

원적외 방사재료

이 동 규 <충북대학교 교수>

1. 서 론

최근 여러 분야에서 원적외선 방사재료에 의한 효과에 관심이 높아지고 있다. 점점 더 다양화 되어가고 있는 방사재료, 응용제품, 제조 및 사용조건 등에 대한 방사특성이나 방사효율에 대한 연구가 절실히 요구된다. 특히 방사율은 피사체의 흡수특성과의 관계도 포함하여 방사재료의 특성, 효율을 평가하기 위해 필수불가결하며 재료혼합, 제품성형을 하는데 있어서도 아주 유용한 정보를 제공하여 주고 있다.

원적외선은 우리의 눈에는 보이지 않으나 많은 열 에너지를 갖고 있는 전자파로서 생명체의 조직활동을 활성화하며, 식물의 생육작용을 도울 뿐만 아니라 최근에는 온열치료, 농·수산물의 저온건조 등 국민 건강과 에너지 절약분야에도 널리 활용되고 있다.

이렇게 여러 분야에 사용되고 있는 원적외선 방사재료는 그 사용하는 용도에 따라 체계적인 연구가 선행되어야 하며 방사재료의 본질적인 이해와 그에 따라 얻을 수 있는 효과에 대한 원인규명이 요구된다.

일반적인 세라믹스 원료 광물 소재로서의 공업적인 이용 이외에도 최근 수십 년전부터는 생체재료 측면의 실제 응용면에 기초한 원적외선 방사체로서

의 용도가 속속 개발되어 이용되고 있다. 이는 갈수록 풍부해 가는 인간들의 기초생활 속에서 보다 윤택한 삶을 영위코자 하는 욕구와 맞물려, 기대 이상의 호응을 얻고 있는 것도 사실이며, 이러한 현상은 21세기의 첨단 신소재 산업화 물결속에서도 꾸준히 지속되어질 아니 더욱 더 강렬하게 요구되어질 전망이다.

그러나 아직도 명확하게 밝혀지고 뒷받침되어지지 못하고 있는 생체 활성에 대한 반응기구 규명이 중대한 장애 요인이라면 장애일 것이다. 학문적인 지속적인 연구 개발과 제도적인 규제도 함께 병행되어 시행되어야 할 것이다.

2. 원적외선 개요

원적외선(Far Infrared Rays)은 열효과가 큰 적외선영역내에서 파장이 긴 3[μm]부터 1000[μm]까지로 정의하고 있고, 파장 λ 는 원적외선 1사이클의 직선거리[μm]로 주파수(진동수) ν [Hz]와 빛의 진공내 속도 $C(2.998 \times 10^{14} \mu\text{m/s})$ 와의 관계로 다음과 같이 나타낸다.

$$\lambda[\mu\text{m}] = \frac{2.998 \times 10^{14}}{\nu} \quad (1)$$

또한 파수(cm^{-1})로도 나타내는데 $1[cm]$ 사이에 들어가는 파장의 수로 카이저라고도 하며, 다음 식으로 나타낸다.

$$\text{파수}(cm^{-1}) = \frac{10,000}{\lambda[\mu m]} \quad (2)$$

원적외선 가열에 응용되는 주요 법칙은 소정 온도의 흑체 표면으로부터 파장별 복사되는 에너지량의 분포 특성을 나타내는 프랭크의 법칙, 방사체 온도와 최대 에너지를 복사하는 파장과의 관계를 나타내는 윈의 변위 법칙, 흑체의 단위 표면적으로부터 단위 시간에 반공간에 복사되는 에너지는 절대온도의 4제곱에 비례하는 것을 나타낸 스테판-볼츠만 법칙이 있다.

3. 원적외선복사와 재료

3.1 원적외선복사

양자론에 입각하여 전자파를 파가 아닌 다수의 아주 작은 입자의 흐름으로 간주하면 1개의 입자는 각각의 진동수 ν 에 비례한 에너지 $h \cdot \nu$ 를 갖는다고 정의한다. 이 광양자에너지 이론을 응용하여 원적외선 복사를 설명하면 다음과 같다.

