

# 전이원소 산화물의 온도변화에 따른 원적외선 복사특성

(Far Infrared Radiation Characteristics by Temperature Variation of Transition Element Oxides)

朴鍾玉\* · 崔泰燮\*\*  
(Jong-Ok Park · Tae-Seob Choi)

## 요 약

원적외선 복사체는 열에너지를 전자파로 변화시키는 기능을 가진 재료이어야 하며 원적외선을 피사체에 이용하고자 할 때에는 피사체의 흡수특성을 고려하여야 한다. 본연구에서는 1급시약의 전이원소 산화물(MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)을 가압성형하여 1050[°C]로 소결시킨후 이것을 시료로 하여 적외선 복사특성과 2.5~25[μm]영역에서의 온도변화에 따른 복사율과 복사에너지 상호관계를 연구하였다.

## Abstract

Far Infrared radiators should have functionality to convert thermal energy into an electromagnetic wave. In order to apply the Far Infrared to the substance, the absorption characteristics of the substance should be considered. In this paper, interrelation of emissivity with emission energy according to temperature in the range of 2.5 [μm] to 25[μm] after the transition element oxides (MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) of first grade reagent were molded in press, then they were sintered in 1050[°C], and they were used as samples.

## 1. 서 론

적외선은 1800년 영국의 천문학자 F.W. Hehershel이 태양광선을 유리의 Prism을 통해 빛을 분산시키고 자색에서 적색에 이르는 각 색으로 분광한뒤 각색마다 온도계를 두고 어느색이 가장 온도가 높은가를 조사하였다. 그 결과 가시

광선에서 적색의 가장자리 보다 장파장측에 열효과가 큰 부분이 있다는 것을 발견하였고, 이것이 적외선의 등장이며 열선으로 불리고 있다. 그후 1835년 A.Ampere가 적외선도 가시광선과 같은 종류인 전자파임을 밝혔다. 1859년에 독일 물리학자 O.Kirchhoff는 일정온도에 있어서 같은 파장의 복사에 대한 물질의 흡수능력과 복사능력의 비는 물질의 성질에는 무관하고 온도에만 의존하여 일정한 값을 가진다는 법칙을 발견하였다. 따라서 입사된 모든 광을 완전히 흡수하는 이상적인 물체로서 흑체라는 개념을 도입하였다.<sup>1,2)</sup>

\*正會員 : 요업기술원 공업연구원

\*\*正會員 : 요업기술원 공업연구사

接受日字 : 1995年 9月 19日

적외선 영역은 대체로 0.75~1000( $\mu\text{m}$ )의 파장대이며 국제조명용어집에 의하면 적외선의 세분은 근적외선을 0.75~1.4( $\mu\text{m}$ ), 중적외선을 1.4~3( $\mu\text{m}$ ), 원적외선을 3~1000( $\mu\text{m}$ )로 구분하고 있다. 이들 중 실제로 산업분야에 주로 이용되는 영역은 2~30( $\mu\text{m}$ )까지이며 5( $\mu\text{m}$ ) 근방에서는 사람이 온점을 느끼는 것으로 알려져 있다.<sup>8,10,11)</sup>

1970년 석유파동을 겪으면서 에너지 자원문제는 심화되었고, 효율을 높일 수 있는 에너지 이용의 연구가 활발하게 진행되었으며 그 결과 적외선 복사체의 개발에 착수하게 되었다. 최근에는 적외선 복사가열을 도장공업, 인쇄공업, 플라스틱공업, 섬유공업, 난방분야에 이르기까지 여러 분야에 걸쳐 적외선복사체의 가열특수성을 인정받아 폭넓게 이용되고 있다<sup>9)</sup>. 원적외선 복사체를 이용한 열처리 및 건조에 있어서는 종래의 건조 방식에 비해 에너지를 30~50[%]절감할 수 있어서 그 효율이 월등히 높으며 효율적인 열처리와 공해방지에도 기여할 수 있는 이점을 가지고 있다. 이러한 복사체 재료로서 일반적으로 갖추어야 할 요건들이 있는데 가열하여 사용하기 때문에 내열성과 열충격성이 우수하고 기계적강도, 내식성, 내구성이 우수하고 분광복사율이 높은 파장영역과 상대물질의 흡수율이 높은 파장영역과 일치하여야 하며, 단위면적당 에너지 복사량이 커야하고 복사체 자체의 가열효과가 높고, 용도에 적합한 형태를 만들기 쉬워야 하고, 양산이 가능하도록 가격이 저렴해야 하는 등 여러가지 조건을 충족시켜야만 한다. 세라믹스 원료를 소결시키거나 전이원소산화물과 혼합하여 소결시킨 세라믹스 등의 원적외선 복사율이 타재료에 비하여 우수하고 내열 및 내구성이 양호한 것으로 알려져 있다<sup>6,7,8)</sup>.

