

건축마감재용 천연 원료광물의 기능성 평가

이상훈, 최태섭, 장성일, 조상운
대한광업진흥공사 기술연구소, (사)한국원적외선협회,
알파바이오(주), (주)현대바이오

I. 서론

20세기를 지나오며 우리 인간들은 전례 없는 인구의 증가와 급격한 경제발전, 그리고 통제 불능의 환경변화를 경험하였다. 1900년부터 2000년까지 지난 100년 동안 세계 인구는 약 4배정도 증가하였고, 세계 실질 국내총생산(GDP)은 같은 기간동안 20배에서 40배 증가하였다. 따라서, 이러한 급속한 세계 실질 국내총생산의 증가는 우리 인류에게 인구의 증가로 인한 물질적 필요를 만족시켰을 뿐 아니라, 의·식·주 모든 기본 생활권에 걸쳐 높은 생활수준에 대한 욕구를 성취할 수 있게 하였다.

특히 나날이 급격하게 발전하고 있는 우리 인간들의 주거환경 변화는 새로운 욕구를 충족하기 위한 신소재들의 등장과 함께 각종 건축 내·외장재의 기능화·고급화·차별화를 강하게 요구하고 있는 실정이다. 그러나, 최근 몇 년간 선진 각 국에서 새로 신축했거나 개축 또는 리모델링한 주택에 입주한 사람들이 갑자기 혼수상태에 빠진 사고가 잇따라 보고되고 있다. 특히 열효율을 높이기 위해 알루미늄새시나 시스템창호를 이용하면서 단열, 밀폐성이 높아져 밀폐된 공간에서의 주택 알레르기현상이 일어날 확률이 높아지고 있다. 이러한 두통, 현기증, 구토증 등 각종 신체현상을 가리켜 일명, 『Sick House 증후군』, 『화학물질과민증』 혹은 『신축병』이라고 하는데, 이 신종 알레르기현상은 지붕, 벽, 바닥 등에 사용한 건자재나 새로 들여 놓은 가구에 포함된 화학물질들이 그 원인인 것으로 밝혀지고 있다. 이러한 신축병의 최대 원인은 포

르말린의 원료인 포름알데히드(CH₂O, formaldehyde)로서, 자극적인 가연성 기체로 접착제에 주로 포함 되어있다. 따라서, 이러한 접착제를 사용한 베니어합판, 바닥제, 벽 등 어디에서나 포름알데히드는 나온다. 포름알데히드에 과도하게 노출되면 눈의 자극으로부터 불쾌감, 두통, 간지러움, 기침, 구토증 호흡곤란 등의 증상이 생기는 것으로 알려져 있다. 신축병으로 민원이 발생하고 보상을 해야하는 사례도 많아지자, 일본 주택회사들은 지난해부터 합판과 건재에 사용하는 접착제의 사용량을 줄여 『저(低)포름알데히드 건재』 사용을 확대하고 있다. 한편, 주거 공간 내에서 발생하는 유해한 화학물질로는 포름알데히드 외에도, 벤젠, 톨루엔, 크실렌 등의 휘발성 유기화합물(VOCs)이 지목되며, 일본 『건강 주택연구소』는 설계-시공 가이드라인과 사용자 매뉴얼 등에 이러한 유해 화학물질 규제를 추진하고 있다. 독일, 캐나다, 미국 등 환경선진국들은 일찍부터 이런 유해 화학물질을 규제하고 있다. 반면 한국은 공중위생법에서 먼지, 이산화탄소, 온도, 산소 등을 열거하고 있을 뿐 실내의 유해 화학물질에 대한 대비는 아직 없는 형편이다.

쾌적하고 건강한 실내 공기환경(IAQ, Indoor Air Quality)의 확보는 최근 전세계적으로 관심이 집중되고 있는 환경문제와 결부되어 매우 중요하게 다루어져야 한다. 특히 현대인이 하루 중 80% 이상을 실내에서 생활하고 있음을 감안할 때, 실내공간의 대부분을 차지하는 건물 내에서의 IAQ문제는 국민건강과 복지측면에서 우선적으로 고려되어야 할 것이다.

따라서, 본 고에서는, 최근에 이러한 문제점들을 보다 더 적극적으로 해결하고 동시에 또 다른 가능성을 부가시킬 수 있도록 고안되어 출시되고 있는 환경친화성 액상세라믹 건축마감재에 포함되어 있는 천연 원료광물들을 중심으로 그 기능성 및 환경친화성 등을 평가하여, 이러한 제품들이 향후 건강주택 건설 및 ECO-주거환경조성에 그 역할의 한 축을 담당할 수 있을지에 대하여 고찰해 보고자 하였다.

II. 액상세라믹 건축마감재의 구성

1. 액상세라믹 건축마감재의 제조 및 시공

환경친화성 액상세라믹 건축마감재를 제조하기 위하여 혼합한 각 기능성 원료들의 종류 및 혼합비를 다음 Table-1에 나타내었고, 제조공정도를 Fig.-1에 나타내었다.

한편, 이러한 건축마감재를 실제 현장에서 적용시킬 때의 이상적인 시공 시스템 구성도를 Fig.-2에 도식적으로 나타내었다.

제품의 기능성 구현은 무기 액상 결합재와 천연 옥 조성을 주 구성성분으로 배합하여 근본적으로 원적외선 방사체 특성을 기본으로 한 뒤, 항균성·단열성·음이온 방사특성·전자파 차폐(흡수) 특성 등의 부가 기능성을 필요에 따라 복수 다기능성으로 추가 발현시킬 수 있도록 준비하였다. 또한 실제로 도포하고자 하는 도포면의 종류 및 특성에 따라, 즉, 노후된 구조물과 같이 표면 강화처리가 필요할 경우에는 본인 등이 직접 개발한 상온 경화형 무기질 결합재를 이용하여 사전에 도포면의 표면특성 개질이나 강화 및 방수처리를 하지면 처리 성격으로 기초시공 하였다. 시공 공간의 특성상, 광촉매 기능성 부가가 가능하고 또 소비자가 필요로 하는 경우에는 상도 코팅 공정을 도입하여 초미립 TiO_2 -sol을 액상세라믹 건축마감재 도포면 위에 일정량을 최종 마감성격으로 처리하였는데, 이는 광촉매 자체의 반응원리가 표면반응이기 때문에 마감재 성분으로 직접 혼합하지 않고 별도로 도포하도록 하였다.