광양자에너지는 전자파를 구분하는 인자로 진동수와 파장외에 다른 표현으로 보면 되고 eV로 나타낸다. $1[eV]$ 란 전자가 $1[V]$ 의 전위차의 속에 놓여 가속될 때 얻는 에너지의 크기로 $1.6022 \times 10^{-19} J$ 과 같다. 이것을 응용하여 파장 $1[\mu m]$ 의 적외선복사 광양자 에너지를 구하면 $1.2398/\lambda$ 이다. 따라서 적외선 영역의 광양자에너지는 $1.6[eV]$ 이하이고, 이중에 원적외선 가열로서 이용되고 있는 $2.5[\mu m]$ 에서 $30[\mu m]$ 에 상당하는 부분은 $0.5 \sim 0.04[eV]$ 로 작기 때문에 거의 화학작용은 하지 않지만, 물질의 분자진동이나 결정의 격자진동을 여기하는 크기로 알려져 있다.

물질이 +(양), -(음)이온 사이의 결합력으로 구성

되어 있는 이온결정 등과 같이 물질 내에서 양·음의 전하가 결합하여 존재하고 이것들이 원적외선 영역에 상당하는 진동수로 진동하면 이에 상당하는 크기의 원적외선 복사에너지가 흡수된다. 원적외선 복사에너지가 흡수되지 않은 금속(표면에 산화피막이 없는 상태)을 제외한 대부분의 물질은 원적외선 복사에너지를 조사하면 일부가 흡수되고, 이것은 분자와 격자의 진동을 여기시켜 물질내의 진동을 보다 활발하게 한다. 따라서 가열인 경우에는 효율 좋게 물체의 온도를 상승시키는 효과와 열매체 없이 바로 피가열 물체에 원적외선복사 에너지가 전달되는 장점이 있다.

한편, 상온 상태에서 원적외선 복사 및 효과를 열역학적인 측면에서만 서술하면 부정적인 면이 강하다. 그러나 원적외선 복사 재료에 따라서 에너지 분포는 질적 또는 양적으로 차이가 있다. 따라서 원적외선을 열작용에 의한 효과 외에 전자파와 물질내의 분자간에 진동을 여기시켜 변화를 일으킬 수 있다고 보면 상온에서의 원적외선 복사 응용은 상당한 가능성이 있다고 할 수 있다. 이 가능성은 모든 물질에 해당되는 것은 아니라고 생각되며, 물질의 구성 성분과 구조에 따라 차이가 있다. 따라서 상온의 상태에서 원적외선 복사에 대한 효과와 메카니즘은 많은 관계자들 사이에서 논의가 진행되고 있는 상태라고 판단된다.

3.2 원적외선 복사를

물질의 복사 특성은 분광복사발산도 곡선과 분광복사율 곡선으로 나타낸다. 전자를 복사강도 스펙트럼, 후자를 분광복사스펙트럼이라고도 한다. 분광복사발산도 곡선은 측정 파장별 복사에너지발산도를 나타낸 것이고, 분광복사스펙트럼은 대상물체의 복사발산도와 이와 같은 온도의 흑체 복사발산도와와의 비를 측정 파장 또는 파수에 따라서 나타낸 것이다.

복사율은 대상물체의 복사발산도(복사에너지)와 이와 같은 온도의 흑체 복사발산도와와의 비로 정의하

고 복사스펙트럼에 나타난 파장별 복사율을 분광복사율이라 하고, 일반적으로 이것을 복사율(방사율)이라 한다. 한편 전파장 영역에 걸친 분광 복사율의 평균치를 전복사율(전방사율)이라 한다.

방사율은 FT-IR분광법을 이용한 광역고감도검지소자에 의해 상온 영역에서 방사율 측정이 가능하게 되었다. 특히 상온에서 시료로부터 복사되는 에너지는 미약할 뿐 아니라 주위 환경에서 복사되는 에너지와 같은 수준이므로 정확한 방사 특성을 측정하기 위해서는 주위 온도, 시료 온도, 시료의 형상 및 측정장치의 안정성 등에 대한 사항을 고려하여야 한다.

방사율 측정결과에 큰 영향을 미치는 것은 시료 자체의 온도이다. 특히 상온 영역에서의 방사율 측정은 시료의 온도 오차가 작더라도 방사율은 큰 오차를 발생한다. 주위 온도를 10[°C], 시료 온도를 40[°C]로 한 경우, 시료온도 측정오차를 -0.1[°C]~ -20[°C]까지 변화시켰을 때 분광복사율의 오차를 Fig. 1에 나타내었다.

