

# 遠赤外線의 放射와 應用(I)

김충혁\* · 송민종\*\* · 박춘배\*\*\* · 이준웅\*

(\*광운대 전기공학과, \*\*원광대 전기공학과, \*\*\*원광대 재료공학과)

## 1. 서 론

1800년 F.W.Herschel이 적외선에 관한 연구를 수행하던 중 장파장측에서 온열효과인 적외선을 발견하였는데[1], 1835년 A.Ampere가 이것이 가시광선과 같은 종류의 것임을 입증하므로서 오늘날 이에 관한 연구를 지속할 수 있게 되었다[2,3].

이러한 적외선의 이용은 명확한 이론정립이 없이 가장 먼저 가열, 건조분야에서 이용되어져 1930년 미국의 포드회사가 자동차 도장을 건조한 것이 시초였으며[4], 현재는 식품, 가전제품 등의 에너지 분야와 초전도 세라믹을 이용한 원격외선센서와 같은 계측분야, 그리고 적외선 투과 광케이블을 이용한 통신분야 등 광범위하게 이용되고 있다.

한편, 최근에는 특수한 세라믹으로부터 방사되는 원격외선을 음식물에 쬐이면 미지의 『비열효과』 또는 『실온효과』에 의하여 음식물의 맛을 향상시킨다는 보고가 있어 이것이 화제가 되고있다[5]. 그러나 이들의 대부분은 미각이나 취각 등 관능에 관한 객관적 판정이 곤란한 것이며, 이들을 실증 할 만한 과학적 자료가 없기 때문에 현재로서는 이들을 과학적 사실로서 받아드릴 수 없는 상황이다.

본 특징(I)에서는 우리들의 생활주변 곳곳에 침투되어 있는 『원적외선』이라는 용어에 대하여 올바른 정의와 함께 전기적, 광학적 성질들을 상세하게 설명하므로써 원격외선의 이용에 대한 이해를 돕고, 소위 『비열효과』에 대해서도 과학적 접근을 시도하

여 원격외선에 대한 과신이나 오해 등이 없도록 하고자 한다.

## 2. 적외선이란 무엇인가?

### 2.1 적외선의 분류

우주에 존재하는 물체는 모두 절대영도(-273°C) 이상의 온도를 지니고 있으며, 이들 물체로부터는 각각의 온도에 대응하는 적외선이 방사되고 있다. 적외선의 파장역에 대해서는 연구자에 따라 조금씩 다르게 보고되어 있으나, CIE 국제조명 용어집의 분류를 소개하면 그림 1과 같다.

이 지구상에는 주파수가 다른 많은 전자파가 존재하고 있다. 예를들면, 태양으로부터 쏟아지는 전자파, 통신에 이용되고 있는 전자파, 전력선 등으로부터 발생하는 전자파 등 각각양색이다. 따라서 우리들은 일상적으로 여러 전자파의 영향을 받으면서 생활하고 있으며, 물론 전자파의 혜택으로 문명 생활을 영위하기도 하지만 전자파에 의한 공해에 시달림을 받기도 한다.

보통 우리들이 광이라 하는 것은 자외방사와 적외방사 사이에 있는 전자파를 가르키는 경우가 많지만, 엄밀히 정의하면 이범위의 광은 가시광(Visible Lightwave)이며, 인간의 시각에 기초한 것이다.

## 전자파의 종류

## 파장 주파수

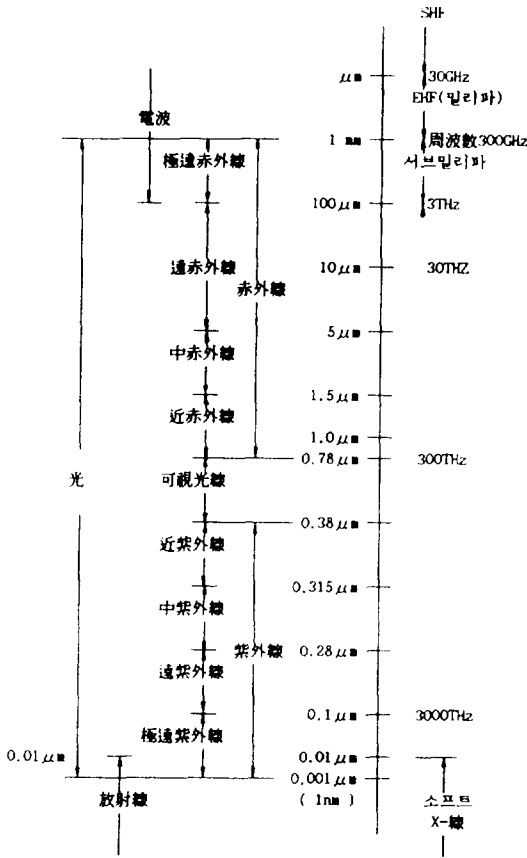
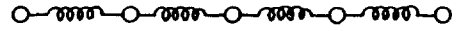