본 연구에서는 원적외선영역(파장 4~25( $\mu\text{m}$ )의 범위)에 있어서 복사율이 비교적 높은 전이원소산화물을 대상으로 1050( $^{\circ}\text{C}$ )에서 소결반응시켜 원적외선 복사율 및 복사에너지 특성을 온도변화에 따라 비교 검토하였다.

## 2. 이론적 배경

이상 흑체는 Max Planck의 에너지 복사의 법칙을 도입하여 그 단위면적에서 단위시간에 어느 일정영역에서의 파장을 갖는 복사선을 복사 할 때의 복사에너지이다<sup>7,9,11,14,15)</sup>.

복사식은

$$E_b = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\exp(C_2/\lambda T) - 1} \text{ [W/cm}^2 \cdot \mu\text{m}] \dots\dots\dots(1)$$

$E_b$ : 흑체의 분광복사 발산도(에너지 밀도)

$\lambda$ : 파장( $\mu\text{m}$ )

T: 절대온도(K)

$C_1$ :  $3.7415 \times 10^{-12}$  [ $\text{W} \cdot \text{cm}^2$ ]

$C_2$ :  $1.4388$  [ $\text{cm} \cdot \text{K}$ ]

T와  $\lambda$ 을 대입하여  $E_b$ 을 계산하면 그림 2와 같은 곡선을 얻을 수 있다.  $\lambda=0$ 에서  $\infty$ 까지의 적분한 값  $E_b$ 는 전복사 에너지다.

$$E_b = \int_0^{\infty} E_b d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\exp(C_2/\lambda T) - 1} \dots\dots\dots(2)$$

또 다른 관련법칙은 Wien의 법칙으로 흑체의 온도가 높아지면 복사파의 Peak파장이 단파장쪽으로 이동한다. Wien의 변위법칙은

$$T \lambda_{\text{max}} = \text{일정상수} \dots\dots\dots(3)$$

Stefan-Boltzmann의 법칙으로 이상흑체의 전 복사 에너지는 그 흑체의 절대온도의 4승에 비례한다<sup>9,10,11)</sup>.

$$W = \alpha T^4 \dots\dots\dots(4)$$

여기서  $\alpha$ 는 Stefan-Boltzmann의 상수이며 T는 절대온도이다.

Rayleigh-Jeans은 고전적인 관점에 따라 모든 가능한 빛의 진동수를 하나의 진동자로 보고 전자기장을 이러한 진동자들의 집합이라고 생각하여 고전물리학과 실험적 결과들 사이의 심각한 불일치를 강조하는 흑체복사의 에너지밀도를 계산하였다<sup>3,6)</sup>.

$$du(\lambda) = \rho(\lambda) dx \dots\dots\dots(5)$$

$$\rho(\lambda) = 8\pi K T / \lambda^4$$

$\rho$ : 단위파장당 단위부피의 에너지로서 상대 밀도

Planck는 흑체복사에 관한 Wien의 법칙은 장파장 부근에서는 고온으로 됨에 따라 실험사실과 현저하게 다르고 Rayleigh-Jeans의 분포식이 실험결과를 보다 잘 나타낸 것이 확인되었다.

거기서 Plank는 저온영역에서는 Rayleigh-Jeans의 분포식에 일치하도록 가설식을 제시했다<sup>6)</sup>.

$$\text{Planck 분포식 } du = \rho_{(\lambda)} d\lambda \dots\dots\dots (6)$$

$$\rho_{(\lambda)} = (8\pi hc / \lambda^5) \frac{e^{-hc/\lambda KT}}{1 - e^{-hc/\lambda KT}} \text{ 이다.}$$

### 3. 실험방법

#### 3.1 출발물질 및 시편제조

본 시험에서 사용한 원료는 1급시약을 (Junsei Chemical사) 사용하였으며 시편 제조과정을 아래에 나타내었다. 원료와 물을 2:1의 비율로 투입, 약 24시간 분쇄하여 325mesh 표준체에 잔사 0.3[%] 정도로 입도를 조절하였으며 성형시에는 3[%]의 PVA를 소량첨가하여 직경 4[cm]의 mold로 100[kg/cm<sup>2</sup>]의 압력으로 성형하였다. 그 후 100[°C] 분위기의 건조기에서 10시간 건조후 산화분위기 전기로에서 100[°C/hr]의 승온속도로 1050[°C]에서 2시간 유지한 후 실온까지 서서히 냉각시켜 시료로 사용하였다.

#### 3.2 측정방법

출발물질 또는 이로서 제조된 소결체에 대한 결정구조 및 결합상태 등을 알아보기 위하여 일본 Akashi사의 주사전자 현미경(SEM, 130 S)으로 20[kV]하에서 선택적인 관찰로 조사하였다.

