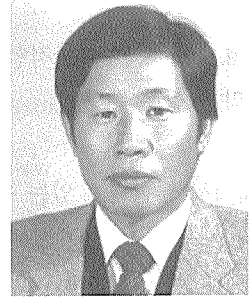


써모그래피로 본 원적외선 복사 특성에 대한 온열효과



백우현 · 경상대학교 자연과학대학 화학과 교수

1. 머리말

원적외선의 응용은 선택흡수작용을 이용한 가열수단과 함께 최근에는 원적외선의 복사 효과에 대한 관심이 의료 부분에서도 주목되기 시작했다.

원적외선은 전자파의 일종으로 스펙트럼상에서는 가시광선의 붉은쪽보다 더욱 긴 파장쪽에서 나타나며 강한 열작용을 가진 복사선으로 4미크론에서부터 14미크론 사이의 원적외선 복사에너지가 생물학적 효과와 깊은 관계가 있는 것으로 알려지고 있으며 특정파장과 일정한 광량을 가진 원적외선 복사에너지를 인체에 조사시키면 피부로부터 흡수된 열에너지가 피부의 수용기를 자극하여 인체에 영향을 미칠 수 있다고 생각할 수 있다.

원적외선 복사체에서 복사되는 원적외선의 복사특성이 열에너지 이동의 효율성이나 신속성을 이용

한 가열수단이 각광을 받게 됨에 따라 산업계뿐만 아니라 최근에는 상온영역에서도 복사되는 원적외선 복사체의 이용이 크게 주목되어 식품의 선도유지, 건강분야, 생활용품, 센서 등 비가열효과를 내건 다양한 원적외선 복사체의 복사특성을 이용한 제품이 등장함으로써 이러한 제품들에 대한 효과 규명이 활발하게 전개되고 있다.

지금까지 알려진 효과는 균일가열, 가열시간단축, 선택적인 가열, 유효에너지효과, 생육 촉진 및 세포 활성화, 온열효과 및 신진대사 기능 촉진능력 등이 뛰어난 효과로 알려지고 있다. 이러한 원적외선의 효능이 산업용으로부터 민생용으로 활발하게 이용되는 점이다. 최근 원적외선에 대한 연구, 개발이 폭넓게 진행된 결과, 다양한 기능을 나타내는 원적외선 복사소재와 제품이 등장하게 되었고, 원적외선 제품들이 널리 사용되고 있는 실정이다. 그러나 이렇게 점점 다양화되고 있는 복사소재, 응용제

품에 관하여 불분명한 점이 많고 확대 해석되는 경우가 많았다. 따라서 원적외선의 이화학적 특성과 원적외선 복사소재와 피사체의 물질 상호간의 작용효과에 관한 일련의 메커니즘을 정확하게 규명하여 원적외선의 이용에 대한 올바른 평가를 해야한다.

그러나 원적외선 복사체를 응용한 제품 가운데는 효과가 있다고 인정된 것도 있으나 많은 제품 가운데 과학적 근거가 명확하지 않은 것도 있어서 원적외선 복사체의 관련 산업을 촉진하기 위해서는 한국원적외선 협의회와의 역할이 어느때 보다도 중요하며 그 효과에 대한 과학적 근거와 평가방법에 대한 검토가 강력하게 요구되고 있는 실정이다.

2. 인체에 미치는 원적외선의 효과

최근 건강증진에 관심이 높아지면서 원적외선 복사체의 이용이 급증하고 있으나 원적외선의 생체 활

성화 효과에 대한 과학적인 평가는 미약한 실정에 있다.

국내에서 개발되고 있는 원적외선 복사체를 이용한 제품에 대한 평가는 주로 FT-IR에 의한 복사량과 복사강도에 따라서 제품을 평가해 오고 있다.

그러나 FT-IR에 의한 평가 방법에는 다소 미흡한 점이 있다. 예를 들면 시멘트에서 복사되는 원적외선 영역의 복사량과 복사강도는 다른 재료에 비해서 높게 나타나지만 시멘트의 독이 인체에 유해하다는 것은 잘 알려진 바인체의 적합여부를 다른 방법으로 평가해야 한다.

따라서 본고에서는 원적외선과 인체 상호작용에 대한 효과를 가능한 반응메카니즘을 통하여 규명하고자 한다.