그림 1. 적외선의 분류

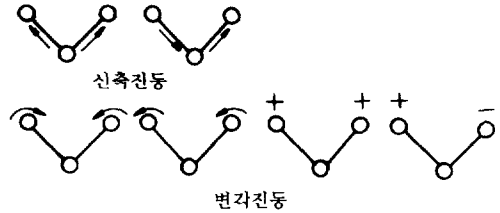
### 2.2 적외선의 성질

적외선이 물체의 표면에 투사되면 반사, 투과, 흡수의 현상이 일어나고, 이때 대개는 상대물체의 분자구조, 표면상태, 온도 및 적외선 파장 등에 따라 다르게 나타나며, 또한, 흡수된 적외에너지는 물질 내에서 열로 변환되기 때문에 흡수율이 큰 만큼 발열량도 크다.

열의 전달은 전도, 대류, 그리고 방사의 3가지로 분류되며, 전도와 대류는 고체 또는 유체 등의 매체를 통하여 열이 전달되는데 반하여 방사는 열원으로부터 직접 전자파가 방사되고 전달매체가 불필요하기 때문에 가열하는 물체만을 가열할 수 있는 장점을 지니고 있다. 적외선이 물질내에 어떻게 흡수되고 열로 변환되는가에 대한 명확한 규명은 아직 이



(a) 2원자 분자의 진동



(b) 3원자 분자의 신축과 변각진동

그림 2. 2원자 분자와 3원자 분자의 기준진동

루어지지 않았으나 다음과 같은 양자론이 지배적이다[6]. 모든 물질은 원자나 분자로 구성되어 있으며 이들은 고유의 결합구조를 갖는다. 또한, 각 분자는 전체적으로 회전운동을 하고 분자를 구성하는 원자간에는 그림2에 나타낸 것처럼 서로 신축진동이나 변각진동을 하고 있으며, 따라서 이들은 고유진동수를 지니고 있다. 이런 물질분자가 갖는 고유진동수는 대부분 적외선의 파장영역내에 있기 때문에 이러한 물질에 적외선이 투사되면 물질분자의 고유진동수와 일치하는 적외선이 공명흡수되어 분자가 여기되고 원래 상태로 되돌아 올 때 열로써 방출한다. 이것이 적외선이 흡수되어 발열하고 방열하는 이유로 알려져 있다.

그렇지만 실제 적외에너지를 흡수 하는데는 물질 분자의 구조나 진동에 관계하는 또 하나의 조건이 필요하다. 이것은 그림 2의 (a)와 같이 같은 종류의 2원자 분자인 경우 2개의 원자는 스프링 용수철로 결합된 것처럼 신축 진동만을 하므로 그 대칭성은 변화하지 않으며, 이와 같은 분자는 적외선을 전혀 흡수하지 않는다. O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> 등이 이에 속하기 때문에 공기도 적외선에 무관한 적외불활성인 것을 알 수 있다. 그러나 같은 2원자 분자의 HCl이나 CO 등과 같은 서로 다른 원자사이에서는 각각 크기가 서로 다르므로 그 진동은 비대칭적이 되어 분자의 쌍극자능률을 변화시켜 적외활성이 나타나게 된다.

그림 2의 (b)처럼 3원자분자인 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O와 같은 주기적인 신축진동 외에 결합축에 대하여 직각방향으로 변위하는 비대칭 변각진동을 하기 때문에 적외활성 또는 적외불투명체가 된다. n개의 원자를 갖는

비선형 분자에서는 (3n-6)개의 기준진동이 있으며, 이들이 각 적외선의 흡수에 관계하므로 다원자 분자로 되면 흡수대의 수는 많게 된다. 또한 변각진동은 선축진동 보다도 수많게 되어 소량의 에너지 밖에 필요로 하지 않으므로 그 흡수는 장파장측에서 주로 일어나게 된다. 대부분의 물질이 원적외 영역에서 많은 흡수대를 갖는 것은 이 때문이다. 이처럼 적외 흡수 스펙트리는 그 물질의 구성원자 종류나 결합방식 즉, 분자구조와 밀접한 관계가 있으므로 미지물질의 적외스펙트라를 측정하는 것에 의하여 그 물질의 분자구조를 알 수 있게 된다.

### 2.3 적외선의 방사규칙

이제까지는 물질이 적외선을 흡수하는 경우에 대하여 알아 보았지만 여기서는 적외선을 어떻게 하면 방사하고 어떻게 방사되는가에 대하여 알아보기로 한다.