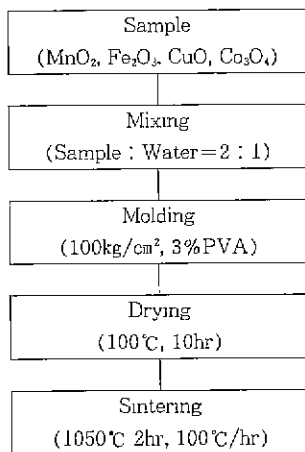


그림 1 실험시편 제조공정도  
Fig. 1. Flow chart for experimental process

또한 시료의 결정상을 확인하기 위하여 XRD 분석은 X-ray diffractometer(Chart speed : 10mm/min, Target : Cuk α, Cok α, Filter : Ni, Fe, Rigaku)로 분말법을 이용하였다.

그리고 온도변화에 대한 출발물질의 상태변화 및 결정성장 온도를 결정하기 위하여 DTA(TAS-100, Rigaku)로 측정하였으며, 복사율은 흑체를 대비측으로 FT-IR(FTS40, BIO-RAD U.S.A)을 이용하여 200~500[°C]에서 측정하였다.

### 4. 실험 결과 및 고찰

#### 4.1 소결체의 물리적 특성

소결체의 겉보기비중은 물체의 고체부가 차지하는 부피에 Closed기공을 포함한 부피를 이것과 같은 부피의 물의 무게로 나눈것으로서 겉보기비중은 주성분의 전이상태와 Closed기공의 양을 측정할 수 있는 중요한 항목의 하나이다.

겉보기 기공율은 물체의 Open기공의 전용적용 그 물체의 부피용적으로 나눈 백분율로서 세라믹 제품에 있어 침식, 글열급냉 등에 대한 저항성과 관련이 깊고 또한 이 기공율의 값으로부터 기공

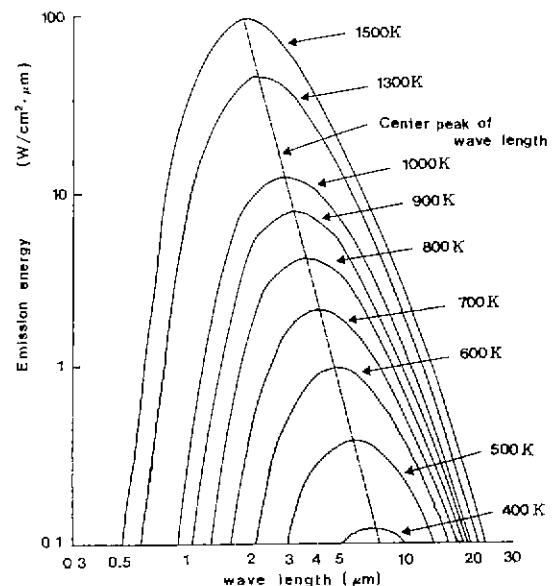


그림 2. 흑체의 방사에너지 곡선  
Fig. 2 Emission energy curve of black body

의 형상, 크기, 분포 등이 문제가 일어날 수 있다.

흡수율은 Open 기공속에 흡수된 물의 시료층량에 대한 백분율로서 물체의 기공율과 기공의 분포 형상 및 크기에 따라 크게 차이가 난다. 이러한 흡수율은 시료의 소결상태 등을 측정하는데 중요한 인자의 하나이다.

이러한 물리적 특성결과는 표 1과 같다. 표에서와 같이 겉보기비중은 큰 차이를 보이지 않고 있으나 흡수율은  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ 는  $\text{CuO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 에 비해서 상당히 큰값을 나타냄을 알 수 있었다. 따라서  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ 의 소결체는 큰 open 기공율을 가진다는 것을 알 수 있었으며,  $\text{CuO}$ 와  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 는 작은 Open 기공율을 가진다는 것을 알 수 있었다.

이러한 결과는 SEM관찰을 통해서도 확인할 수 있었다.

#### 4.2 미세구조

그림 3, 4는 각 전이원소 산화물 및 소결체에 대한 주사전자 현미경 관찰결과이다. 그림 4에서 보는바와 같이  $\text{CuO}$ 의 경우 조성입자가 용융되기 시작하는 것을 알 수 있으며 이러한 현상은 앞절에서 언급한 바와 같이 겉보기 기공율이 상당히 적게 나타나는 것과 일치하였으며,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Co}_3\text{O}_4$  소결체는 입자와 입자간의 연결현상, 즉 결합하는 과정에서 생긴기공이 증가한 것으로 확인되었