Table-1 액상세라믹 건축마감재용 원료 종류 및 혼합비율

원료명	천연옥	기타 원적외선 방사 원료 (전기석, 맥반석 등)	기능성 세라믹 원료				무기 액상 결합재	광촉매 원료
			항균 원료	단열성 원료	음이온 방사원료	전자파 차폐(흡수) 원료		
함량 (wt%)	60	28	12				100	필요시, 상도코팅

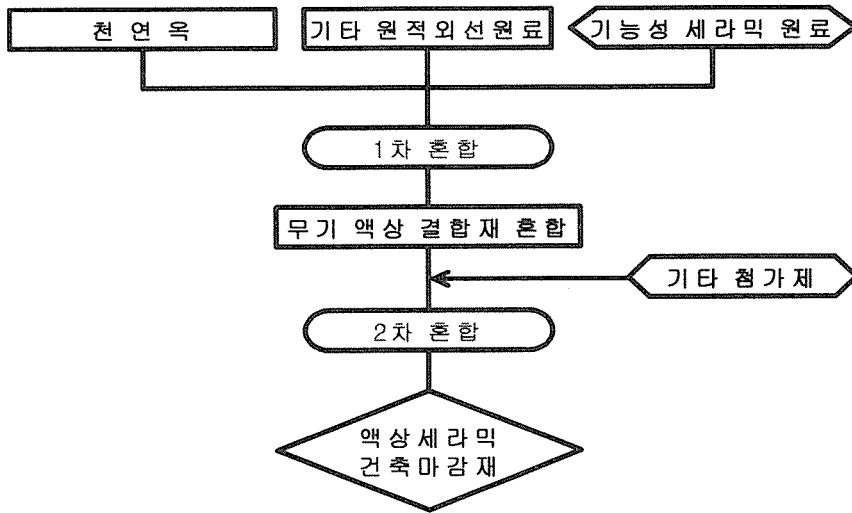


Fig.-1 액상세라믹 건축마감재 제조공정도

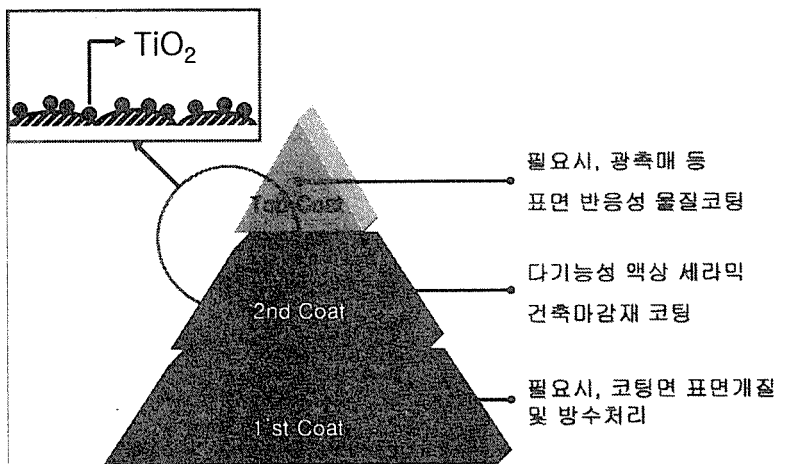


Fig.-2 액상세라믹 건축마감재 시공시스템 구성도

2. 액상세라믹 건축마감재의 기능성 개론

2-1. 원적외선 방사특성

어떠한 특정 방사체에 있어서, 적외선의 발생은 열방사와 냉방사의 2종류로 대별되고 열방사의 경우 각종 소재의 원적외선 방사 특성 치는 각각의 배합원료의 종류, 표면 상태, 표면 입자의 크기 등에 따라 방사효과가 다르다. 또, 모든 물체는 절대온도 이상에서 적외선이 방사되지만, 동일한 표면온도 조건하에서도 각 물체들의 방사특성은 서로 다르다. 따라서, 본 액상세라믹 건축마감재의 원적외선 방사 특성 구현을 위하여 주원료로 혼합한 천연 옥, 맥반석, 전기석 등은 이미 수많은 연구자들에 의하여 가장 이상적이고 효과 높은 원적외선 방사체 원료로 인정받고 있음이 주지의 사실인 바, 본 건축마감재의 원적외선 방사특성 발현에는 의문의 여지가 전혀 없을 것이라 사료되는 바이다.

2-2. 항균 특성

세균 및 곰팡이류의 번식을 억제하는 항균제에는 무기계 항균제, 유기계 천연물 추출계 항균제, 유기계 지방족 화합물 항균제 및 유기계 방향족 화합물 항균제가 있다. 유기계 항균제는 히노키티올, 대나무(孟宗竹) 추출액 등의 천연물 추출계 항균제와 지방족 화합물 항균제로 대별된다. 유기계 항균제는 단기간 내의 항균력이 매우 우수하다는 장점이 있는 반면, 인체 유해성 및 작업 시 위험성 등으로 그 사용이 제한적이라는 단점을 가지고 있다. 반면에, 본 액상세라믹 건축마감재에 혼합한 무기계 항균제는 항균력이 반영구적이고 내열성이 좋으며 인체에 대한 독성이 거의 없고 탈취, 원적외선 방사 특성 등의 부가기능까지도 발현할 수 있는 바, 가격측면의 제한성만 해결된다면 폭넓게 응용이 가능하리라 사료된다.

2-3. 음이온 방사특성

음이온 연구의 역사는 이미 오래전인 1900년대부터 계속되어져 왔고, 최근 들어 급증하고 있는 음이온 산업의 발전과 더불어, 그 효과 및 진위에 대하여 관심이 고조되고 있는 실정이다. 물론 아직도 이에 대한 확실한 학문적인 메카니즘 규명은 아직 완성되지는 않고 있는 실정이다. 따라서, 본 건축마감재도 향후 혹시 있을지도 모를 소비자의 요구에 부응하기 위하여 미리 그 기능성 부가를 위한 원료소재 선정 및 적용준비를 하였는바, 이를 위한 원료선정의 타당성을 살펴보았다. 그 결과, 이미 많은 연구자들이 이미 음이온 발생원으로 지정하고 있는 희토류원광의 일종인 모나자이트를 주 구성광물로 하고 있는 원료를 혼합하고 있음을 알 수 있었고, 이 또한 일정 소량을 필요시에 첨가 시공할 경우, 효과적인 음이온 방사 특성 구현이 기대된다고 사료된다.

2-4. 단열 특성

이미 오래전부터 건축구조물 내부의 에너지 손실을 줄이는 방안으로서, 구조물내에 복사열 장벽을 구축하고자 하는 노력은 끊임없이 지속되어 오고 있다. 이를 위하여 수많은 유·무기계 단열재들이 개발 보급되고 있으나, 이미 선진국들에서 유기계 단열재는 강도구현 등이 어렵다는 시공 특성의 불량 및 화재시의 유해성 등으로 거의 채택되지 못하고 있는 실정이며, 이를 대체할 무기계 단열재로 그 방향을 전환하고 있는 실정이다. 그러나, 건축 구조물 구축을 위한 시공상의 어려움 등은 아직 상존하고 있고, 또 효율 높은 무기계 단열 판재 등의 개발 시판이 아직은 연구개발 단계인 바, 본 액상세라믹 건축마감재 내에 일정량의 무기계 단열성 원료를 혼합하여 마감처리 한다면 대단히 높은 기능성 구현이 가능하리라 사료된다.