#### 2.3.1 Plank의 방사공식

물질을 고온으로 가열시키면 열과 빛이 발생하는데 이 방사에너지는 Max Plank의 방사식에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{rb} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\exp(C_2/\lambda T) - 1} \quad [W/cm^2 \cdot \mu] \quad (1)$$

$E_{rb}$ : 흑체의 분광방사 발산도(또는 분광방사 에너지 밀도)

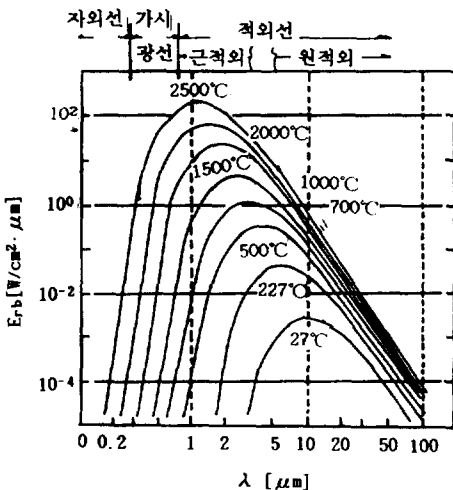


그림 3. 흑체의 분광방사 에너지 곡선

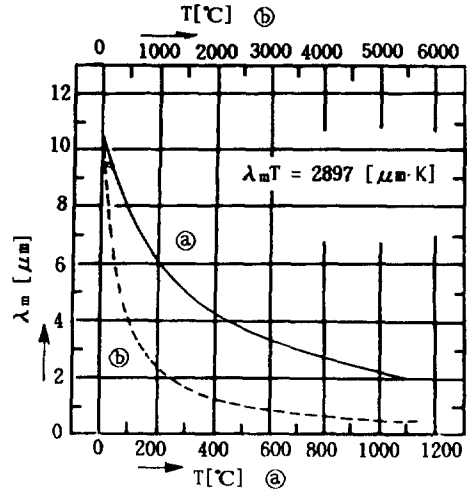


그림 4. 각 온도에서의 최대 방사파장

$\lambda$ : 파장[ $\mu m$ ],  $T$ : 절대온도[K]

$C_1$ :  $3.7415 \times 10^{-12} [W \cdot cm^2]$ ,  $C_2$ :  $1.4388 [cm \cdot K]$

여기서 식(1)은 물질이 이상적인 상태(흑체라 부른다)에서 적용되며, 실제 열방사의 기본이 된다.  $E_{rb}$ 는 온도  $T$ 와 파장  $\lambda$ 만으로 결정되며 (1)식에 각각의  $T, \lambda$ 를 대입하여  $E_{rb}$ 를 plot하면 그림 3과 같이 된다.

또,  $E_{rb}$ 의 피크는 고온일수록 단파장측으로 이동하게 되며, 피크파장  $\lambda_m$ 과 섭씨온도  $T$ 를 plot하면 그림 4와 같이 된다. 이것을 비인(Wien)의 변위칙이라고 하며 다음과 같은 관계를 나타낸다.

#### 2.3.2 Stefan-Boltzman의 법칙

어떤 온도에 있어서 흑체의 방사발산도  $E_b$ 는 그 곡선과 횡축에 둘러 쌓인 면적이므로

$$E_b = \int_0^{\infty} E_{rb} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\exp(C_2/\lambda T) - 1} d\lambda \quad (3)$$

$$= \sigma T^4 [W/cm^2]$$

여기서  $\sigma = 5.6697 \times 10^{-12} [W/cm^2 k^4]$ 로 된다.

식(3)에서 흑체로 부터의 방사발산도는 그 표면 온도만으로 결정되고, 절대온도 4승에 비례함을 알 수 있다. 이를 Stefan-Boltzman의 법칙이라한다.

이것을 그림 5에 섭씨온도로 나타냈으며, 그림 6은 온도상승에 따른 방사에너지의 증가 비율을 나타낸 것이다.

그림 6에서 보는 바와 같이 전방사에너지는 온도

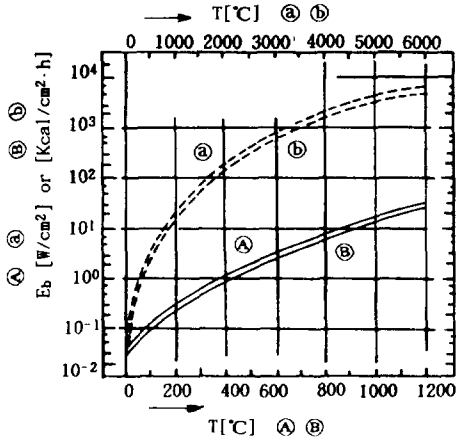


그림 5. 흑체 온도와 전방사 에너지 밀도

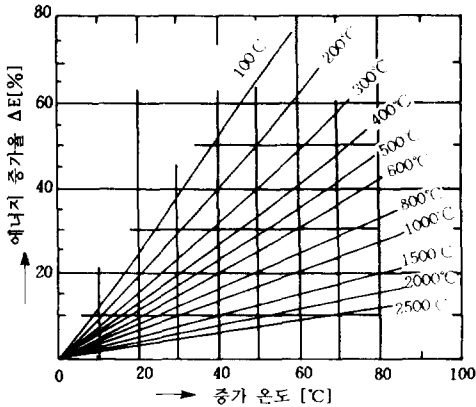


그림 6. 온도상승에 따른 방사에너지의 증가 비율

의존성이 크기 때문에 방사에너지를 크게 하고 싶으면 그 방사체의 표면온도를 높이면 된다. 또한, 실제 방사체로부터의 전방사에너지 밀도를 알기 위해서는 주위온도 또는 상대물체의 온도를 계산해 넣지 않으면 안된다. 따라서 (3)식은

$$E_b = \sigma(T^4 - T_c^4) \quad (3)'$$

T: 방사체의 온도 [K],  $T_c$ : 주위온도 [K]로 되기 때문에 만일  $T = T_c$ 라면,  $E_b = 0$ 가 되어 결국 방사에너지의 주고 받음은 없게 된다.