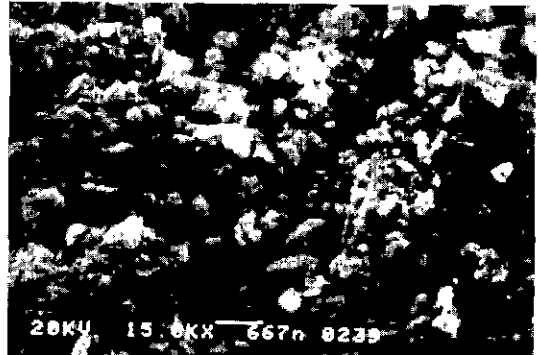
표 1 소결시편의 물리적 성질

Table 1 Physical properties of sintered Samples

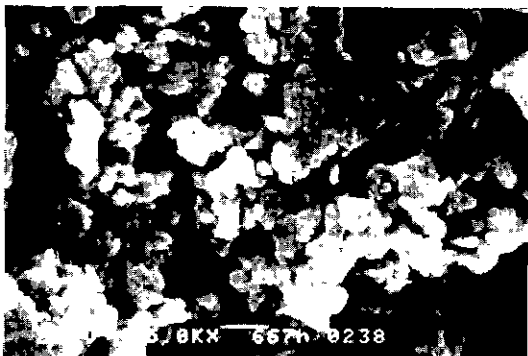
Sample Item	겉보기기공율 (%)	겉보기 비중	흡수율(%)
$\text{MnO}_2$	47.284	4.495	19.556
$\text{Co}_3\text{O}_4$	45.573	5.808	14.740
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	24.206	5.154	6.132
$\text{CuO}$	13.272	6.219	3.415



(a)  $\text{Co}_3\text{O}_4$



(b)  $\text{MnO}_2$



(c)  $\text{CuO}$



(d)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

그림 3. 전이원소 산화물의 전자주사 현미경 사진

Fig. 3 SEM photographs of the transition Element oxides of raw materials

다.

특히  $Fe_2O_3$ 의 경우 비교적 조성입자가 균일함을 알 수 있었다.

#### 4.3 결정상

각 전이원소산화물 및 소결체에 대한 XRD 분석을 한 결과를 그림 5, 6, 7, 8에 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 1050[°C]로 소성하였을 경우 CuO는 일부  $Cu_2O$ 로,  $Fe_2O_3$ 는 전이가 일어나지 않았으며,  $Co_3O_4$ 는 일부  $CoO$ ,  $Co_2O_3$ 로,  $MnO_2$ 는 일부  $\gamma-Mn_2O_3$ 로 전이되었음을 알 수 있었다. 이와같은 결과는 DTA결과와도 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

#### 4.4 시차열분석

출발물질이 어떤온도에서 열화학적 변화를 일

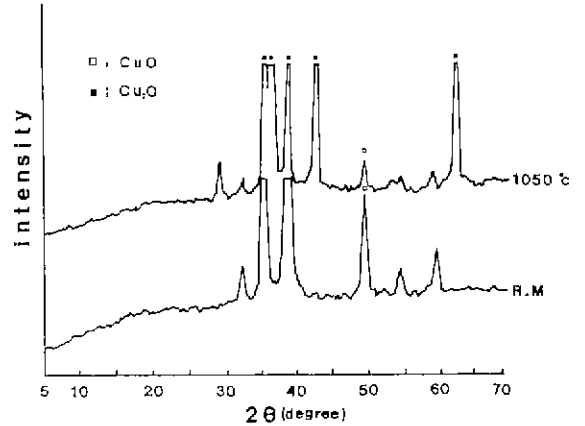
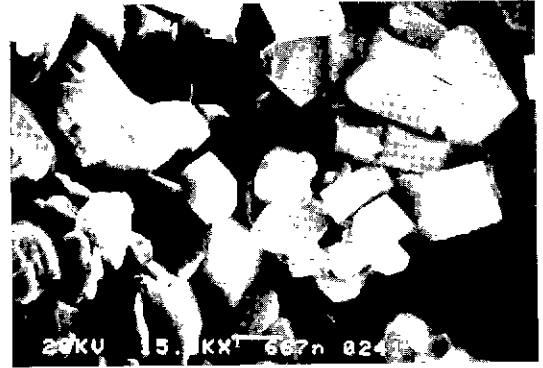


그림 5 소결전후의 산화구리의 X-ray 회절분석  
Fig 5 XRD patterns of the specimen CuO sintered and raw material



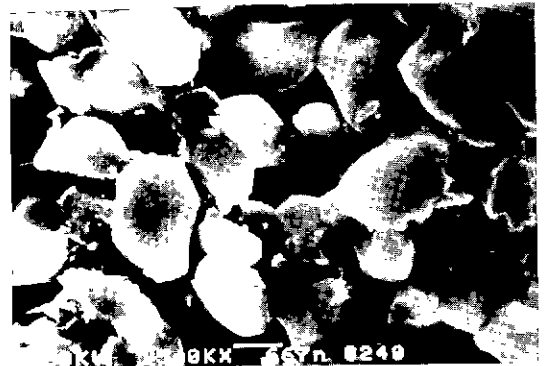
(a)  $Co_3O_4$



(b)  $MnO_2$



(c) CuO



(d)  $Fe_2O_3$

그림 4 소결 전이원소 산화물의 전자주사 현미경 사진  
Fig 4. SEM photographs of the transition Element Oxides sintered

크기는가를 알아 보기위해 DTA로 측정하였으며 그림 9에 나타내었다.

MnO<sub>2</sub>의 경우 620[°C] 부근에서 강한 흡열 반응이 일어나는데 이것은 Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 환원되었음을 알 수 있었으며, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>의 경우에는 910[°C], CuO는 970[°C]에서 강한 흡열반응을 보이고 있는데 환원, 용융 등에 기인되는 것으로 사료되고, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 온도상승에는 별 변화를 보이지 않고 있는데 XRD 결과에서 나타난 바와 같이 상변화가 거의 일어나지 않고 있음을 확인할 수 있었다.