2-1. 체내 자유활동 에너지

체세포는 혈액을 통하여 pH7.4와 체온 36.5°C의 조건을 중심으로 신진대사가 이루어지므로 이를 위해 인체는 내적세포환경의 항상성(Homeostasis)을 유지하며 살아간다. 저자는 체세포 신진대사의 원동력이 되는 ATP생성의 효율적인 측면을 중요시해 왔다. 그러나

36.5°C의 체온유지를 위해 방출된 에너지는 체내 체온유지 측면도 중요하지만 그보다 더 중요하게 체내자유활동에너지 측면에서 그 비중에 초점을 맞추고자 하였다.

체세포는 신진대사에 이용되는 열량보다도 포도당 1몰당 발생하는 열량이 2배이상 더 많다. 이 에너지에 대해 단순히 36.5°C의 체온유지라는 목적보다 또 다른 에너지(氣)측면이 있음을 강조하고자 한다.

표1. 인체 생성에너지

체내대사상태	1mol Glucose	ATP생성효율	방출에너지
Anaerobic condition (무산소상태)	56,000 cal	2APT(16,000 cal) 29%	40,000 cal
Anaerobic condition (유산소상태)	686,000 cal	38APT(304,000 cal) 44%	382,000 cal

최근 경락학의 연구동향은 경락혈위와 주위신경과의 관계, 혈관, 임파관과의 관계로 연구되고 있다. 그밖에 신경체액 조절기능, 경락과 주위 신경과의 관계설, 신경분절과의 관계설, 중추신경과의 관계설, 신경-내장-대뇌피질과의 관계설, 유전도설, 생물전기 등으로 경락의 실체를 입증하려는 연구가 계속되고 있는 실정이다.

또 한의학에서는 경락에서 기혈이 유주순행(流注循行)할 수 있는 것은 주로 경락을 통과함으로써 생

리기능이 실현된다고 했다. 혈액이 전신을 순행유주(循行流注)하는 것은 열기와 직접적으로 관계가 있으므로 그 열기를 열기라고도 한다. 기혈의 원천은 음식물중의 영양물질이 변화해서 생성된 것이며 이것을 곡기(穀氣)라고 칭한다. 영위(營衛)의 기는 모두 수곡의 정미가 변해서 생성된 것이며 경락을 통하여 전신에 산포된다고 했다. 종기는 수곡의 기와 대기의 기와 결합하여 생성되는 것이라고 했다.

위의 사실에서 저자가 생각한 체내자유활동에너지(Internal Free Active Energy: IFAE)개념을 포함한다고 볼 수 있으므로 이것을 기의 원천이라고 보았다.

△ IFAE = 방출에너지 + ATP이 용 중에 발생하는 에너지 + 체의 부터 조사받을 물리적 에너지 + 기타

위의 표1을 토대로 보면 세포신진대사에 이용된 ATP에너지 보

다도 2배이상 더 많은 양의 방출 에너지와 체내자유활동에너지의 비중에 대하여 초점을 맞추고자 하는 이유는 체내자유활동에너지 (LFAE)가 에너지의 원천이 된다는 개념을 피력하기 위해서이다.

2-2. 체내자유활동에너지의 흡수와 생리기능

체표면에서 복사되는 3-5 μ m 파장의 에너지중에서 46%를 차지하는 8-14 μ m파장의 원적외선이 인체에 흡수되면 이것은 물과 유기체 화합물의 흡수스펙트럼과 일치하기 때문에 8-14 μ m파장은 인체가 요구하는 흡수파장대이므로 피부가 온화하고 기분좋은 온도 감각을 유지하면서도 공명흡수와 분자 및 원자의 공명과 공진운동을 통하여 자연의 순리본능적 흡수방법을 이용하여 체세포의 신진대사활성화를 얻을 수 있다고 본다.

혈액 속의 K⁺와 Na⁺의 흡수 파장이 각각 766.5nm와 570nm에서 최대라는 사실과 더욱이 이 파장대는 세포속으로 아미노산에 대하여 공명흡수작용을 일으켜 세포속의 신진대사를 촉진한다는 사실을 알게 되었고 또 630nm파장은 혈액속 Hb 및 수분에 침투하여 생체신진대사를 활성화시키는 사실도 알게 되었다.

피부흡수는 원적외선의 심달력에 의하여 4-5cm까지 도달하며 이는 실제로 표피의 10 μ m이하 얇은 부위에서는 그림4와 같이 모두 흡수되고 그 다음부터는 분자운동의 에너지 전달방법에 의하여 심달력의 깊이까지 영향을 미친다.