최근 원적외선의 『비열 또는 상온효과』라 하여 실온 상태에서 원적외선의 방사 흡수에 의하여 식품이 맛있게 된다고 하는 것이 화제가 되고 있지만 이 경

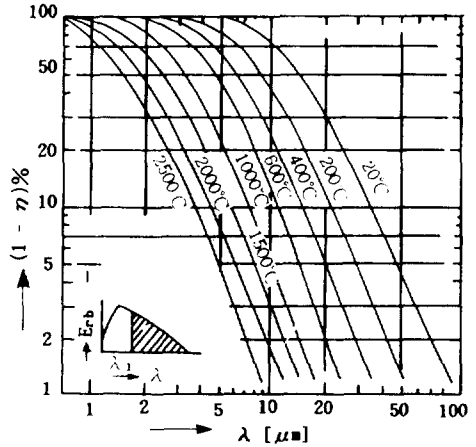


그림 7. 특정파장 영역의 방사에너지 비율

우  $T = T_c$ 이므로 주고 받는 방사에너지의 크기는 아주 미량이든지 혹은 전혀 없는지도 모른다.

### 2.3.3 부분파장 영역에서의 방사에너지

단위면적으로부터 방사하는 에너지량 즉 에너지 밀도는 방사체의 표면적과 파장분포가 중요한 요소가 된다. 그림 3의 분광방사곡선에서 특정파장  $\lambda_1$ 로부터  $\lambda_2$ 까지의 방사에너지에 대하여 고찰한 결과가 그림 7이다.

즉 사선으로 표시한 면적 B가 전방사량(A+B)의 몇 %에 해당하는가를  $(1-\eta)\%$ 로 표시한 것으로서 실온( $20^\circ\text{C}$ )에서는 파장  $10\mu\text{m}$  이상의 원적외방사에너지가 전방사량 가운데 74%,  $\lambda \geq 50\mu\text{m}$ 에서는 4%를 점하고 있다. 또,  $1000^\circ\text{C}$ 에서는  $\geq 4\mu\text{m}$ 가 약 36%,  $\lambda \geq 10\mu\text{m}$ 가 5%,  $\lambda \geq 50\mu\text{m}$ 은 0.1% 이하로 된다. 즉, 온도가 높은 만큼 원적외역에서의 방사에너지의 비는 적게된다.

### 2.3.4 장파장 원적외 영역의 방사량 비율

그림 8은 가시광, 근적외 및 원적외역에서의 방사비  $(1-\eta)'$ 를 각 온도에 대하여 나타낸 것으로서 파장  $\lambda \geq 20\mu\text{m}$ 의 방사량은 방사체 온도가  $200^\circ\text{C}$ 때 전방사량의 약 10%를 점하고 있으며, 나머지 90%는  $20\mu\text{m}$  이하에 속한것을 알 수 있다. 그래서 파장  $\lambda \geq 20\mu\text{m}$ 의 방사 에너지의 절대량을 높이기 위해서는 방사체의 온도를 보다 높게하면 좋지만, 그렇게 되

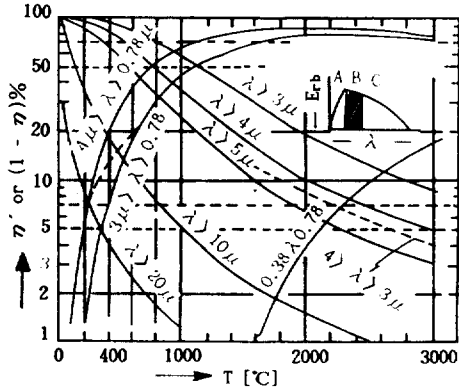


그림 8. 부분파장 영역의 방사비율과 온도

면 방사 비율  $(1-\eta)\%$ 는 점점 적게되어 효율이 떨어지므로 결국 이득은 없게 된다.