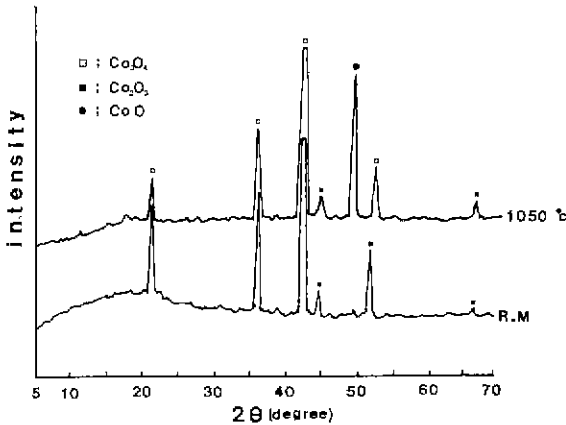


그림 6. 소결전후의 산화 코발트 X-ray 회절분석  
Fig. 6. XRD patterns of the specimen Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sintered and raw material.

#### 4.5 복사특성

##### 4.5.1 온도 의존성

그림 10은 각 전이원소 산화물 소결체의 500 [°C]에 있어서의 적외선 복사특성 곡선을 보여주고 있다. 이 특성곡선으로부터 MnO<sub>2</sub>의 경우 단파장 영역에서는 낮은 복사율을 나타내었지만, 8[μm] 이후에는 복사율 0.90정도의 고효율을 나타내었다. Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>의 경우는 전영역에 걸쳐서 높은 복사율을 나타내고 있으며 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 CuO는 15 [μm] 이후에서는 급격히 복사율이 낮아지고 있음을 알 수 있었다.

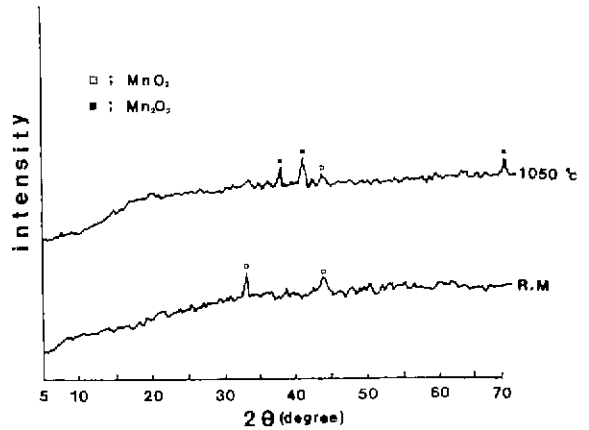


그림 8. 소결전후의 이산화망간 X-ray 회절분석  
Fig. 8. XRD patterns of the specimen MnO<sub>2</sub> sintered and raw material

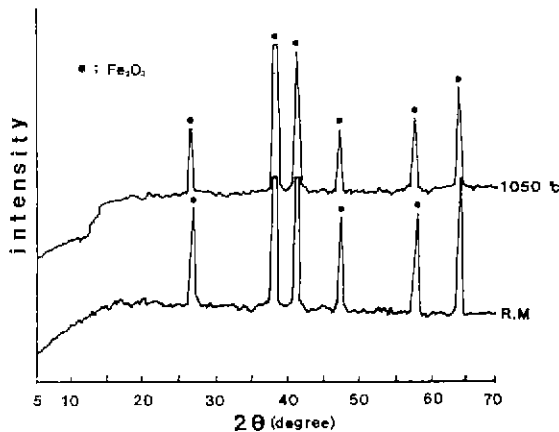


그림 7. 소결전후의 산화철 X-ray 회절분석  
Fig. 7 XRD patterns of the specimen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sintered and raw material.

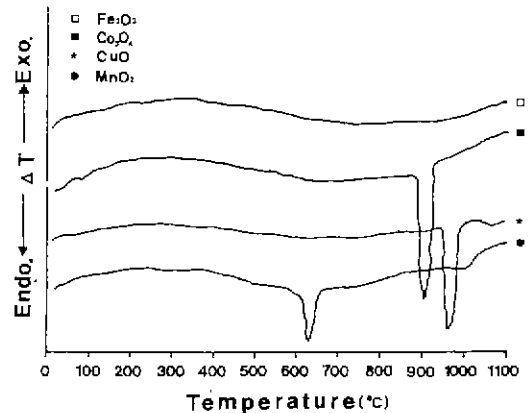


그림 9. 전이원소 산화물의 시차열분석 곡선  
Fig. 9. DTA curves of Transition Element oxides.