현재 시중에 개발되어 시판되고 있는 가장 대표적인 무기계 단열재로서는 유리질 벽으로 형성되어 있고 그 내부가 진공 조건으로 제조된 미립 중공형 소재가 가장 주목받고 있는 소재들인 바, 이를 본 액상세라믹 건축마감재에 일정량 혼합할 경우, 건축구조물 실내·실외의 벽, 천장 또는 그 외의 열을 손실하기 쉬운 표면에서 열복사를 감소시켜주는 효과적인 복사차단막을 만들어 줄 것으로 기대된다.

2-5. 전자파 차폐(흡수) 특성

전자파는 전기와 자기의 주기적인 변화에 대한 진동이 공간으로 퍼져나가는 일종의 파동에너지이다. 따라서, 이는 전기장이 존재하는 곳이면 어느곳이나 존재할 수 있기 때문에 우리 생활 거의 모든 공간에 전자파가 존재한다고 해도 과언은 아니다. 그런데, 최근에는 이러한 전자파에 대한 유해성 논란이 산업·의학계를 중심으로 심각하게 거론되고 있는 바, 그 진위여부의 학문적인 증명과는 상관없이, 우리 인간들의 주요 생활공간인 건축구조물내의 시설 조성의 필요성은 더욱 더 강하게 요구될 전망이다.

건축물에 있어서의 전자파 차폐 기술 및 소재는 전기·전자 제품의 발생 전자파 측정 및 평가가 목적인 Shielding Room과 전파무향실 설치 등에 적용하기 위하여 시작된 이래, 현재 다양한 분야에서 확대·적용되고 있다. 그러나 아직도 경제적이고 손쉬운 시공방법은 확립되지 못하고 있어, 보다 더 적극적인 적용에는 한계가 있다고 할 수 있다. 따라서, 본 액상세라믹 건축마감재 내에 미리 고효율의 전자파 차폐 기능성 원료로 널리 알려진 티탄철석이나 탄소 재료 등의 값싼 천연 광물자원을 혼합시켜 준다면, 그 기능적 효율성과 함께 손쉬운 시공 공정상의 잇점을 동시에 구현할 수 있을 것이라 사료되는 바이다.

2-6. 광촉매 특성

산화티탄의 광반도체 특성을 이용하는 광촉매 반응에 관한 연구는 산화티탄 전극을 이용한 물의 광분해반응이 발견된 뒤부터 수많은 연구가 행하여져 왔는데, 그 경향은 크게 두 가지로 나누어진다.

하나는, 대체에너지 관련분야로서 물을 분해하여 수소를 추출해내고자 하는 연구로 대표되는 태양에너지를 화학에너지로 변환시키는 분야이다. 최근에는 Grätzel cell이라고 불리워지고 있는 색소중감 광전지가 주목받게 됨으로써 화학에너지가 아니라 전기에너지로의 변환연구가 이루어지고 있기도 하다.

또 하나의 연구 동향은, 동일 반응을 화학에너지로 변환시키는 대신에 화학반응을 야기 시켜, 물질을 합성한다든지 물이나 공기 중의 유기 오염물질을 산화·분해시키는 목적의 연구 분야이다.

상기한 종래의 연구 분야들은 산화티탄 분말을 이용하는 경우가 많았고, 강한 자외선 조사 조건하에서의 연구 분야 이므로 그 응용에 있어서는 어느 정도의 한계점이 인정되고 있었다. 그러나, 최근에 들어서 “광촉매”라고 하는 용어가 일본을 중심으로 새삼스럽게 본격적으로 다시 대두되면서 우리들의 주목을 강하게 요구하고 있는 이유는, 산화티탄 분말만이 아니라 박막으로 담지시킨 재료를 사용하여, 생활공간에 존재하는 미약한 자외선만으로도 쾌적한 생활환경을 조성하고자 하는 목적을 충분히 만족시킬 수 있는 가능성이 속속 밝혀지고 있기 때문이다.

이는, 강한 광조사 조건하에서도, 약한 광조사 조건하에서도 광반응을 일으키는 특징, 즉 파장이 동일하면 광자 1개가 갖는 에너지는 동일하다는 성질을 이용하고 있다.

하수처리나 태양에너지의 변환 등 대량의 물질을 처리하고자 하는 목적이 아니라, 환경정화를 위해 미량의 오염 물질을 분해하는 경우에는 소량의 자외선만으로도 이러한 광반응 특성을 효율적으로 이용할 수 있기 때문이다. 이와 같이 약한 광을 이용한 산화티탄 광촉매 반응 즉, 항균·탈취·공기청정·self cleaning 등의 기능을 갖는 제품들이 현재 일본을 중심으로 속속 개발·시판되고 있다. 또, 최근에는 산화티탄 표면에서 초 양친매성 특성도 발견되어 서리방지, 오염방지 등의 기능도 함께 갖는 것도 밝혀졌다.

따라서, 본 액상세라믹 건축마감재 상도면에 이러한 광촉매 소재를 최종적으로 코팅처리할 경우, 앞서 밝힌 다양한 기능성들 이외에도 부수적으로 건축구조물 내부의 공기정화 기능성을 십분 배가시킬 수 있으리라는 판단이다. 다만, 건축마감재 상도면과의 강한 친화력을 갖는 광촉매 도료를 경제적으로 값싸게 제조·확보하는 것이 최종적인 시공상의 어려움까지도 동시에 해결할 수 있는 실질적인 방안이 될 것이다.

III. 건축마감재용 천연 원료광물의 기능성 평가

1. 원적외선 방사용 원료광물의 기능성 평가

1-1. 천연 옥

본 건축마감재에 사용된 천연 옥에 대한 화학성분 분석결과를 다음 Table-2에 나타내고, XRD 및 편광현미경 관찰결과를 Fig.-3에 나타내었다.