인체는 미량의 원적외선으로도 상대방에게 원적외선 전달을 효과적으로 할 수 있다고 본다.

여기서는 원적외선이 신비의 비결을 간직한 세포의 receptor에 어떻게 작용하는가에 대한 작용기전을 규명하기 위하여 원적외선 복사체로 황토를 이용하여 일련의 에너지 변화과정을 의료용 써모그래피를 이용하여 인체에 미치는 온열효과를 정량적으로 접근해 보았다.

3. 의료용 적외선 체열영상장치의 개요

본 기기는 적외선의 원리를 이용하여 전체적인 온도분포를 보여주는 장비로서 적외선 파장 에너지와 온도와의 비례관계인 Steffan Boltzman법칙 즉, $W = \delta T^4$ 의 원리를 이용, 적외선 파장에너지를 전기신호로 전환, 영상분석기를 통하여 열화상을 보여준다.

적외선은 대기 중에서 전혀 간섭을 받지 않고 통과하기 때문에 거리에 관계없이 동일한 온도를 나타낼 수 있다. 본 적외선 기기는 적외선을 흡수하여 전기신호를 전환, 영상신호로 송신되는 적외선 카메라와 이 영상을 분석할 수 있는 영상분석기 및 각종 적용분야에서 사용할 수 있도록 부속품으로 구성되어 있다.

4. 의료용 적외선 체열 영상 진단검사 (Medical Infrared Thermographic Imaging)의 역사

신체의 피부에는 혈관과 신경이 밀집되어 있어 말단 부의 체온 조절에 중요한 역할을 하며 체표면 (Body Surface)에서 수mm 이내의 혈류 조절 (Blood Flow Regulation)은 주로 자율 신경계 (Autonomic Nervous System)에 의해서 조절이 되는데 인체 표면 (Body Surface)의 국소적이며 비대칭적인 온도변화 (Thermal Asymmetry)는 예로부터 많은 사람들의 관심의 대상이 되었다. 기원 전(B.C)400년 전 그리스의 히포크라테스(Hippocrates)는 이러한 인체의 온도분포를 이용하여 질병을 알아내고 치료에 이용하려 하였으며 환자의 몸에 진흙을 얹게도포한 후 빨리 건조되는 곳에 질

환이 있다고 추측한 것이 체열 검사의 시초이다.

그 이후로부터 인체의 온도차이를 정량적으로 측정할 수 있는 기구의 필요성으로 1592년 갈릴레오(Galileo)가 Thermoscope를 발명한 것을 시작으로 Jean rey(1630), Roemer(1702), Fahrenheit(1714), Celsius(1742) 등이 각기 온도 측정계의 발명을 하였으며 임상 진단에 사용될 수 있는 현대적인 의학용 온도계(Clinical Thermometer)는 1871년에 Wunderlich에 의해 논의되었으나 주목을 끌지 못하였다. 한편 1800년에 William Herschel에 의해 적외선(Infrared ray)이 발견되었으며 40여년이 지난 후 그의 아들 John. G. Herschel이 적외선을 영상처리하는 방법을 연구하여 『Thermograph』라고 명명하였다.

이러한 적외선에 관련된 응용기술(Infrared Applied Technology)은 제 2차 세계대전 중 금지되었다가 1948년 Leo Massopurt가 신체 접촉 방식의 임상적인 적외선 체열 촬영을 시행하였으며 1956년 Lawson이 1929년 Czerny에 의해 개발된 Evaporograph를 이용하여 유방암 조직의 고온상승증(Hyperthermia)을 관찰하였다. 이

러한 초기의 피부 온도 측정 방법은 서로 다른 금속을 사용한 Thermocoupling이나 Oil등을 이용한 Evaporograph가 사용되었으며 좀 더 값이 싸고 예민한 검사 방법을 찾게 되어 콜레스테롤 액정(Cholesterol Liquid Crystal)을 발견하여 체열 검사에 이용하게 되었다.

이러한 콜레스테롤 액정은 분자 배열이 온도의 변화에 따라 색상의 변화를 초래하게 되어 신체 피부의 온도 변화를 가시적인 색상으로 나타내었으며 초기에는 이를 액체 형태로 직접 피부 표면에 분사하거나 도포를 하여 체열의 변화를 관찰하였으나 환자에게 불편감을 주어서 이를 보완하여 단단한 액정판(Liquid Crystal plate)을 사용하게 되었으나 이 방법 역시 실제 이용에서 많은 불편이 있어 액정을 얇은 천에 넣어 피부에 접촉시킴으로서 진단에 사용하였다.