2.3.5 방사비 50% 이상을 접하는 파장과 온도

원적외역의 파장을  $\lambda \geq 4\mu\text{m}$ 인것으로 선정하면, 이 영역의 방사비  $(1-\eta)$ 는 그림 8로 부터 200°C에서 95%, 400°C에서 80%, 600°C에서는 63%의 방사를 하고 있다. 이것에 비해 근적외역영역 ( $0.78 \leq \lambda \leq 4\mu\text{m}$ )에서는 200°C에서 5%, 400°C에서 20%인것 처럼 원

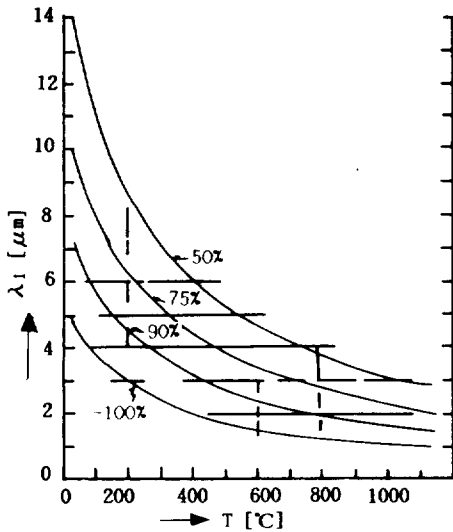


그림 9. 각 방사비율을 차지하는 하한파장과 방사체온도



그림 10.  $\lambda_m$ 을 경계로한 방사에너지 비율

적외역의 값과 대조적이다. 800°C에서 근적외와 원적외가 거의 50%씩으로 되며 800°C 이상에서는 근적외, 이하에서는 원적외쪽이 많게 된다. 방사비율이 50%, 75%, 90% 및 약 100%로 되는 온도와 파장을 그래프로 나타내면 그림 9와 같이 된다. 여기서  $(1-\eta)$ 가 75%인 곡선이 그림 4의  $\lambda_m-T$  곡선과 동일하게 되는 것은 그림 10처럼 분광방사에너지 곡선의 피크점을 경계로 하여 단파장측과 장파장측과의 방사에너지의 비는 항상 1:3의 관계가 있으며 [7], 장파장측이 전방사량의 75%를 점하고 있기 때문이다. 따라서 장파장측의 방사에너지가 75%를 점하는 파장이 피크파장  $\lambda_m$ 이라 할 수 있다.

3. 일반적인 물체의 방사

이제까지는 방사체가 이상적인 물체 즉, 흑체 일때의 방사를 설명했지만, 실제 일반 방사체에서는 흑체보다는 비교적 낮은 에너지를 방사한다. 이 이상과 현실과의 차이 즉 양자의 비율을 방사율 (Emissivity)이라 한다. 특히 각파장에서의 방사율을 분광방사율  $\epsilon_r$ 라 하며,  $\epsilon_r$ 를 전파장역에서 평균한 것을 전방사율  $\epsilon_t$ 라 하면,

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= E_r/E_b & \epsilon_r &= E_{rR}/E_{rB} & (4) \\ E_R &= \epsilon_t E_b = \epsilon_t \sigma T^4 \\ E_{rR} &= \epsilon_r E_{rB} \end{aligned}$$

로 된다. 때문에 흑체에서는  $\epsilon_t$ 나  $\epsilon_r$ 는 1.0이며 일반 방사체에서는 통상  $1.0 > \epsilon > 0$ 의 범위이다. 또, 고체 표면의 방사율  $\epsilon$ 과 흡수율  $\alpha$ 와의 사이에는  $\epsilon = \alpha$ 의 관계가 얻어진다. 표 1에 이미 측정된 각종 물체의 전방사율  $\epsilon_t$ 를 나타냈다[8].

3.1 적외선 방사열의 분류와 그 특징

3.1.1 적외선 방사열의 분류

표 1. 세라믹분말과 소결체의 전방사율

試料		全放射率
粉	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.846
	MnO <sub>2</sub>	0.870
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.762
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.751
	무라이트	0.924
	고-디에라이트	0.937
體	粘土	0.856
	티탄산 알루미늄	0.794
	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	0.878
	SiC	0.844
燒結體等	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.657
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.794
	티탄산 알루미늄	0.794
	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> -SiC	0.917
	銅板	0.250

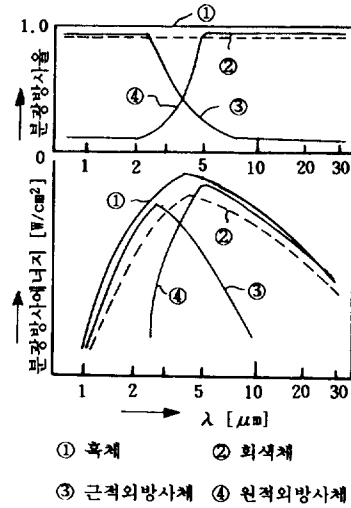


그림 11. 적외 방사체의 대표적인 예

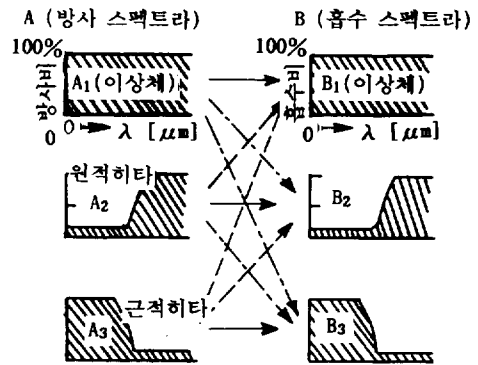
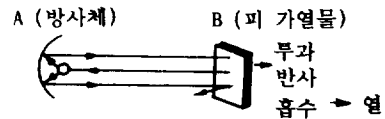