Table-2 천연 옥 원료의 화학성분 분석결과(wt%)

구분	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	lg. loss
천연 옥	1.37	55.50	0.30	0.11	12.26	25.45	0.65	0.08	3.85

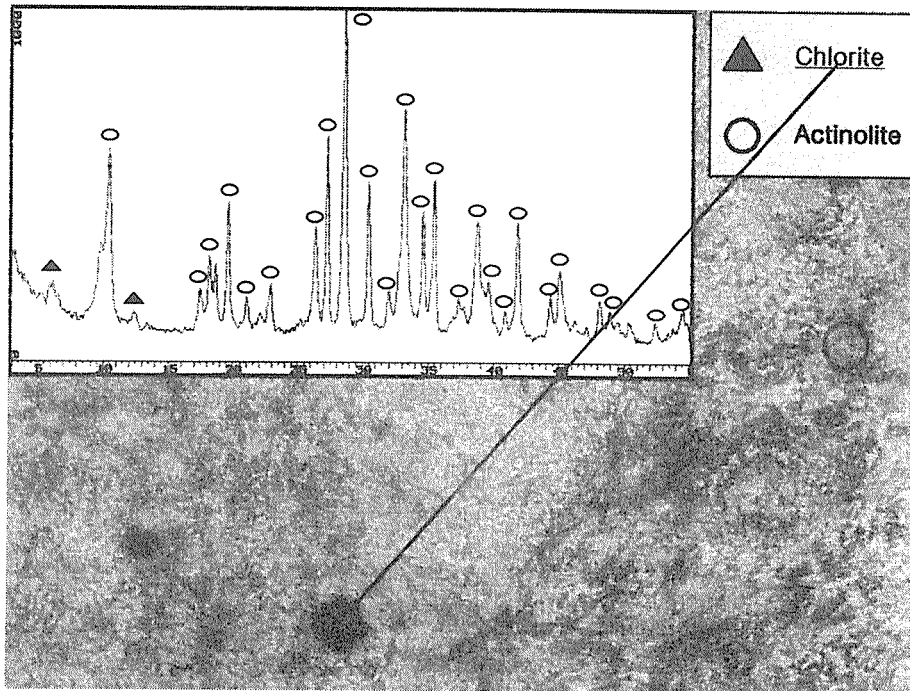


Fig.-3 천연 옥 원료의 XRD 및 편광현미경 분석결과

상기한 분석 data들을 검토해보면, 본 건축마감재에 사용되고 있는 천연 옥은 녹니석을 수반하고 있는 암록색의 Actinolite계(陽起石)의 전형적인 천연 연옥 광물 조성을 보여주고 있으며, 실리카(SiO_2), 마그네슘(MgO), 산화칼슘(CaO) 등이 주 구성성분이고, 편광현미경 사진 관찰결과에서도 유색 녹니석 결정 외에는 확실한 결정상을 보이지 않고 전체적으로 전형적인 구름 같은 운정(雲晶) 특성을 보이고 있음을 쉽게 알 수 있었다.

한편, 37°C 에서 측정된 원적외선 방사율($5\sim 20\mu\text{m}$) 및 방사에너지 값은 각각 0.928 및 $3.58 \times 10^2 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m})$ 로서 대단히 높은 방사체 특성을 보여주고 있었다. 이러한 측정결과 data를 다음 Fig.-4에 나타내었다.

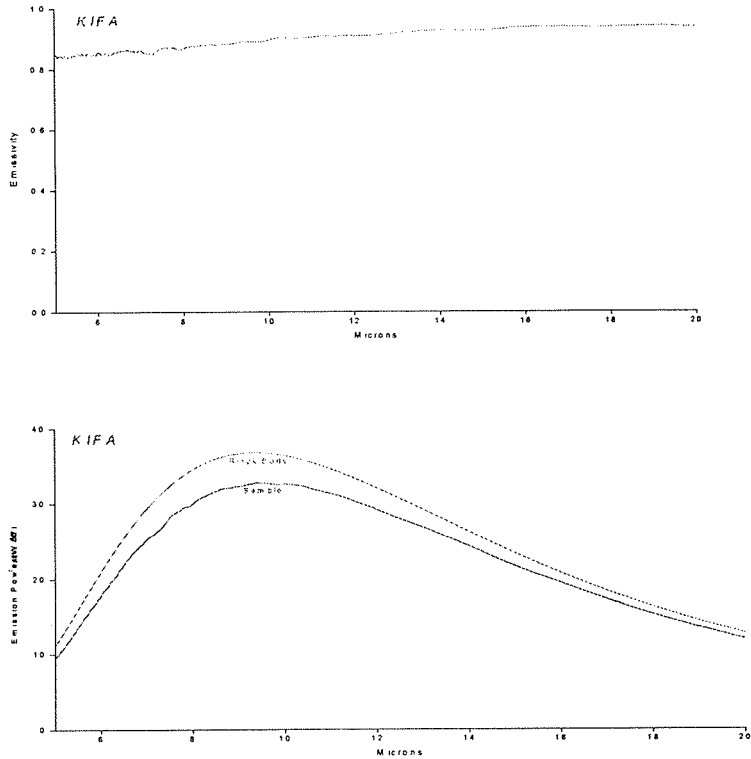


Fig.-4 천연 옥 원료의 원적외선 방사특성

이상과 같이 천연 옥은 대단히 높은 원적외선 방사특성을 보여주고 있음을 알 수 있는데, 보석의 일종인 천연 옥이 이렇게 높은 원적외선 방사특성을 보이게 되는 것은 그 광물학적인 성인에서 살펴보면 매우 흥미로운 점을 발견할 수 있게 된다.

우리들이 보통 옥(玉)이라고 하는 것 중에는 연옥과 경옥의 2가지가 포함되어 있다. 이 연옥과 경옥은 그 외관과 색채, 광택 등의 물성들이 아주 비슷하여 혼동하기가 쉬우나 광물학상으로 볼 때에는 아주 판이한 종류에 속한다.

연옥(軟玉, Nephrite)은 각섬석의 일종으로 주성분은 마그네슘, 철, 칼슘의 규산화합물이다. 결정은 육방정계에 속하는 투각섬석(透角閃石, Tremolite)과 양기석(陽起石, Actinolite)이 주구성 결정이며 백색, 초록색, 암록색의 것이 있다. 흔히 유리광택이 나며 경도는 6~6.5, 비중은 2.9~3.1 이다.

경옥은 휘석의 일종으로 그 산출율은 연옥에 비하여 희소하다. 주성분은 알루미늄, 소다의 규산화합물이다. 경도는 6.5~7, 비중은 3.2~3.4 fhtj 연오보다 높다. 경옥중에서 철분을 많이 함유하여 암록색을 나타내고 비중이 3.4~3.65 인 것을 농록옥(濃綠玉, Chlomelane)이라고 한다.