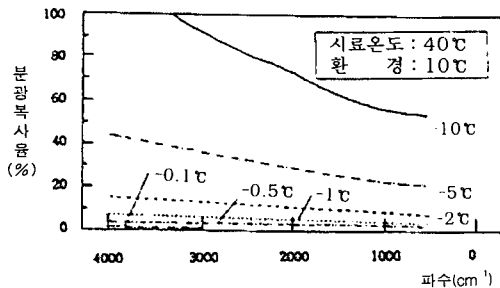


그림 1. 시료온도 측정오차가 분광복사율 오차에 미치는 영향

그림에서 보는 바와 같이 5~10[μm] 파장영역에서 분광복사율의 오차를 2[%] 이내로 억제하기 위해서는 시료온도가 40[°C]인 경우, 시료 온도 측정오차를 -0.5[°C] 이내로 조절해야 하는 것으로 나타났다.

특히 시료온도가 상온에 가깝고 측정온도 오차가 클수록 분광복사율을 측정하는 경우 시료온도의 오차를 작게 해야 분광복사율의 정밀도를 유지할 수 있다. 고온에서 측정할 때는 가열되는 동안에 시료의

수분, 조성, 조직 등이 변화하여 분광복사율에 영향을 미치므로 시료가 변하지 않는지 확인해야 한다.

같은 물질이라도 밀도, 두께, 표면상태 등이 다르면 방사율도 변한다. 만일 두 종류 이상의 시료간에 방사율을 비교할 경우 시료의 물리적 조건을 가능한 동일하게 하고 동일 장치로 측정해야 한다.

시료의 두께는 어느 정도 이상되지 않으면 광투과성이 있기 때문에 시료를 고정하는 고정대의 방사율 측정값에 영향을 미친다. Fig. 2에 알루미늄 시료대와 흑색도료(B. Tape)를 도포한 알루미늄 시료대를 사용한 경우, 시료의 두께 50, 75, 100[μm]의 셀룰로오스계 직물의 분광복사율을 나타내었다. 분광복사율은 시료의 두께가 제일 얇은 50[μm]것이 다른 두꺼운 시료보다 투과성이 높아 흑색도료를 도포한 시료대에서 측정할 경우 높게 나타났고, 흑색도료보다 복사율이 낮은 알루미늄 시료대에서는 낮게 나타나 시료대의 복사특성 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

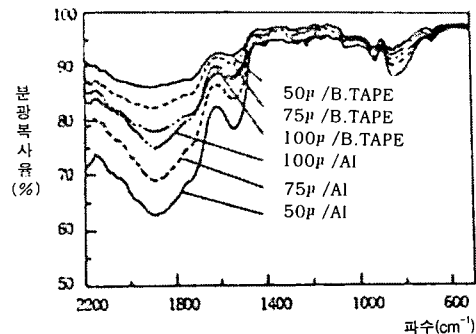


그림 2. 섬유시료의 두께와 시료대가 분광복사율에 미치는 영향

3.3 재질 및 특성

3.3.1 가열용 원적외선복사 세라믹스

원적외선복사 세라믹스는 지금까지 많은 종류가 개발되었다. 가열하면 3[μm]이상의 원적외선을 복사하는 재료로는 규소, 알루미늄, 지르코늄, 티탄, 칼슘, 마그네슘 등의 산화물과 탄화물, 질화물 또는 플라이트(3Al₂O₃ 2SiO₂), 코디에라이트(2MgO 2Al₂O₃)

5SiO₂), 지르콘(ZrO₂ SiO₂), 티탄산알루미늄(Al₂O₃ TiO₂), β-스포주멘(Li₂O Al₂O₃) 등의 복합산화물이나 이들 복수조합에 의한 복합소결세라믹스가 있다. 더욱이 불을 높이기 위한 첨가재료로서 철, 코발트, 니켈, 크롬, 망간, 구리 등의 산화물이 이용되고 또 소성온도를 낮추고 반응을 촉진시키기 위한 소결보조제로써 알칼리금속, 알칼리토류금속, 전이금속, 희토류원소 등의 산화물이 이용된다. 이러한 모든 물질이 이용되는 이론적인 근거에 대해서는 명확하지 않으나, 단일물질의 복합화나 혼합에 의한 복사율의 향상과 히터재료로 이용할 때 실용상 특성을 실현하기 위하여 각종 재료를 선택하고 있다.

