4)Vacuum Fan에 의해 과부하 및 과열방지 되고 릴레이 및 입력퓨즈에 의해 전기장치의 안전이 유지된다.

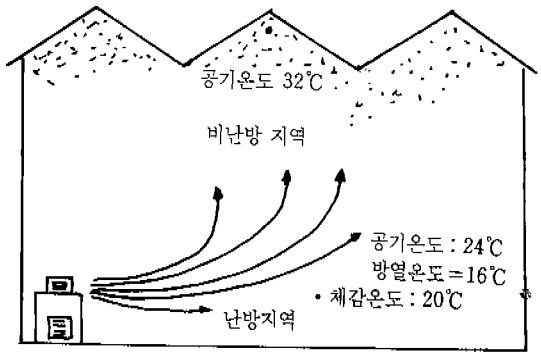
<그림 5>에서는 설치 및 경보장치의 예를 보여주고 있다. 설치 장소의 여건에 따라 수평 및 경사설치가 가능하다.

Gas누출시 Gas Detector에 의해 감지된 후 Control Station에서 각 A.S.V 차단 Gas공급을 중단하고 Gas공급이 중단되면 Burner도 자동 소화되게 되어 있다.

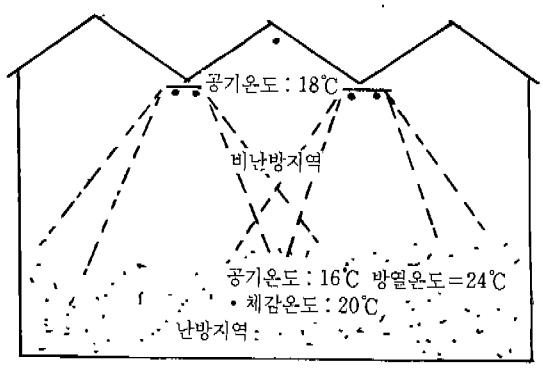
5. 특 징

<그림 6>은 실내 체감온도를 20℃로 유지시키기 위한 온풍공급 난방과 원적외선 난방의 비교로서 왜 Radiant Heating 난방시스템이 산업용으로 채택되어야 하는가를 보여준다. <그림 6(A)>는 온풍공급 난방식 실내온도 현황을 나타내며 온풍공급으로 실내온도가 24℃일때 평균방열온도는 16℃가 되고 이때 체감온도는 20℃를 유지할 수 있다. 또한 대류현상으로 인하여 불필요 난방지역인 천장공기가 32℃에 달하게 되며 이는 작업중 발생되는 먼지 유해Gas 등을 배출하기 위한 환기구에 의하여 밖으로 도출하게 된다.

반면 <그림 6(B)>는 가스 원적외선 난방으로서 기기 자체로부터 가스를 직접 연소하여 원적외선이 방출되고, 이는 충돌 흡수시 열로 전환되어 방열하므로 평균 방열온도가 24℃일때 실내 공기온도는 단지 16℃가 되고 체감온도는 20℃를 유지케 된다. 이때 측정된 천장의 공기 온도는 단지 18℃이다. 이



(A) 온풍공급난방

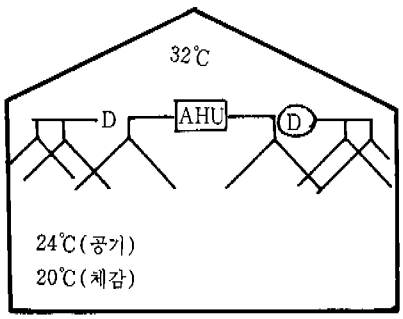
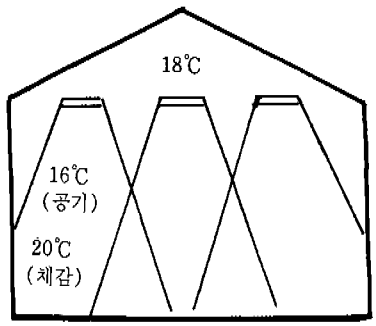


(B) 원적외선 난방

<그림 6> 원적외선 난방과 온풍공급난방의 비교

는 불필요한 공간을 난방하게 되는 엄청난 에너지를 절약할 수 있고, 먼지 유해Gas 등이 섞인 공기를 이동시키지 않으므로 쾌적한 작업환경 유지 및 난방을 할 수 있으며 설치를 원하는 어떠한 장소에도 간편히 설치하여 모든 시스템을 자동으로 콘트롤 할 수 있다.