그림 12. 적외선 가열의 기구

$E_{TR}$  : 일반방사체의 분광방사 에너지 밀도

$E_R$  : 일반방사체의 전방사 에너지 밀도

각종 방사체의 분광방사 곡선은 대체로 그림 11과 같이 4개의 유형으로 분류된다. 적외선의 방사가열은 방사체의 방사특성과 피가열물의 흡수특성에 관계하므로 방사체 A와 피가열물 B와의 조합을 생각해 보면[9],

$$1) A_1 \rightarrow B_1, A_2 \rightarrow B_2, A_3 \rightarrow B_3$$

그림 12에서 처럼 방사체 A로 부터 적외선이 피가열물 B에 조사된다고 하면 B의 표면에서는 투과, 반사, 흡수가 일어나고, 이 가운데 흡수된 것은 열로 된다. 먼저  $A_1 \rightarrow B_1$ 으로 적외선을 방사하는 경우 양쪽이 이상체 이므로  $A_1$ 으로 부터의 적외선은 전부  $B_1$ 에 흡수되어 열로 된다. 또, 원적외 영역 및 근적외영역의 방사, 흡수 특성을 나타내는  $A_2 \rightarrow B_2, A_3 \rightarrow B_3$ 도 적외선의 소모가 없이 전부 흡수된다.

$$2) A_1 \rightarrow B_2, A_1 \rightarrow B_3 \text{인 경우}$$

이때는 B쪽의 빗금 부분만이 흡수되고, 공백부는 반사 또는 투과하여 쓸모없게 된다.

$$3) A_2 \rightarrow B_1, A_3 \rightarrow B_1$$

원적외 방사체  $A_2$ 와 근적외방사체  $A_3$ 는 일부밖에 방사하지 않지만 피열체  $B_1$ 이 모두 흡수하기 때문에 에너지의 주고 받음에 있어서 소모는 없지만 가열법 으로서는 적당하지 못하다.

$$4) A_2 \rightarrow B_3, A_3 \rightarrow B_2 \text{인 경우}$$

적외방사 영역이 서로 엇갈리기 때문에 에너지의

주고받음이 없게 된다.

이상에서는 방사율만으로 방사에너지를 나타낸 것이며, 실제 방사에너지 분포는 방사율 외에 온도에도 강하게 의존하기 때문에 방사율과 온도에 따른 방사에너지 분포와 피열체의 흡수스펙트라가 가능한 일치하도록 방사체와 사용온도를 선택하여야 한다. 예를들면 피열체의 흡수스펙트라가 만약 B<sub>2</sub>형이라면 A<sub>2</sub>형 방사체는 비교적 저온에서 사용하고, A<sub>3</sub>형은 고온사용할 때 에너지적으로 가장 가열효과가 크다. 또한, 피열체의 흡수스펙트라는 소재의 화학구조, 온도, 표면상태 및 두께 등에 의하여 다를 뿐만 아니라 다성분계의 혼합물과 같은 경우에는 각성분스펙트라의 가성성(加成性)이 성립하므로 그 흡수스펙트라는 넓은폭의 흡수대를 갖든가 또는 그림중의 B<sub>1</sub>형으로 되는 경향이 있다.

3.1.2 각 방사체의 방사에너지 분포

앞서 말한바와 같이 적외가열은 방사와 흡수의 일치에 의하여 되어지므로 방사체 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>의 어떤것이 우수하다고는 일반적으로 말할 수 없다. 그렇지만 이들의 방사분포가 서로 어떻게 다른가를 상세하게 아는 것은 흡수스펙트라와의 일치를 생각할 때에 대단히 중요하다.

형상, 치수, 크기 등이 같고 방사율의 파장 분포만이 다른 3개의 방사체에 대하여 1) 표면온도가 일정하도록 입력을 자동조절한 경우와 2) 입력을 일정하게 유지한 경우 각 방사에너지 분포는 그림 13과 같다.

그림 13의 (a)는 방사체 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>의 에너지 분포를 비교한 것으로서, ②의 표면온도가 일정한 경우 λ<sub>c</sub> 이하의 파장영역에서는 곡선 E<sub>2</sub>는 E<sub>1</sub>보다 낮다. 그렇지만 ③의 입력이 일정한 경우 곡선 E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> 서로 교차하며, 각 방사체의 절대온도를 T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, 전방사에너지를 E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, 또 ε를 A<sub>2</sub>의 전방사율로 하면, ②의 경우

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \sigma T_1^4 & (5) \\
 E_2 &= \epsilon \sigma T_2^4, T_1 = T_2 \text{이므로} \\
 \frac{E_1}{E_2} &= \frac{\sigma T_1^4}{\epsilon \sigma T_2^4} = \frac{1}{\epsilon} \\
 \therefore E_2 &= \epsilon E_1 \text{ 또, } 1 > \epsilon > 0 \text{이므로 } E_1 > E_2
 \end{aligned}$$