적외선에 의한 가열은 복사열에 의한 가열이기 때문에 어떤 재료가 우수한 원적외선 발열체로 응용되기 위해서는 우선 그 방사율이 높아야 한다. 페인트, 종이, 나무 등과 같은 고분자 재료의 방사율은 보통 0.90 이상으로 가장 높은 수치를 나타낸다. 그러나 이들 고분자 재료는 400~500[°C] 이상에서는 변질되거나 타버리기 때문에, 발열체로 사용할 수는 없다.

금속의 경우, 그 방사율은 아주 낮다. 따라서 원적외선 방사재료의 소재로 금속 재료를 사용하는 것은 부적합함을 알 수 있다. 산화물 또는 탄화물과 같은 세라믹스 재료의 방사율을 높은 편이다. 이들은 온도가 높아질수록 그 방사율이 다소 낮아지는 경향을 나타내기는 하지만, 원적외선 방사 소자로서 아주 적합함을 알 수가 있다.

그림 3은 각종 재료의 원적외선 방사곡선을 파장에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 세라믹스는 금속이나 램프유리에 비해 원적외선 영역에서의 방사가 매우 높아서 원적외선 방사재료로서 가장 적합함을 알 수가 있다.

표 1은 각종 세라믹스 재료의 특성을 대표적인 금속재료의 특성과 함께 비교하여 나타낸 것이다. 이 표의 데이터를 분석해보면 세라믹스는 원적외선 방사재료로서 다음의 일반적인 특성을 나타냄을 알 수 있다.

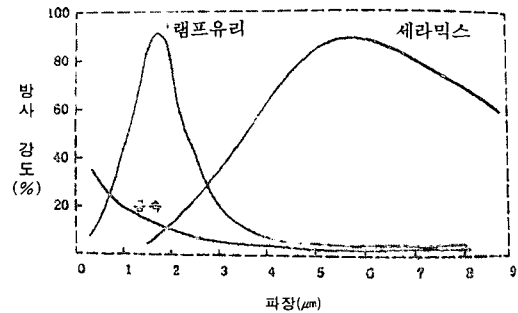


그림 3. 각종 재료의 적외선 방사곡선

1. 기계적 강도 : 세라믹스는 금속재료에 비해 일반적으로 강도는 높으나 그 인성이 매우 낮다. 즉, 세라믹스는 금속과 같이 절기지 못하고 충격에 의해 잘 깨어진다.

2. 내열성 : 세라믹스의 용융온도는 보통 1500[°C] 이상으로 높은 내열성을 나타낸다. 또한, 가열에 의해 변화가 거의 없다.

3. 내열충격성 : 어떤 재료가 열 충격에 강하기 위해서는 열의 전달은 빠르고, 가열에 의한 팽창은 작아야 한다. 세라믹스는 금속에 비해 열의 전달은 느리나, 가열에 의한 팽창은 낮은 편이다. 따라서, 세라믹스의 열충격성 자체는 금속과 비슷한 편이지만, 앞에서 말한 바와 같이 세라믹스는 인성이 낮기 때문에 금속에 비해 내열충격성이 나쁜 편이다.

4. 내부식성 : 세라믹스는 화학적으로 극히 안정한 물질이므로, 부식성 화학물질에 대단히 강하다. 특히, 건조과정에서 발생하는 각종 부식성 물질(수분, 용매, 황화합물 등)에 대하여 상당히 높은 온도(~1000[°C]) 까지 거의 부식당하지 않는다.