그림 11은  $\text{Co}_3\text{O}_4$ 의 온도별 복사특성을 나타내고 있다.  $2.5[\mu\text{m}] \sim 25[\mu\text{m}]$ 전영역에서 0.90정도의 높은 복사 특성을 나타내고 있으며, 특히 단파장에서도 0.80이상의 흑체에 가까운 고효율복사특성을 가지고 있음을 확인하였다.  $200[^\circ\text{C}]$ 에서의 복사특성과  $300[^\circ\text{C}]$ ,  $400[^\circ\text{C}]$ ,  $500[^\circ\text{C}]$ 의 복사 특성에는 변화가 일어나지 않고 있는데 이것은 온도가 증가하여도 상의변화나 조직구조의 큰변화가 없는한 조성이 같을 경우 적외선 복사특성의 변화도 많지 않음을 알 수 있었다.

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ 와  $\text{CuO}$ 의 온도별 복사특성을 그림 12, 13에 나타내었다.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 의 경우  $7[\mu\text{m}]$ 까지 온도가 상승될수록 약간의 특성변화를 보이다가 그 이후는 거의 온도에 의존치 않음을 확인할 수 있었

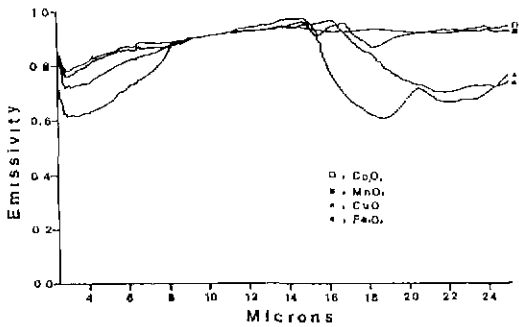


그림 10.  $500[^\circ\text{C}]$ 에 있어서 전이원소 산화물의 적외선 방사 스펙트럼  
Fig. 10 IR emission spectra of the Transition Element Oxides at surface temperature  $500[^\circ\text{C}]$

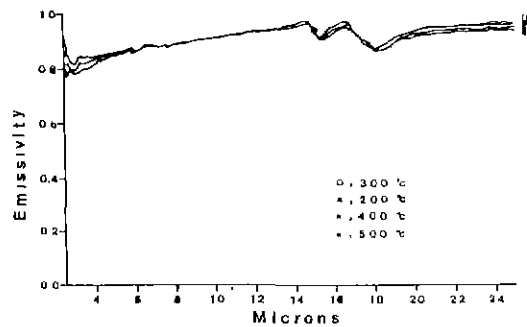


그림 11. 온도변화에 따른 산화코발트의 적외선방사 스펙트럼  
Fig. 11. IR emission spectra of specimen  $\text{Co}_3\text{O}_4$  by temperature variation.

다. 특히  $14[\mu\text{m}]$ 전후에서는 흑체에 거의 가까운 복사특성을 보이다가  $15[\mu\text{m}]$ 이후는 급격히 낮아지는 특성을 보이고 있다. 이러한 특성은 물질의 조직구조나 광학적 물리현상이 미묘하게 영향되는 것으로 생각된다.  $\text{CuO}$ 는  $2.5 \sim 15[\mu\text{m}]$  영역까지 온도별 복사특성변화가 일어나지 않다가  $15[\mu\text{m}]$ 이후 복사율이 약간씩 낮아지는 특성을 보이고 있다.

그림 14는  $\text{MnO}_2$ 의 경우인데 이것 역시 온도에 따른 변화를 거의 보이지 않았다. 복사 스펙트럼의 절대치가 각 측정 결과에 약간씩 다르게 있는 것은 측정온도차에 의한 의존성이 아니고 측정오차라고 생각된다. 결국 복사율은 시료와 동온도 조건에 있는 표준 흑체의 복사에너지에 대한 시차량이고, 시료의 그 온도 영역에 있어서 구조적

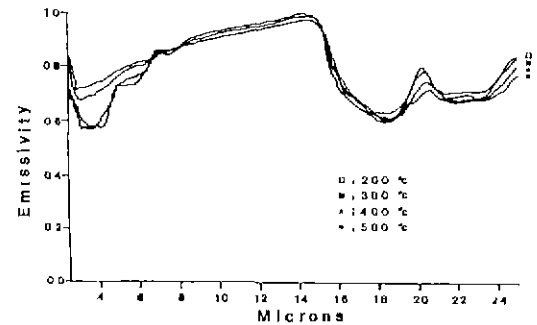


그림 12. 온도변화에 따른 산화철의 적외선방사 스펙트럼  
Fig. 12 IR emission spectra of specimen  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  by temperature variation.

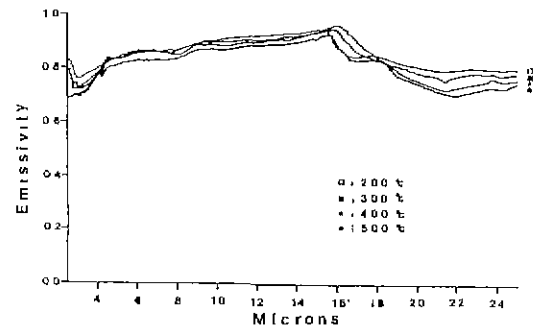


그림 13. 온도변화에 따른 산화구리의 적외선방사 스펙트럼  
Fig. 13. IR emission spectra of specimen  $\text{CuO}$  by temperature variation

변화 및 표면 변화가 없는 한 온도 의존성은 없다고 보고되고 있다<sup>9)</sup>.