한편, 빛나는 아름다움과 희소성 그리고 높은 가치로 인하여 사람의 마음을 사로잡는 보석들은 과연 어떻게 하여 탄생하는 것일까. 그 탄생과정에 관해서는 상당한 의문점을 가지고 있으리라 생각한다. 이제 그 신비한 보석의 생성과정을 살펴보자. 과연 보석들은 어떻게 하여 암석 속에서 생성되는 것일까. 보석도 알기 쉽게 말하면 단순한 광물의 일종으로 보면 된다. 그래서 보석은 거대한 암석 속에서 곱게 곱게 생성되는 것이다. 이러한 광물과 암석의 기원은 뜨거운 용암(마그마)이 식으면서 굳어지는 과정 중에 생기는 것이다. 대체로 대부분의 보석은 고열고압의 용암(마그마)이 머무르는 자리에 녹아있는 수많은 입자(원자)들이 냉각되면서 아름다운 보석결정을 형성한다. 때로는 지각의 균열로 인해 지상으로 솟아올라 복잡한 분화과정을 거쳐 형성되는 것도 있다. 온도차에 의하여 특별한 성분이 농축되기도 하며, 수분이 첨가되어 고온, 고압의 상태를 거치면서 때로는 열수액이라는 특수한 상황 속에서 일종의 수용액 상태 내에서 특이한 광물이 생성되기도 한다. 말하자면 열수광상 속에서 분화가 이루어지는 것이다. 특히 금속 광물과 이와 유사한 광물은 이런 현상

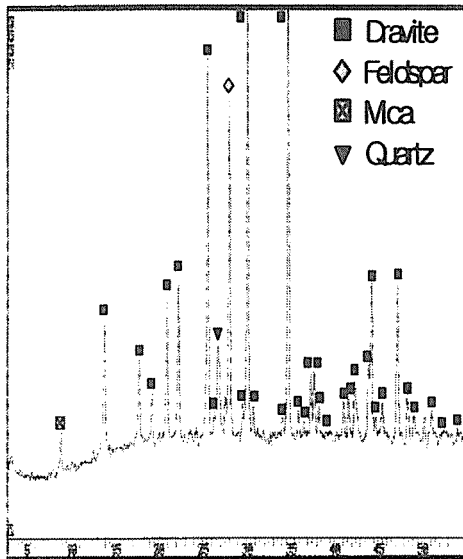
속에서 형성된다. 이외에 화학적인 변화, 변성작용, 풍화작용에 의해 형성되는 보석도 있다. 간혹 식물이나 동물 그리고 하늘에서 떨어진 운석에서 얻어지는 보석도 있다. 그러나 이렇게 형성되는 보석은 그 양이 별로 많지 않다. 마그마로부터 정출되는 보석은 금강석(다이아몬드), 홍옥(루비), 청옥(사파이어), 페리도트, 지르콘, 토파즈, 베릴, 투어말린, 수정 등이며 열수 용액으로부터 정출되는 보석은 자수정, 에메랄드, 황철석, 형석 등이고, 연옥 등의 천연 옥 종류는 화학적인 변화 및 변성작용(다단계 다변성 광화작용)에 의하여 형성된다. 용융 상태에서 서서히 냉각 되면서 이루어지는 자연의 신비로운 조화는 결정이라는 정말로 아름다운 탄생을 이루니 그것이 이름 하여 보석이다. 탄생과정은 다른 광물과 다를 바가 거의 없지만 보석이 뿜어내는 아름다움과 희귀함은, 그들이 가지고 있는 형성과정 중에 내부에 축적된 다량의 에너지와 함께 인간의 마음을 사로잡기에 충분한 것이다. 즉, 그 우수한 미려함과 강도는 보석으로서의 가치를 높여줌과 함께, 에너지 보존의 법칙에 의거하여 높은 에너지파를 방사할 수 있게 되는 것이고 이러한 방사에너지가 바로 높은 원적외선 방사특성으로 이어진다고 해석해도 큰 무리는 없을 것이다.

1-2. 기타 원적외선 방사 원료(전기석, 맥반석)

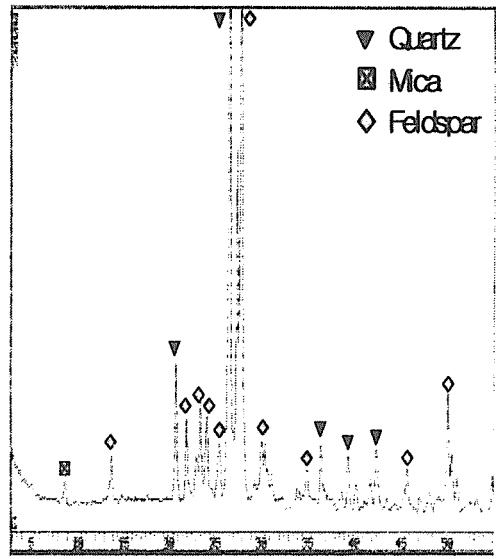
본 건축마감재에 사용된 기타 원적외선 방사원료인 전기석과 맥반석에 대한 화학성분 분석결과를 다음 Table-3에 나타내고, XRD 분석결과를 Fig.-5에 나타내었다.

Table-3 기타 원적외선 방사 원료의 화학성분 분석결과(wt%)

구분	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	lg. loss
맥반석	1.87	42.3	0.3	0.01	0.26	41.4	0.35	0.08	13.45
전기석	3.85	4.51	3.55	0.11	36.3	23.7	0.07	0.01	15.20



(A)



(B)

Fig.-5 기타 원적외선 방사 원료의 XRD 분석결과(A : 전기석/ B : 맥반석)

상기한 분석 data들을 검토해보면, 본 건축마감재에 사용되고 있는 맥반석은 주구성광물이 석영, 장석, 운모류들로 이루어져 있는 전형적인 석영-장석반암(Quartz-Feldspar Porphyre)의 특성치를 보여주고 있으며, 전기석은 소량의 석영, 장석, 운모를 불순광물로 함유하고 있는 Dravite결정계의 일반적인 Torumaline임을 알 수 있었다.

한편, 37°C에서 측정된 원적외선 방사율(5~20 μm) 및 방사에너지 값은 각각 0.924, 0.926 및 $3.56 \times 10^2 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m})$, $3.57 \times 10^2 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m})$ 로서 비교적 높은 방사체 특성을 보여주고 있었다. 이러한 측정결과 data를 다음 Fig.- 6, 7에 나타내었다.