이상의 특성분석에서 볼 때, 세라믹스는 원적외선 방사재료로서 가장 필수적인 조건인 높은 방사율과 높은 원적외선 방사를 구비하였음을 알 수가 있다. 그리고 높은 내열성, 높은 내부식성 등도 갖추어서 원적외선 방사재료로서 적합하다 판단된다. 이러한 특성을 갖춘 세라믹스 재료로 여러 종류가 있지만, 원적외선 복사 특성이 우수하고 금속재료나 투광성

표 1. 각종 재료의 특성

특성 \ 재료	알루미나	코디어라이트	탄화규소	주철	강철
융점(°C)	2050	1460	2500	1177	1450
밀도(g/cc)	3.99	2.0~2.5	3.21	7.20	8.03
탄성계수(GPa)	393	150	410	100	190
강도(MPa)	620	120	450	220	500
인성 (MPa · ml/2)	4.2	2.0	4.3	30	45
열팽창계수 (10 ⁻⁶ /°C)	7.8	1.4~2.1	4.0	12.1	17.3
열전도도 (cal/cm · sec, °C)	0.026	0.010	0.160	0.100	0.040

재료의 표면피복재로서 우수한 특성을 갖는 재료로는 ZrO₂-TiO₂계, MgF₂계, 붕소화합물계, 주기율표상 제II족과 제IV족 원소의 복합산화물과 규산지르코늄과의 복합계 등이 있다.

또 철, 코발트, 망간 등의 전이금속산화물과 코디어라이트, 스펀 등 복합산화물의 혼합소결은 2~25[μ m]의 파장 영역에서 복사율이 높고, 열팽창이 작아서 내열충격성에 뛰어난 재료로 알려져 있고, 고효율 적외선복사체로서 이용되고 있다. 탄화규소(SiC)와 반응소결질화규소(SiO₃N₄)의 복합세라믹스를 소재로 하여 알루미나, 산화제2철, 실리카등을 첨가하면 내열성이 강한 파인세라믹스로 복사 특성이 우수하며 붕상, 면상발열체 가공이 용이한 재료로 알려져 있다. 세라믹스 재료는 가공원료가 같더라도 합성비율에 따라 분광복사율 및 물리적 특성이 매우 달라진다. 또한 같은 재료의 가공 방법이 주조물, 용사, 고밀도소결체, 가스결체인 경우 분광복사율 및 물리적 특성이 다르고 같은 가공 방법으로 합성해도 처리 과정이 다르면 세라믹스 분광복사율 및 특성에 변화가 있다.

3.3.2 상용 원적외선복사 세라믹스

원적외선의 비가열 효과와 복사 특성을 연관시켜

고찰하면 인공적으로 가공한 측체에 가까운 세라믹스보다 천연광물을 그대로 성형 가공하거나 분말로 가공한 것이 보다 효과적 경향이 있다는 보고가 있다. 천연광물의 복사스펙트럼은 파장에 따라서 최고·저의 차이가 있고 선택 복사성이 강하다.

이런 특성에 의해 원적외선의 비가열 작용이 있다고 하면 그것이 어느 특정 파장에서만 작용하는 것이라고 추측할 수 있다. 만일 비가열 작용이 특정 파장에 의해 일어난다고 가정하면, 여러 가지 비가열 작용과 원적외선 특정 파장과의 관계에 대하여 검증할 필요가 있다. 이를 위하여 특정 파장 영역을 복사하는 세라믹스를 개발 가공하는 것이 필요할 것이다.

Fig. 4는 개량한 알루미늄 함유관에 양극산화피막을 5~25[μ m]형성시킨후 40[°C]에서 분광복사율 변화를 비교한 것이다. 이 재료는 파장영역 2000~1400[cm⁻¹](4.5~7[μ m])에서 개량전의 재료보다 분광복사율이 약 15~25[%]정도 향상된 것으로 나타났다.

일반 재료에 원적외선 복사 특성이 우수한 세라믹스 분말을 첨가하여 사용하는 경우 원적외선 특성 파악을 위하여 먼저 분광복사스펙트럼을 기준으로 분석을 해야 한다. 세라믹스 분말의 입도, 첨가율과 특성 향상의 목표를 명확히 하고 적합한 세라믹스를

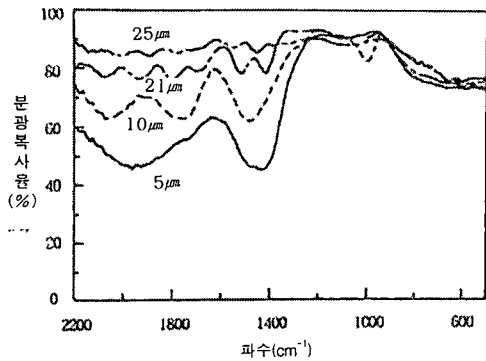


그림 4. 알루미늄 합금판에 양극산화피막 두께에 따른 분광복사율 변화

선택하는 것이 중요하다.