즉, A<sub>1</sub>방사체쪽의 방사출력이 크게된다. ③의 경

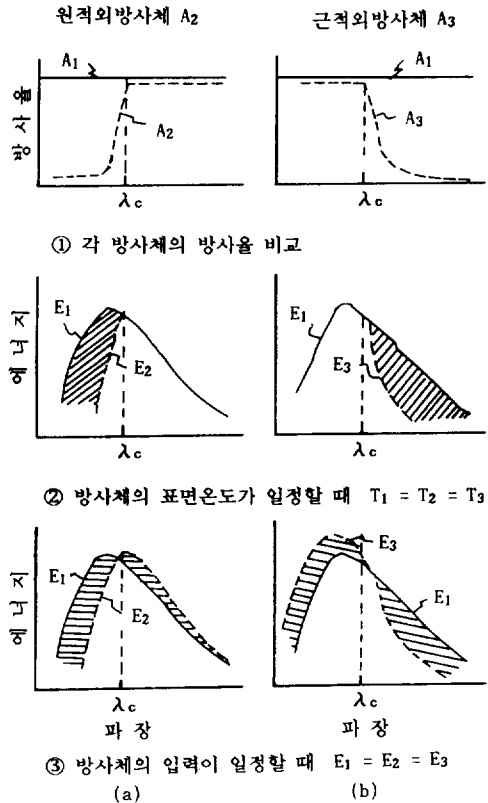


그림 13. 각 방사체로 부터의 분광방사 에너지

우에서는 입력을 일정하게 하면 출력도 일정하기 때문에

$$\begin{aligned}
 E_1 &= E_2 \therefore \sigma T_1^4 = \epsilon \sigma T_1^4, T_1^4 = \epsilon T_2^4, & (6) \\
 \therefore T &= \epsilon^{1/4} T_2, \text{ 또, } 1 > \epsilon > 0 \text{이므로 } T_1 < T_2
 \end{aligned}$$

즉, 원적외방사체 A<sub>2</sub> 쪽이 A<sub>1</sub>보다 온도가 높게된다.

이렇게 되면 원적외역의 방사곡선 E<sub>2</sub>는 E<sub>1</sub>보다 높게 되어 피크파장은 단파장측으로 이동하며, λ<sub>c</sub> 이하의 파장영역에서는 방사율이 적으므로 그 출력도 낮게된다. 결국 양곡선은 교차하며 E<sub>1</sub>=E<sub>2</sub>이므로 교차한 눈금부의 면적은 원칙적으로 서로 같게된다. 그러나 점점 고온으로 되면 그 몫 전부가 방사에 기여하는 것은 아니며 전도나 대류로 없어질 수도 있기 때문에 면적은 반드시 같게 되지는 않는다. 또, E<sub>2</sub>곡선의 피크가 E<sub>1</sub>곡선의 피크보다 높거나 낮은가는 λ<sub>c</sub>의 크기와 방사체의 온도, 방사율 등에 의하여 결정되

므로 개략적으로 말할 수는 없다. 결국 방사율이 큰 만큼 주어지는 입력을 잘 방사하는 것에 비해 방사율이 작은 방사체는 그만큼 방사하기 어렵기 때문에 그 분량만큼 축적되어 자기자신의 표면온도를 높이는 것이다. 또 이것은 그림(b)의 A<sub>1</sub>과 A<sub>3</sub> 사이에서도 마찬가지이다.

### 3.2 적외방사와 자연대류

이제까지 열은 모두 방사로 나타나는 것으로서 취급되었지만 실제로는 전도, 대류도 함께 나타난다. 적외선 방사체를 대기중에서 사용하는 한 가열방사면으로 부터의 자연대류는 피할 수 없다. 자연대류가 방사가열시에 어느정도 포함되는가를 대략 계산한 결과를 나타내면

$$E_t = E_r + E_c + E_{cd} \quad (7)$$

$$E_r = \epsilon \sigma (T^4 - T_c^4) \text{ [W/cm}^2\text{]} \quad (8)$$

$$E_c = kC(T - T_c)^{5/4} \text{ [W/cm}^2\text{]} \quad (9)$$

단, T : 방사면의 온도

T<sub>c</sub> : 주위온도

E<sub>t</sub> : 방사면의 전에너지

E<sub>r</sub> : 방사면으로 부터의 방사에너지

E<sub>c</sub> : 방사면으로 부터의 자연대류 에너지

E<sub>cd</sub> : 방사면으로 부터의 전도 에너지

여기서 E<sub>cd</sub>=0으로 하여

$$T_c = 293\text{K}, \epsilon = 0.9, \sigma = 5.667 \times 10^{-12}$$

$$K = 1.92 \times 10^{-4}$$

$$C = 1.0 \text{ (방사면이 수직평면)}$$

$$= 1.3 \text{ (방사면이 수평상면)}$$

$$= 0.65 \text{ (방사면이 수평하면)}$$

일때, 자연대류의 비  $\beta = E_c/E_t \times 100\%$

방사열의 비  $\gamma = E_r/E_c \times 100\%$

의 값을 각 온도에 대하여 plot하면 그림 14가 얻어진다.