<표1>보일러 온풍식과 AMBI-RAD시스템의 비교

구 분	보일러 온풍식	AMBI-RAD 시스템
개 요	기계실에 보일러를 설치, 난방목적 건물에 증기를 공급하며 건물 천장에 설치한A.H.U에 의하여 열교환된 온풍을 Dirivent로 공장 전체를 난방하는방식.  	원적외선 열복사 히터로서 히터에 내장된 버너로 튜브를 가열하여 고효율의 원적외선을 목적물에 분사시켜 복사열과 함께 난방효과를 얻는 방식. 
장 단 점	온풍방식은 사무실 건물과 같이 천정이 낮은 시설에는 적합하나 천정이 높은 제조시설에는 온풍의 고온성층 현상으로 난방효과가 격감된다. 국부 난방과 작업계획에 따른 난방 지역의 선택공급이 매우 힘들다. 불필요한 공간의 난방으로 에너지 절약이 어렵다. 보일러로부터 난방지역까지의 열손실이 매우 높다. 1.5시간 정도의 예열이 필요하며 Dirivent의 풍속으로 분진이 발생하여 품질에 지장을 줌. 수명이 짧으며 (6-10년) 정비유지비가 높고 전문관리 요원이 필요하다.	원적외선 분사각도와 도달거리 범위내에서 난방효과를 내며 피사체로부터의 복괴열을 이용하여 집중적으로 난방 목적물의 체감온도를 높혀주며 고온성층 현상이 현저히 감소된다. 국부 난방은 물론 각개의 히터, 국부 또는 전 건물의 난방공급을 선택적으로 할 수 있다. 필요공간에 난방을 공급하며 온풍식 보다 25-50%, 세라믹가스히팅 대비45% 에너지 절감. 히터에 내장된 버너에서 난방지역까지 열을 직접공급, 중간손실이 없으며 예열이 필요없다. 원적외선 분사로 온풍의 이동이 없어 먼지가 발생하지 않으므로 위생적이며 소음이 적다. 수명이 15-20년 이상되며 정비가 간단하고 전문관리요원이 필요없다.

6. 난방시스템의 비교

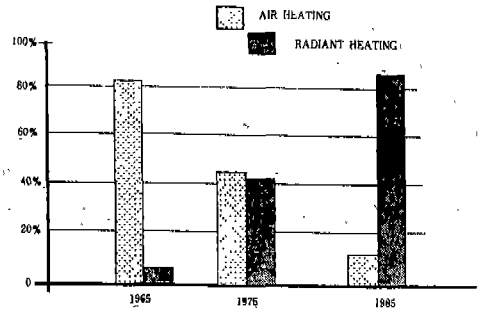
구 분	보일러덕트온풍식	스팀유니트 히터	AMBI-RAD튜브형	세라믹 히터
난방방법	증기－배관－덕트－온풍	증기－배관－온풍	원적외선	중적외선
난방효율	38%	42%	76－83%	42%
연소효율	84%	84%	99.9%	99.9%
배기온도	외부방출	외부방출	250도(유독가스 상향)	1040도(유독가스 하향)
열 손실	보일러, 배관, 덕트	보일러, 배관	17－24%	57－71%, 1040도 배기
열 방향	고온성층	고온성층	하향복사 74－82%	하향복사 29－43%
국부난방효과	거의 없음	거의없음	좋음	좋음
예열시간	1.5시간	1.5시간	0.2시간	0.2시간
설치높이제한	3M 이내	4M 이내	12－18M까지 가능	3.3M이내
분진	분진 대량발생	분진 대량발생	분진없음	분진 없음
소음	많음	많음	적음	아주 적음
전기	대량 소요	대량소요	아주 적음 30와트/대당	필요 없음
자동제어/난방공급	어려움	어려움	개별, zone별 공장별 가능	개별
수명	7년(배관－덕트 5년)	7년(배관－히터 4/5년)	12년	4－5년
정비비용	많음	많음	적음	많음(세라믹 교체 매2년)
위치변경	매우 어려움	어려움	쉬움	쉬움
고장/수리	매년 정기수리	매우 잦음	거의 없음	잦음
전문관리요원	필요/자격증	필요/자격증	필요 없음	1명 필요
안전도	안전/관리요원 상주시	안전/관리요원 상주시	안전/화염감시장치 및 자동차단 밸브 부착	화재위험－화염 상시노출
초기투자비	매우 높음	높음	적음	적음
작업공간차지	많음	많음	거의 없음	지지대 설치로 공간차지
미관	나쁨	좋음	좋음	화염노출로 거부감
산업재해위험	분진, 소음	분진, 소음	없음, 혈류촉진	고온독가스(두통,탈모,현상)