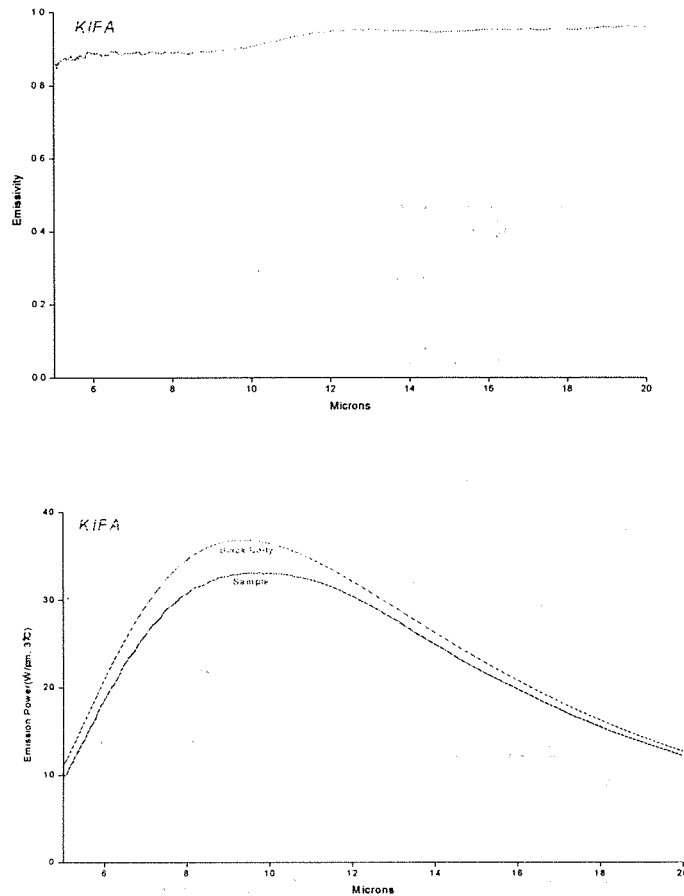


Fig.-6 맥반석 원료의 원적외선 방사특성

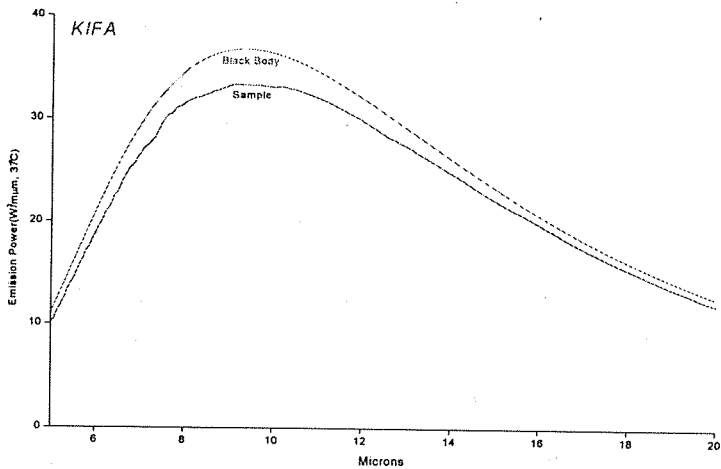
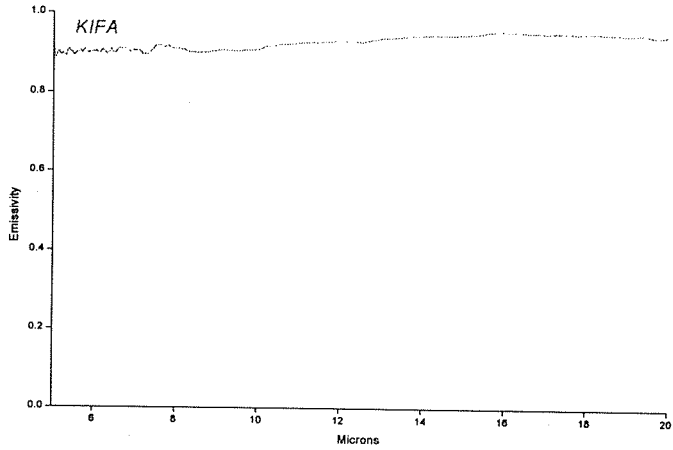


Fig.-7 전기석 원료의 원적외선 방사특성

이상과 같이 맥반석과 전기석도 비교적 높은 원적외선 방사특성을 보여주고 있음을 알 수 있는데, 역시 보석의 일종인 전기석이 이렇게 높은 원적외선 방사특성을 보이게 되는 것 또한 앞서 밝힌 천연 옥과 같은 맥락에서 이해할 수 있을 것이며, 맥반석은 이미 그 특성분석은 주지의 사실인 바, 설명은 줄이도록 한다.

2. 항균 특성 원료광물의 기능성 평가

본 건축마감재에 사용된 무기계 항균제는 Sodium Strontium Alumino Silicate Hydrate계의 인공 합성 소재로서, 그에 대한 XRD 분석결과를 Fig.-8에 나타내었다.

한편, 본 항균제의 대장균 및 녹농균에 의한 항균시험 결과를 다음 Table-4에 나타내었다.

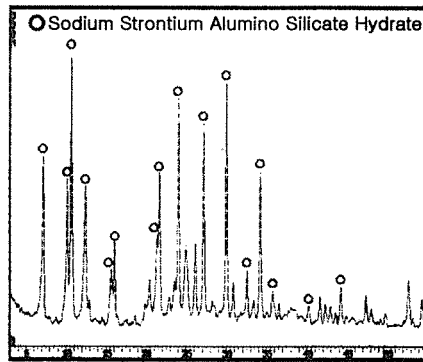


Fig.-8 무기 항균제의 XRD분석결과

Table-4 무기 항균제의 항균시험 결과

시험항목	시료구분	초기농도	24시간후 농도	정균감소율(%)
대장균에 의한 항균시험	Blank	2.2×10^6	5.4×10^6	-
	무기 항균제		$< 1.0 \times 10^4$	99.9
녹농균에 의한 항균시험	Blank	3.2×10^7	7.5×10^7	-
	무기 항균제		$< 1.0 \times 10^5$	99.9

상기한 분석 data들을 검토해보면, 본 건축마감재에 사용되고 있는 무기 항균제는 대장균 및 녹농균 모두에 있어서 정균 감소율이 99.9%로 매우 높은 항균 특성을 보여주고 있음을 알 수 있었다. 한편, 참고적으로 추가 기능성 부여용으로 첨가하는 음이온 방사 세라믹원료 및 광촉매 소재에 대한 항균시험 결과 또한, 2가지 원료 공히 약 99%이상의 대장균, 녹농균에 대한 정균감소율을 보여주고 있음을 알 수 있었던바, 이 3가지 원료가 모두 사용된 시공의 경우 그 효과가 극대화되리라 본다.

3. 음이온 방사 특성 원료광물의 기능성 평가

본 건축마감재에 사용된 음이온 방사특성 원료는 희토류원광의 일종인 모나자이트를 주 구성광물로 하고 있는 원료를 혼합하고 있는데, 그 XRD분석결과를 다음 Fig.-9에 나타내었다.