현재 상온에서 사용하는 원적외선 세라믹스의 특성 중 원적외선 효과와 세라믹스의 성분에 의한 기능을 분명히 구분해야 한다. 세라믹스의 특성에 따라 항균이나 탈취 능력이 강한 재료들이 있다. 상온에서 항균 또는 탈취 기능은 원적외선 효과라고 하기보다는 세라믹스의 기능성에 의한 것이다.

4. 주요 세라믹스 원료

세라믹스가 인류와 운명을 같이 할 재료로 인식되게 된 것은 ‘용기’ 이외의 다른 다양한 기능을 갖는 뉴세라믹스 및 파인세라믹스의 등장에 의한 것이며 이에 따라 원료 역시 ‘규산염’ 이외의 다양한 것이 사용되고 있다. 뉴세라믹스와 파인세라믹스의 원료는 고순도와 미립도를 요구하기 때문에 천연의 비금속 광물을 직접 원료로 사용하는 경우는 거의 없으나, 이들을 물리, 화학적 방법에 의해 정제하여 순수한 비금속 무기물질을 만들어 사용한다. 결국 모든 비금속 광물은 세라믹스의 원료가 될 수 있으며 일반적으로 많이 사용되는 주요 광물은 표 2와 같다.

4.1 실리카 광물

국내에서 생산되는 실리카 광물은 규석, 규사, 규조토 등이 있다. 규석은 규석광산에서 채광되어 괴광

의 상태나 분쇄공정을 거쳐 유통된다. 규석은 가장 중요한 실리카 원료광물의 하나이나 도자기용 소지용의 경우 도석, 장식, 납석, 점토 등이 실리카를 수반하는 경우가 많아 별도의 원료로 실리카를 사용하는 경우는 드물다. 국산 규석의 내수량은 시멘트공장 가동률 저하와 건설경기 부진 등으로 감소하고 있는 실정이다. 국산 규석의 가격은 광산에 따라 다양하며, 수정 진동자 합성용이나 정밀화학용의 고급 석영은 수입에 의존하고 있다.

규사는 유리원료, 주물공업 및 화학공업원료로 사용되고있으며 정수용 등 환경관련분야에서의 수요도 증가하고 있다. 국내에서 생산되는 규사는 대부분이 해사로 총 수요의 40[%]이상이 말레이시아, 호주 등에서 수입되고 있다.

규조토는 규조나 단세포 식물의 잔해가 해양이나 호수에 침전 퇴적되어 생성된 퇴적암의 일종으로 순수한 규조의 잔해는 비정질 실리카로 이루어진 다공체이다. 국산 규조토는 경북 포항, 영일 일대에 분포하고 여과제, 충전제, 토질개량제, 단열재 등의 원료로 사용되고있으며, 식음료의 여과제로 사용되는 양질의 규조토는 수입에 의존하고 있다.

4.2 점토류

우리 나라 광업법은 고령토(카올린 광물), 산성백토, 도석, 벤토나이트, 반토혈암 및 점토(와목, 목질)를 모두 고령토로 정의하고 있으나 이는 학문적으로는 점토류로 규정하는 것이 타당하다. 결정질의 점토는 SiO₄사면체를 기본으로 하는 층상규산염광물이다. 사면체의 3정점은 평면상으로 결합하여 6각형의 그물구조를 갖는 SiO₄ 4면체 층을 기본 골격으로 하고 있다. 나머지 한 정점은 Al, Mg, Fe등의 양이온이 산소의 음이온(O²⁻)이나 수산기(OH⁻)를 배위하여 형성된 8면체 층과 결합한다. 이러한 4면체 층과 8면체 층의 결합방식에 따라 점토광물은 1:1형, 2:1형, 2:1:1형 등으로 분류되며(그림 1참조) ①적당량의 물과 혼합하면 가소성이 있으며, ②수[μm]이하의 미립자로