자연대류의 비  $\beta$ 는 온도의 상승과 더불어 쌍곡선적으로 감소하는데 이는 (8)식의 방사열 T<sup>4</sup>이 고온일수록 크게 되기 때문이다. 그렇지만 방사면이 비교적 저온의 100°C에서는 방사면을 상향으로 하면  $\beta$ 는 50%, 수직으로 세워도 45%나 되기 때문에 저온 방사가열시에는 이 자연대류열의 효과적인 이용을 생각하지 않으면 가열효율은 향상되지 않는다.

일반적으로 사용되어지는 원적외가열의 방사면온도는 대체로 100~700°C이므로 이 자연대류는 결코 무시할 수 없으며, 실제 적외가열 건조 등의 경우에는 오히려 이 자연대류를 이용하여 강제대류시켜 건조효과를 증대시키는 경우가 많다.

## 4. 결 론

이상 서술한 바와 같이 원적외선 방사특성은 방사체로부터 적외선이 방사되면 상대물체에 닿고 흡수되어 원자나 분자를 여기하여 발열하는 현상이기 때문에 방사체의 적외선 방사특성과 피가열체의 적외선 흡수특성과의 정합성(整合性)을 고려하여야 한다. 또한, 적외선 방사특성은 온도와 방사체의 표면상태 및 조성에 크게 의존하기 때문에 용도에 따른 선택이 중요시 되기도 한다.

현재는 적외선을 열에너지의 전과형태로서만 생각하는 것이 아니라 상온에 가까운 저온에 있어서도 미약한 에너지가 어떻게 생리, 생체적, 바이오 테크놀러지(Biotechnology)면에서 효과가 있는지가 가장 관심을 끌고 있다. 그러므로 적외선 방사의 특성을 정확하게 평가하고 보다 깊이 있는 연구를 하여 과학적 사실로 입증할 수 있는 노력이 이루어져야 한다.

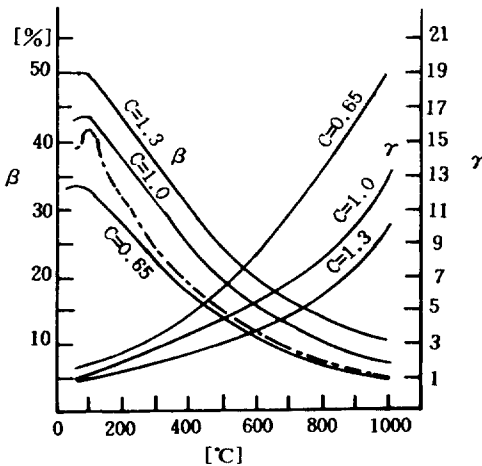


그림 14. 각 온도의 방사체 평면판으로 부터의 방사열과 자연대류손열과의 비율



참 고 문 헌

[1] 大森; 遠赤外線 利用技術 の 現想 と 展網, 日本學會誌, (1984)  
 [2] 大森; 赤外線 の はなし, 日間工業 新聞社, (1986)  
 [3] M. Inaba. et al., Infrared Sensing Properties of BaTiO<sub>3</sub> PTC Thermistor Nippon Serumikkusu, 97 (10), pp. 1250-55, (1989)  
 [4] NoboruIchinose. et al., Introduction to Fine Cera-

mics, pp. 43-107. (1987)  
 [5] 佐・本 完: 遠赤外線 の 食品工業への 應用. セラミックス, 23. (1988)  
 [6] 遠赤外線 放射 セラミックス の すべて オフトロニクス社 編集部, (1990)  
 [7] 島 田, 井 口: 照明學會誌, 58, 179, (1974)  
 [8] W.H.McAdams : Heat Transmission, Mcgraw Hill Co. (1954)  
 [9] 芳 賀: 電 熱, 22, 1, (1985)



**김충혁(金忠熾)**

1959년 9월 27일생. 1986년 광운대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 광운대 대학원 전기공학과 박사과정.



**박춘배(朴椿培)**

1950년 11월 1일생. 1973년 조선대 공대 전기공학과 졸업. 1976년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1991년 미국 Mississippi 주립대 교환교수. 현재 원광대 공대 재료공학과 부교수.



**송민중(宋敏鍾)**

1963년 8월 10일생. 1989년 원광대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 원광대 공대 재료공학과 조교수.



**이준웅(李準雄)**

1940년 10월 24일생. 1964년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1970년 동 대학원 졸업. 1979년 프랑스 국립 Montpellier 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1990년~91년 미국 Mississippi 주립대 전기전산기공학과 교환교수. 현재 광운대 공대 전기공학과 교수. 당학회 평의원.