7. 현 황

1938년 미국 포드 자동차에서 자동차 도장건조를 목적으로 사용되었고 1962년 독일의 큐볼러사에서 튜브형 원적외선 히터를 개발, 일부 상업화 하였으며 1973년 에너지파동시 독일과 영국에서 본격적으로 개발하여 상업화 하였다.

1975년을 기점으로 하여 원적외선 난방이 급속히 보급되어 1985년에는 대다수의 공장이 원적외선 난방 시스템을 채택하고 있다 <표2 참조>.

<표 2> 공장난방 형태별 비율



원적외선 난방의 적용 범위는 각종 제조공장 및 섬유 전자공장, 항공기의 격납고, 실내체육관, 위험물 취급소, 교회, 극장 등의 공공시설 등 다양한 분야에 적용 할 수 있다.

Ⅳ. 맺음말

지금까지 기술한 바와 같이 Tube형 난방 시스템을 다른 난방 시스템과 비교해 볼때 월등히 뛰어난 난방 효율과 경제성을 지니고 있음을 알 수 있다.

또한, 벙커C유를 사용하는 보일러의 경우 심각한 공해문제를 안게 되며 선진국 뿐만 아니라, 국내에서도 매우 까다로운 정부의 제재를 받게 되며 정부의 시책 변경에 따라 그때 마다의 공해방지 시설을 계속적으로 보완하게 되어 이는 엄청난 비용을 추가 부담하게 된다. 더욱이 국내의 경우 가스 사용을 의무적으로 하도록 정부에서 규제하고 있으며 2년내에 전국적으로 시행될 계획이다. 그러므로 이러한 제반 문제를 모두 해결할 수 있는 난방 시스템도 원적외선 Tube Heating System이 가장 적합한 것으로 생각된다.

에너지절약효과

우리가 일상생활에서
조금만 "에너지절약"에 마음을 돌려도
이처럼 엉청난 규모의 나라 살림을 살찌우게 합니다.
그것은 결국 우리의 몫입니다.

내 용		연간절약금액
한집 한등 끄기(60W)		1,295억원
목욕물 15% 절약하기	아파트	36억원
	개인주택(5인가족)	68억원
난방온도 1~2도 낮추기	아파트	90억원
	개인주택	291억원
한사람 물 1ℓ 아껴쓰기		240억원
압력밥솥쓰기(4인가족)		250억원
가전기기 플러그 빼두기		40억원
TV보기 시간감축(2시간 기준)		210억원
다림질 한번에 모아서 하기		58억원
주택 단열하기(150만호 기준)		4,095억원
보일러 자주 청소하기(40만세대 기준)		109억원
백열등을 형광등으로 교체하기		46억원