표 2. 주요 세라믹스 원료 광물

구분		광물명
실리카 광물		규석(SiO ₂) 규사(SiO ₂) 규조토(SiO ₂)
Al ₂ O ₃ · SiO ₂ 계	점토류	카올린광물(Kaolinite, Halloysite, Dickite) Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ · 2H ₂ O 납석(Al ₂ O ₃ · 4SiO ₂ · H ₂ O) 몬트몰로나이트(Al ₂ O ₃ · 4SiO ₂ · 6H ₂ O)
	실리마나이트족 광물	silimanite, 남정석, 홍주석 : Al ₂ O ₃ · SiO ₂
알칼리를 공급하는 광물		장석(소다장석 : Na ₂ O · Al ₂ O ₃ · 6SiO ₂ 카리장석 : K ₂ O · Al ₂ O ₃ · 6SiO ₂ 엽장석 : Li ₂ O ₃ · Al ₂ O ₃ · 8SiO ₂) 네펠라인(하석, Na ₂ O · Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂) 견운모(K ₂ O · 3Al ₂ O ₃ · 6SiO ₂ · 2H ₂ O) 빙정석 (3NaF · AlF ₃) 붕사(Na ₂ O · 2B ₂ O ₃ · 10H ₂ O)
알루미나 광물		Bauxite(Al ₂ O ₃ · H ₂ O, Al ₂ O ₃ · 3H ₂ O) Diaspore(Al ₂ O ₃ · H ₂ O)
CaO를 공급하는 광물		석회석(CaCO ₃) 백운석(MgCO ₃ · CaCO ₃) 규회석(CaO · SiO ₂) 석회장석(CaO · Al ₂ O ₃ · SiO ₂) 형석(CaF ₂) 인회석(Ca ₃ (PO ₄) ₂ · Ca(F,Cl) ₂) 석고(CaSO ₄ · 2H ₂ O)
MgO를 공급하는 광물		마그네사이트(MgCO ₃) 백운석(MgCO ₃ · CaCO ₃) 활석(3MgO · 4SiO ₂ · H ₂ O)
기타 주요 광물 및 원료		중정석(BaSO ₄) 탄산바륨(BaCO ₄) 산화납(PbO, Pb ₃ O ₄) 산화아연(ZnO) 루틸(TiO ₂) 일메나이트(FeTiO ₃) 지르콘(ZrO ₂ · SiO ₂) 모나자이트((Ca,La,Y,Th)PO ₄) 기타 금속 산화물(Fe ₂ O ₃ , CoO, NiO, CuO 등)

구성되어있고, ③건조하면 강성을 갖게 된다는 특징을 갖는다. 고령토(카올린광물)는 대표적인 1:1형 점토광물이며 국내에서 생산되는 것은 주로 회장암이 풍화 및 변질되어 생성된 침상의 할로이사이트를 주광물로 하고 있고 색에 따라 백색 및 도색(桃色)의 각 등급으로 분류된다. 제지용 충전제 등으로 사용되는 판상의 카올리나이트는 전량 수입되고 있다.

벤토나이트는 2:1형 점토의 대표적 광물인 몬모릴로나이트를 주구성 광물로 하는 점토로 물속에서 팽윤하는 특징이 있으며 팽윤성이 없는 것을 산성백토라고 하며 촉매, 탈색, 정제, 건조제 등으로 사용된다.

반토혈암은 점토가 변성되어 암석화된 것이다.

와목 점토는 점토 중에 조립의 석영립이 존재하고 있어 개구리의 눈과 같이 보인다 하여 붙여진 명칭이며 목질 점토는 목편상의 인편이 존재한다 하여 명명된 일본식 명칭이다. 일반적으로 고령토라 불리는 광물은 일차점토에 속하며 거의 순수한 카올린광물로 되어 있으나 입자의 크기가 비교적 커서 가소성이 떨어지는 경향이 있으나, 와목 점토와 목질 점토는 이차점토에 속하여 카올린 광물이외의 성분이 많이 함유되어 있으나 미립자로 되어있어 가소성이 뛰어난 것이 일반적이다.

도석은 광물학상의 명칭이 아니며 골격성분, 가소성을 갖는 성형 조제, 소결 조제의 성분들을 천연상으로 도자기 제조에 적당한 비율로 함유하고있어 자체만으로도 성형이 가능하고 소성하면 자화되는 특징이 있다하여 붙여진 명칭이다.

벤토나이트의 경우 지역적으로 편재되어있어 수요에 따라 심한 생산차를 보이고 있다. 이 중 도석, 고령토, 벤토나이트, 점토 등이 일본, 대만 및 동남아시아 국가로 수출되고 있다. 한편 제지용, 도자기용, 충전제용, 내화물, 주형제 및 흡습제용이 수입되고 있다.