#### 4.5.2 특정파장에 있어서의 복사에너지

어떤 물체 표면의 온도와 복사되는 에너지의 파장과 에너지의 강도사이에는 Planck 방정식이 성립된다<sup>9)</sup>.

그림 15, 16, 17, 18은 각 전이원소 산화물 소결체의 온도별 복사에너지곡선이다. 온도, 파장으로 Plot하면 온도가 증가할수록 곡선의 중심파장은 높아지고 좌측으로 이동되면서 단파장이 된다. 즉 온도가 높을수록 분광 복사에너지 밀도는 높아져서 파장은 짧게된다. 또 온도가 낮을수록 분광 복사에너지 밀도는 적고 파장은 길어진다. 복사에너지를 열 효과로 연결시켜 잘 이용하려면

가시광의 복사는 될 수 있는 한 적게 적외영역에 복사의 중심이 있을만한 온도, 즉 500[°C] 전후의 온도가 가장 적당하며 복사 특성과 피조사체

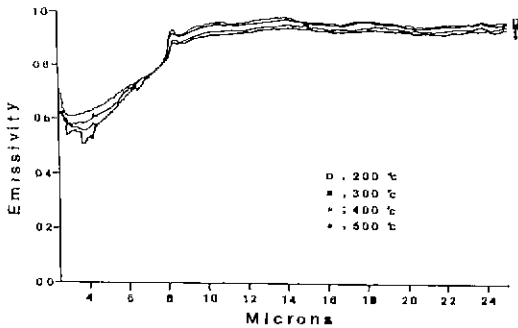


그림 14. 온도변화에 따른 이산화망간의 적외선방사 스펙트럼  
Fig. 14 IR emission spectra of specimen MnO<sub>2</sub> by temperature variation

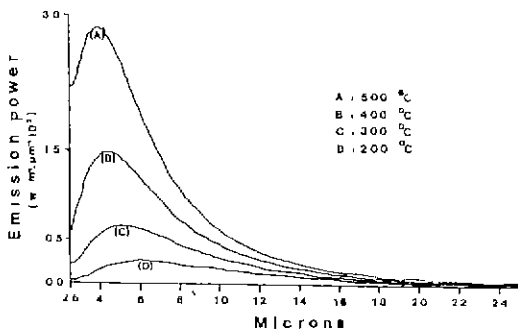


그림 15 온도변화에 따른 산화코발트의 적외선 방사강도  
Fig. 15 IR spectral irradiance of specimen Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> by temperature variation

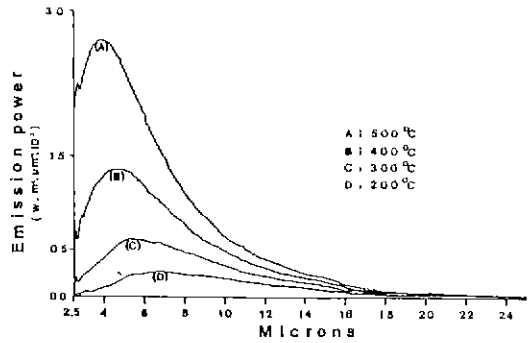


그림 16. 온도변화에 따른 산화철의 적외선 방사강도  
Fig. 16 IR spectral irradiance of specimen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by temperature variation,

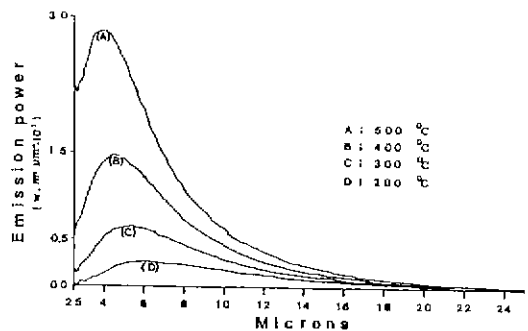


그림 17. 온도변화에 따른 산화구리의 적외선 방사강도  
Fig. 17. IR spectral irradiance of specimen CuO by temperature variation.

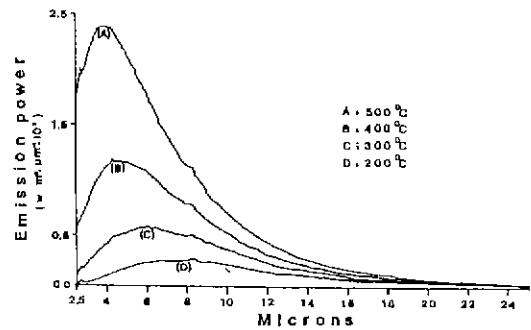


그림 18. 온도변화에 따른 이산화망간의 적외선 방사강도  
Fig. 18 IR spectral irradiance of specimen MnO<sub>2</sub> by temperature variation.