1973년에 Duensing은 신경근육 질환(Neuromuscular Disease)의 진단에 적외선 체열 촬영을 처음 사용하였으며 1982년 Pochaczewsky와 Wexler는 접촉식 액정 체열 촬영 장치(Liquid Crystal Contact Thermography; LCT)를

사용하여 요추 간판 탈출증(Lumbosacral Disc Herniation)을 포함한 신경근 병변의 진단에 적외선 체열 영상 진단검사가 매우 유용함을 보고하였다.

1985년 Mills등은 요추강 협착증(Spinal Stenosis)환자에서 기존의 검사가 단순히 좌우 색상 비교의 질적인 검사인데 반하여 좀 더 객관적으로 진단하기 위하여 하지(Low Extremities)를 각 부분별로 구획을 정하여 온도차이(Temperature Differences)를 측정하였으나 접촉식 액정 체열 촬영 검사(Liquid Crystal Contact Thermography)는 온도의 변화에 대한 색상의 변화가 일정하지 않고 인접 색상으로의 변화가 갑자기 일어나 자연스럽지 못하며, 정량적인 측정보다는 질적인 측정으로 판독에 객관성이 결여되어 있었고 신체의 굴곡 부의 촬영 및 넓은 범위의 체열 촬영시 어려움이 있었다.

그러나 그후 컴퓨터 및 전자공학 기술(Electronic Technology)의 급속한 발달로 컴퓨터 적외선 체열 영상 진단 시스템(Computerized Electronic Medical Infrared Thermographic Imaging System)이 개발되어 신체에 접촉하지 않

고 편안한 자세로 촬영할 수 있게 되었으며 인체의 모든 집합 부위의 미세한 체열 변화도 정량적으로 정확히 측정할 수 있게 되었다.

5. 황토를 이용한 원적외선 복사체의 제조

5-1. 황토 선정의 배경

온돌용 바닥재를 이용 개발하여 본 실험에서 사용한 원적외선 복사체는 인체에 적합한 파장과 복사에너지의 특성을 갖는 황토를 선정하였다. 왜냐하면 원적외선의 복사체에 신체의 체온 정도의 열을 가해주면 광에너지가 복사되어 나오는데 황토를 이용한 미장 몰탈에서 나오는 복사파장은 인체의 감각에 작열감이 없으며 온화하고 부드러운 열감을 주는데 이 약한 듯한 온감이 가장 중요한 점이며 원적외선의 5.6-14미크론 파장대의 "미약한 광에너지"가 인체를 구성

하는 분자와 공진작용을 일으켜 분자운동을 활발하게 함으로써 열에너지로 전환되어 신진대사를 촉진시키는 효능이 뛰어난 재질을 선정하였다.

5-2. 황토의 물리화학적 특성

본 실험에 사용된 황토는 국내에서 산출되고 있는 여러지역의 황토를 채취하여 본 실험에 부합되는 황토의 물리적 특성은 표2에 나타내었으며 화학적 조성은 표3에 나타내었다.

황토의 결정구조는 그림1에서 보는 바와 같이 2:1층상구조를 가지는 3층 구조로서 Si와 O의 결합으로 이루어진 tetrahedral sheet와 Al과 O와의 결합으로 이루어진 octahedral sheet가 Tetrahedral-Octahedral-Tetrahedral sheet와 같이 3개의 sheet가 반복적으로 겹쳐서 1개의 layer를 구성하는 2:1형 구조이다. 이와 같은 구조적 특

성은 tetrahedral 내에 Si^{+4} 이온 대신 Al^{+3} 이온과 octahedral내에 Al^{+3} , Fe^{+3} 이온 대신 Mg^{+2} , Fe^{+2} 이온 등의 isomorphic substitution에 의하여 negative charge가 일어나며 이것은 중화하기 위하여 Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} 및 H^+ 이온이 약하게 부착된다.