한편, 전하입자 측정 장치를 이용하여 실내온도 23℃, 습도 48%, 대기중, 음이온수 102/cc 조건에서 시험하였으며 측정대상물에서 방출되는 음이온을 측정하여 단위체적당 ION수로 표시한 결과를 보면 약 25,300 Ion/cc로 대단히 높은 수치를 보이고 있음을 알 수 있었다. 또 참고적으로 동일 조건하에서 비교 측정해본 다른 첨가제들의 경우는 역시 수백 Ion/cc로 낮게 나타나고 있었던바, 본 음이온 방사 특성을 구현하고자 할 때는 희토류 원광을 소량 첨가해줌이 타당하리라 사료된다.

희토류 원광들은 방사성 광물로 분류되며, 정치상태에서도 음이온 발생이 검출되고 있는 것은 오래전부터 알려진 사실이다. 그 발생량은 방사성 광물의 절대 존재량에 비례하여 증가한다. 그러나, 이러한 방사성 광물을 혼합하는 것이 안정상의 문제로 많은 우려를 낳고 있는 것도 사실이다. 이는 “생물은 저레벨의 방사선이면 그것을 자극하여 받아들이고 역으로 유익한 효과를 얻게되는 경우가 있다”는 미국의 T. D. 락키 교수의 주장을 필두로, 일본 오까야마 대학 의학부의 저레벨 방사선의 임상학적인 실험결과 및 전력중앙연구소 팀의 방사성 호모시스 효과에 대한 검증 프로젝트 수행 결과들이 계속 이어지고 있다.

결국, 세계 각국이 법령으로 정하고 있는 자연방사선 피폭 제한선인 1,000 마이크로시볼트/년 이하의 경우는 물론이고, 그 이상의 방사조건하에서도 어느 정도까지는 이러한 방사성 호모시스 효과가 있는 활용범위가 계속 넓혀나갈 것이다.

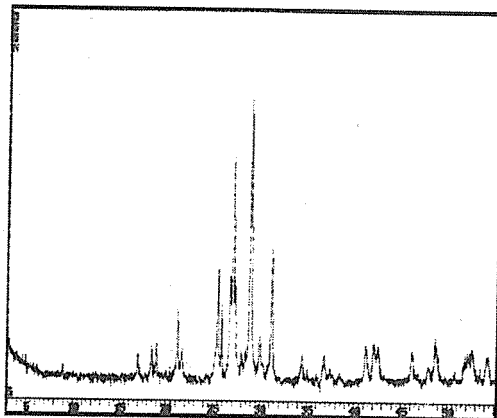


Fig.-9 음이온 방사 원료(모나자이트)의 XRD분석결과

4. 단열 특성 원료의 기능성 평가

본 건축마감재에 사용된 단열 특성 원료는 최근에 가장 각광받고 있는 미립 중공형 glass balloon으로서, 그 입자형태를 관찰한 편광현미경 사진과 XRD 분석결과를 다음 Fig.-10에 나타내었다.

기존의 스티로폼, 폴리우레탄 등의 유기질 단열재와 암면, 유리섬유 등의 무기질 단열재 그리고, 기포몰탈, E.P.S. 몰탈 등의 무기질 단열 몰탈 및 패널제품들과 비교하여 그 시공성의 편이성 등을 감안하여 본 마감재에 직접 배합 처리하는 것으로서, 본 단열소재 원료내의 폐쇄된 cell내의 진공 공간 층이 효율 높은 단열재 역할을 할 수 있을 것이라 기대된다.

한편, 이러한 미립 중공형 glass balloon에는 천연원료광물을 소재로 하여 발포시킨 perlite balloon과 일본을 중심으로 생산되고 있는 shirasu balloon 등이 있고, 파유리를 출발물질로 제조한 sodium borosilicate계 glass balloon 등이 있는데, 본 용도는 높은 내열성 등을 요구하지는 않기 때문에 내부에 완벽한 폐쇄공간을 갖고 있는 중공 구상체인 경우 그 효과는 동일하다고 볼 수 있다.

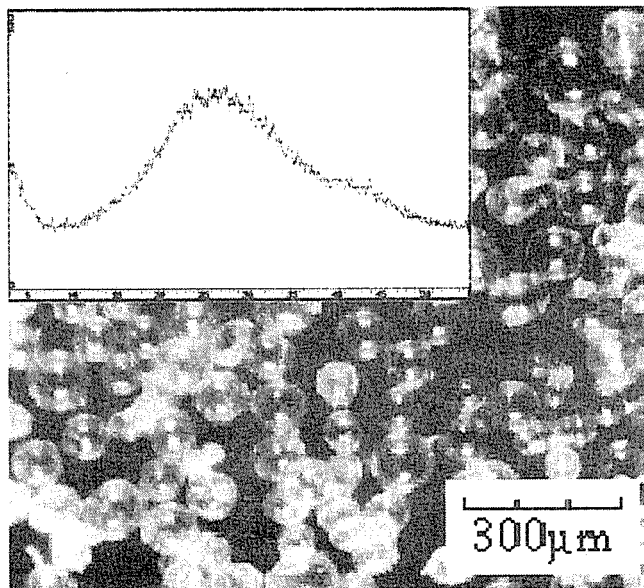


Fig.-10 단열 특성 원료의 XRD 및 편광현미경 분석결과

5. 전자파 차폐(흡수)특성 원료의 기능성 평가

본 건축마감재에 사용된 전자파 차폐(흡수)특성 원료는 그 성능이 이미 널리 알려진 티탄철석으로서, 그 XRD 분석결과를 다음 Fig.-11에 나타내었다.