4.3 납석

납석은 엽납석 또는 견운모나 카올린광물로 구성

된 치밀괴상의 광물로서, 연질이며 밀납과 같이 지방감을 갖고 있다. 납석은 전라남도 일대에서 많이 생산되고 있으며 주로 내화물의 원료로 사용되고 있으나 최근에 시멘트용 부원료로의 사용량이 증가하고 있다. 분체 상태의 납석은 충전제, 유리섬유의 원료 등 그 용도가 다양하며, 남아프리카공화국에서 수입되는 납석은 인조다이아몬드 성형용기 제조용으로 사용되고 있기도 하다.

4.4 장석

장석은 석영, 운모와 함께 암석을 구성하는 조암광물로 화학조성에 따라 소다장석, 카리장석 등으로 구분된다. 장석은 용융 온도가 1,100[°C] ~ 1600[°C]로 타 광물에 비해 낮아 용제 및 점결제로 사용된다. 장석의 성분은 유리제품 및 카리비료 등의 제조에 이용되며, 장석 분체는 고무, 페인트, 플라스틱의 충전제로 이용되기도 한다.

4.5 운모

장석과 함께 조암광물의 하나인 운모는 충전제, 윤활제, 요업원료, 화장품원료 등으로 많이 사용된다. 특히 견운모는 가소성이 크고, 용융해서 생성되는 유리상의 점성이 커서 세라믹스의 소결제로 사용된다. 견운모는 단독으로 산출되기도 하지만 도석의 형태로 산출되는 경우가 많다. 국내의 운모광산은 대부분 영세하여 정기적으로 채광되지 못하고 판로가 있을 때 간헐적으로 생산되기 때문에 광산간의 생산량이 일정치 못하다.

4.6 석회석

석회석은 우리나라 광산물 생산의 총 75%이상을 점유하고 있다. 광업법상 석회석은 백운석, 방해석, 대리석 및 코퀴나를 포함하고 있으나 코퀴나는 국내에서 생산되지 않고 있다. 석회석 중 7,500만톤 정도가 시멘트 원료로 사용되었으며, 제철용으로 6백만톤, 화학용으로 4백만톤 정도가 사용되고 있다. 수입된

백운석은 마그네슘질 염기성 내화벽돌 제조용 원료로 사용되고 있다.

5. 원적외선복사 세라믹스의 응용

원적외선복사 세라믹스를 이용한 제품은 가열상태에서 사용하는 것과 비가열상태에서 사용하는 것으로 분류된다.

국내에서 원적외선복사 세라믹스 응용은 주로 상온상태에서 사용하는 것이 많고 다른 산업과 비교해서 기술적으로 상당히 뒤떨어져 있는 상황이다. 국내에서 원적외선을 응용하기 시작한 기간은 1985년 이후로 주로 민생용품이 대부분이었다.

특히, 원적외선 응용가열·건조분야는 1990년대부터 응용하기 시작하여 실제로 산업분야에 적용되기 시작한 것은 5년전 쯤으로 판단된다.

현재 국내의 원적외선 시장 현황은 건축, 사우나 계통 및 다양한 민간 생활용품이 주종을 이루고 있고, 산업분야의 적용은 농수·식품건조, 타이어 유약 건조, 배터리건조 등 그리 많지 않은 편이다.

한편, 원적외선 응용이 활발한 일본은 1970년대에 벌써 오일 쇼크를 극복하기 위해 에너지 절약 열원으로 원적외선 가열을 이용하였고, 현재도 많은 분야에서 이용하고 있다. 국내에서도 현재 많은 분야에서 원적외선 복사에 대한 연구가 진행중이고 상품도 다양하게 개발되고 있다. 향후, 더 많은 분야에 응용 개발될 것으로 판단된다.

◇ 著 者 紹 介 ◇



이 동 규

1979. 2 충북대학교 화학공학과 학사졸업. 1981. 2 충북대학교 화학공학과 석사졸업. 1989. 2 충북대학교 화학공학과 박사졸업. 1978. 7~1983. 9 한국종합화학주식회사. 1991. 4 ~ 현재 충북

대학교 교수.