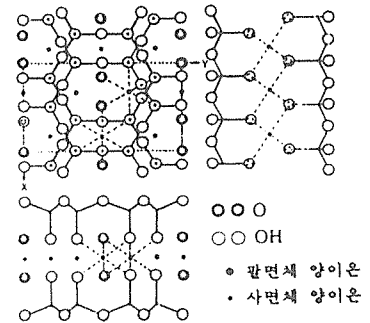
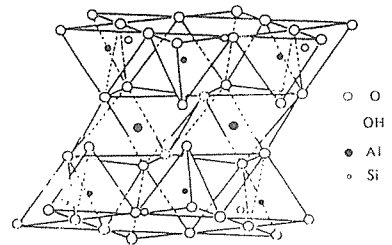


그림1. 황토의 결정구조

표2. 황토의 물리화학적 특징

	황 토
광물구조	2:1형(양쪽공극)
비표면적(BET식)	35.3~48.15
양이온교환용량(meq./100g)	80~150

표3. 황토의 화학적 조성

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₂	CaO ₂	K ₂ O	MgO	TiO ₂	CuO	Na ₂ O	CuO
황토	63.5	17.9	3.1	2.6	0.6	4.0	0.4	1.23	2.27	1.32

5-3. 원적외선 복사체(황토)의 분광학적 특성

미국의 Eletro-optical 의 흑체로와 Bio-Rad사의 FTS-40 FT-IR 을 이용하여 복사에너지 및 복사율은 다음과 같은 조건으로 측정하였다. 온돌용 바닥재에 사용된 황토와 원토를 비교·평가한 결과 원토 보다도 온돌용 바닥재에 사

표4. 원적외선 복사율과 복사에너지

시료명	구분	평균복사율	복사에너지(W/m ² .μm.40°C)
황토(원 토)		0.88	3.54×10 ²
황토(가공품)		0.93	3.74×10 ²

용한 황토의 원적외선 복사율이 더 좋은 결과를 보였으며, 그 복사율과 복사에너지를 표4에 나타내었다.

결국, 국내산 황토의 원석을 용도에 알맞은 소재로 가공하여 사용하는 것이 제일 중요하게 생각되며 원적외선 복사특성을 조사해본 결과 온돌용 바닥재에 투입한 황토의 선정은 우수한 것으로 평가된다.

6. 써모그래피를 이용한 원적외선 온열효과 측정

써모그래피란 인체의 피부표면 온도를 2차원 영상으로 표시하는 방법으로 이학적으로 표현하면 원적외선(8~12미크론)사이의 에너지 분포를 가시화한 것이다. 의료용 써모그래피는 최근 디지털 영상처리 장치를 개발함으로써 비약적으로 진단 가치가 높아지고 원적외선을 피부에 조사시키면 피부조직 내에 흡수되어 열로 변하고, 이 열을 피부조직의 온도를 상승시켜 조직내의 열과 통각 수용기

를 자극해서 온열감과 통각을 느끼게 한다.

이와 같은 원적외선 복사체에 대한 인체의 온열효과를 조사하기 위해서 황토를 사용한 온돌용 바닥재와 기존 시멘트온돌 바닥면을 상온에서 온도의 분포 37°C로 가열하면서 시간의 경과에 따라 인체에 대한 온열효과를 조사하기 위하여 일본의 Nippon Avionics사의 Thermal video system(TVS-200MK II)장치를 이용하여 비교 실험을 행하였다.

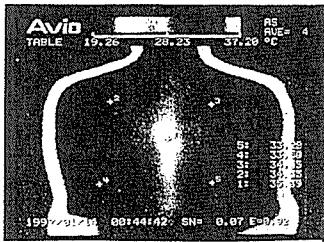


그림2. 시멘트 온돌바닥에 눕기전

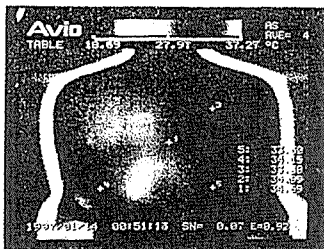


그림4. 시멘트 온돌바닥에 누운후 20분

7. 온열효과에 대한 써모그래피 영상 측정 결과

인체에 대한 보온 여부는 원적외선 복사체(황토바닥)의 조합에 따라 온수보일러로 보온 여부를 행하였고, 인체에서 등부위를 써모그래피로 촬영하였다. 방바닥의 표면 온도를 37°C까지 상승시키면서 관찰하였다. 그림 2는 시멘트온돌 바닥 위에 눕기 전에 건강한 40대 남자의 등부위를 촬영한 사진이며, 그림 3은 표면온도가 37°C가 될 때까지 온도를 상승시킨 후 일정한 온도를 유지하면서 20분간 누운 후 등부위를 촬영한 사진이다. 그림 4는 황토를 시공한 바닥에 눕기 전에 촬영한 등부위 사진이고 그림 5는 일반 시멘트 바닥재에서