의 흡수특성의 일치성을 고려해야만 한다<sup>16,17,18)</sup>.

흑체의 표면온도 각 중심파장에 있어서 각 전이원소 산화물 소결체의 특정파장의 복사에너지를 표 2에 나타내었다.

흑체의 표면온도 500[°C]이고 3.748[μm]일때 복사에너지는 3551[W/m<sup>2</sup>·μm]이었으며 각 소결체의 온도 및 복사율이 낮아질수록 에너지가 적어짐을 알 수 있었다.

이와같이 에너지는 그 보존의 법칙에 의해 전체로서의 그 증감은 있을수 없고 앞에서 서술한 식(4)에 따르면 같은 표면온도를 유지하는 경우 복사효율이 높으면 그 때문에 공급하는 에너지는 많게되고, 낮게되면 적게됨을 알 수 있었다.

### 5. 결론

전이원소 산화물을 소결반응시켜 표면온도 변화에 따른 복사율의 특성을 검토하였으며 복사율이 복사에너지에 미치는 영향에 대한 연구로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 전이원소 산화물을 1050[°C]로 소결시킨 후의 구조는 Manganese oxide는 γ-Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cobalt oxide는 CoO, Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ferric oxide는 상변화가 일어나지 않았으며, Capper oxide는 Cu<sub>2</sub>O로 상변화 하였으나

2) 같은 온도조건에 있어서 표준 흑체의 온도에 따른 복사율의 변화는 시료의 그 온도영역에

있어서 구조 변화 및 표면 변화가 없는 한 온도 의존성은 없었다.

3) 측정온도(500, 400, 300, 200)[°C]에 따라 소결체의 복사에너지를 파장에 대해 Plot한 결과, 온도가 증가 될수록 복사에너지는 증대되면서 단파장쪽으로 이동하였다.

4) 같은 표면 온도를 유지하는 경우 복사율이 높으면 복사에너지는 증대되었으며 복사에너지를 열효과로 연결시켜 이용하려면 가시광의 복사는 될 수 있는 한 적외선 영역에 복사의 중심이 있을만한 온도, 즉 500[°C]전후의 온도가 가장 양호하였다.

### 참 고 문 헌

- 1) 大森豊明, "遠赤外線とは", セラミックス, Vol.23, No.4, pp.294~298, 1988
- 2) 芳賀幸明, "New ceramics", No.3, pp.79~83, 1989.
- 3) R.Siege and J.R.Howell, "Thermal Radiation Heat Transfer", McGraw Hill Book company, New York, 1972.
- 4) G. J. Zissis, "Optical Engineering", Vol.15, No.6, pp.484, 1976
- 5) R D Hudson, "Infrared system Engineering", J.Wiley & sons, 1969.
- 6) 高嶋廣夫外, "遷移元素酸化物を主體とした高効率放射材", 窯業協會誌, Vol.90, No.7, pp.373~379, 1982.
- 7) 川口將徳, "赤外放射素子", セラミックス, Vol.23, No.4, pp.330~334, 1988
- 8) 高田統一, "セラミックス遠赤外線放射とその應用", セラミックス, Vol.23, No.4, pp.310~315, 1988.
- 9) SASAMORI, "赤外線ヒータの分光放射強度の測定", 東京都立工業技術センタ研究報告, Vol.16, pp.55~58, 1987
- 10) 高嶋廣夫, "セラミックス材質の赤外線輻射に関する省エネルギー技術", 省エネルギー, Vol.36, No.1, pp.30~34, 1984.
- 11) 中村和善外, "遠赤外線加熱の原理と放射率の測定", 九州産技院, Vol.6, pp.1~16, 1987
- 12) 高嶋廣夫, 昭 57~149868, "遷移元素酸化物を主體とした赤外線放射材", 1982
- 13) Kent F Palmer et, "Optical properties of Water in the near infrared", Journal of the Optical society of America, Vol.64, No.8, pp.1107~1110, 1974
- 14) 尹東健, "遠赤外線放射測定の實際について", 電熱, No.25, pp.69, 1986.

표 2 온도변화에 따른 파장별 방사에너지  
Table 2. Comparison Emission Energy and Emissivity by Temperature Variation

Sample Item	MnO <sub>2</sub>	Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	흑체의 중심파장
500°C 방사량 [W/m <sup>2</sup> ] 방사율	2201	2841	2592	2805	3.748[μm] (3551)
	0.62	0.80	0.73	0.79	
400°C 방사량 [W/m <sup>2</sup> ] 방사율	1137	1474	1332	1456	4.305[μm] (1776)
	0.64	0.83	0.75	0.82	
300°C 방사량 [W/m <sup>2</sup> ] 방사율	532	676	628	668	5.056[μm] (795)
	0.67	0.85	0.79	0.84	
200°C 방사량 [W/m <sup>2</sup> ] 방사율	219	262	250	259	6.126[μm] (305)
	0.72	0.86	0.82	0.85	