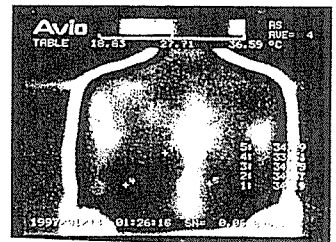


그림3. 황토 온돌바닥에 눕기전

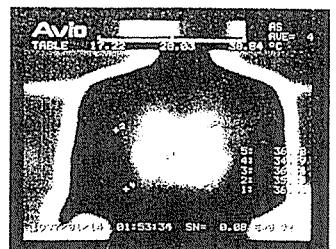


그림5. 황토 온돌바닥에 누운후 20분

동일한 조건에서 20분간 황토에서 누운 후 촬영한 사진이다.

보온 부여효과에 의한 인체 열화상의 시각 판정 및 보온부여 전·후 방열상태의 등부위의 피부 온도변화를 측정, 방열 변화율과 피부온도 변화를 수치 해석한 결과 Line에서 제작한 황토 바닥재가 온열효과에 의한 높은 열복사(피부온도)가 나타나게 되었다.

이와 같이 바닥재로 시공한 실내에서는 실내 바닥온도를 높이면 생체로의 보온효과에 차이를 보이고 있으며 보온부여에 의한 온열효과에 따라 발한 현상에 가까운 수분증발이 생겨 피부의 열전도계수가 증대되는 사실을 확인할 수 있었다.

또한 인체 열화상에 의한 피부 온도 해석은 보온 직후 피부온도와 수분(땀)을 동시에 열복사로써 계측하고 있으므로 피부온도가 낮게 나타난다고 판단할 수 있다.

8. 결론

의료용 써모그래피를 이용하여 원적외선 복사체의 온열효과와 복사체의 특성에 대한 이용 가능성에 대하여 일부 검토해 보았다.

이 결과 전체적으로 현저한 변화는 인식되지 않았으나 원적외선 복사체의 온도가 35.39가 되었을 때 인체의 등부위의 피부온이 일정하게 유지되는 상태를 보였다. 이것은 조건에 의해서 원적외선 복사체가 발산하는 원적외선 영역의 에너지가 온열효과를 지속적으로

보여주는 것으로 인식되며, 원적외선 복사체의 종류(특성), 형상, 가공기술에 따라 상당한 차이가 있는 것으로 생각된다.

따라서 원적외선 복사체의 복사 특성에 따라 상당한 차이를 보이고 있으며 원적외선 복사체의 복사스펙트럼 분포와 복사에너지를 정확하게 알 필요가 있다.

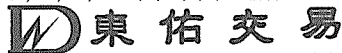
그러나 의료용 써모그래피에 의한 원적외선 복사체의 관측은 가능할 것으로 생각되며 인체에 대한 온열효과를 생각할 때는 원적외선 복사에너지가 인체성분에 어떻게 미치는지 여러 가지 조건을 충분히 확인한 후 시행하여야 할 것으로 생각된다.

동우 면상발열체 F.F FORM HEATER - 첨단 고분자 중합체 -



- F.F 히타로 만든 제품
- 원적외선 온열 흡이온 MAT, 온돌 찜질기
- 차량 트럭 MAT, 온열벨트, 조끼, 돈사 MAT
- 난방 패널, 건조기, 거울 습기방지기
- 사우나, 스마트, 원적외선 침구 외 다수
- F.F 히타의 용도
 - 가정용, 의료용, 레저용, 농수산 자축, 원예용, 공업용
 - 상하수도 및 시설의 동파방지용, 기타 활동기자재용
- 업체공급소재
- 면상발열체(F.F 히타) : PVC(부드러운 히타)
 - 온열 매트용, 찜질기

- 세라믹 슝
- F.F 히타 사양
- 사용전압 : 3V~440V(AC, DC 겸용)
 - 220V
 - 110V
- 규 격 : W.30MM~1,000MM
 - D.10W~3,000W까지
- 발열온도 : 영상온도에서 200°C까지 제작
- '91, '92, '93, '94 국제 세라믹스 산업전 전시업체



서울특별시 강남구 논현동 59-5(진성B/D 2층)
TEL:(02)514-6864~6 FAX:(02)515-5393