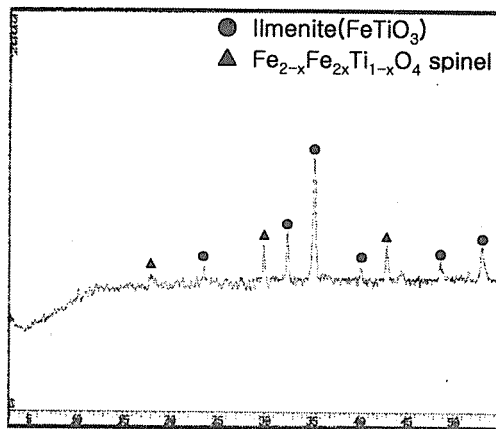


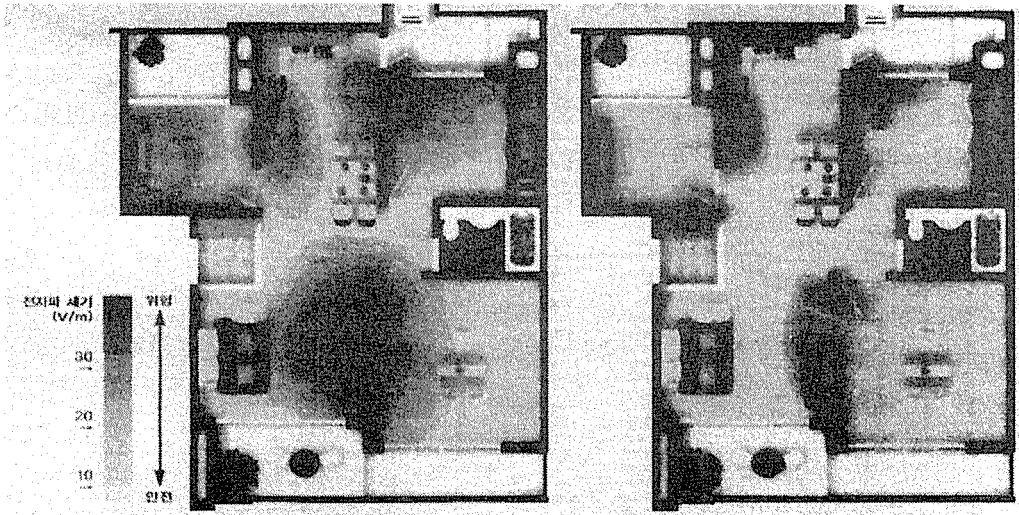
Fig.-11 전자파 차폐(흡수)특성 원료의 XRD 분석결과

한편, 이 원료를 주구성 광물로 하여 제조한 전자파 차폐(흡수)만의 기능성 구현을 목적으로 제조한 세라믹 도료의 적용실험 결과로서, 시공 전·후의 주거환경 내 전자파 분포도를 다음 Fig.-12 에, 그리고 전자파 흡수·소멸 모식도를 Fig.-13에 나타내었다.

먼저, 전자파 분포 측정결과에 의하면, 사진 상에서 붉은 색상이 진하고 넓을수록 전자파 세기가 강한 것을 의미하는 데, 본 도료를 시공하기 전에는 TV, 컴퓨터, 냉장고 등 가전제품을 중심으로 강한 전자파가 분포하고 있으며, 시공 후에는 가전제품들이 위치하는 주변에만 약간의 전자파가 분포하고 그 이외의 지역에는 전자파가 모두 소멸되는 것을 알 수 있었다. 즉, 약 90%이상의 전자파 분포 면적을 감소시키는 것을 알 수 있었다.

이러한 실험결과는 Fig.-13의 전자파 흡수·소멸 모식도 구성을 가능하게 하는 바, 본 도료가 시공된 벽면이나 바닥 면은 전자파를 유도하여 그 표면에서 흡수·소멸시키는 것으로 사료된다.

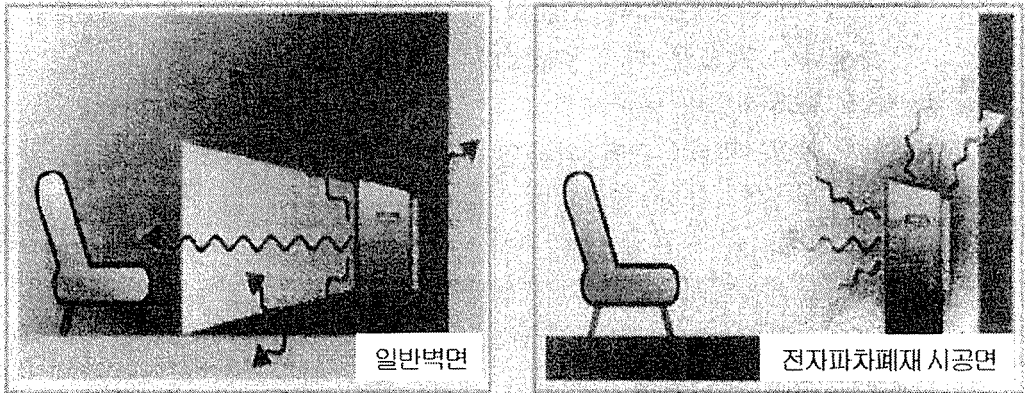
따라서, 액상세라믹 건축마감재에도 이러한 특성을 갖는 원료를 혼합해서 시공할 경우, 이와 동일한 기능성 구현이 가능하리라 판단된다.



<전자파차폐재 시공전>

<전자파차폐재 시공후>

Fig.-12 전자파 차폐(흡수) 도료 시공 전·후의 전자파 분포도((주)인트캠 자료)



<전자파차폐재 시공전>

<전자파차폐재 시공후>

Fig.-13 전자파 차폐(흡수) 도료 시공 전·후의 전자파 흡수·소멸 모식도
((주)인트캠 자료)

6. 광촉매 특성 원료의 기능성 평가

본 건축마감재에 사용된 광촉매 특성 원료는 본인 등이 직접 개발하고 합성한 Anatase형 TiO_2 -sol 으로서, 그 XRD 및 SEM 분석결과를 다음 Fig.-14에 나타내었다.

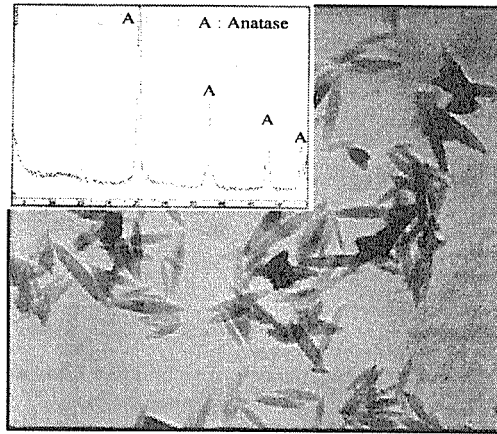


Fig.-14 광촉매 특성 원료의 XRD 및 SEM 분석결과

고체 표면반응인 광촉매는 그 반응기구에 대하여 명확하게 밝혀지지 않은 것이 많다. 그러나 일반적으로 고려되고 있는 것은, 다음 Fig.-15에 나타낸 바와 같이, 가전자대의 정공(h^+)이 물과 반응하여 수산화기($\cdot OH$)를 생성하고($H_2O + h^+ \rightarrow \cdot OH + H^+$), 전도대의 광 여기 전자의 환원반응으로 공기 중 산소의 환원이 일어나 활성산소(super oxide anion, $O^{\cdot -}$)가 생성되어($O_2 + 2e^- \rightarrow O^{\cdot -}$), 이것들이 반응 활성종으로서 흡착 유기물과 반응하여 분리 제거한다는 산화·환원 분해촉매 이론이 지배적이다.(Fig.-16)

그런데, 종래 산화티탄 위에서의 반응 활성종의 검출에는 전자스핀공명(ESR)법등이 주로 이용되는 일이 많았으나, 상온에서의 측정과 검출감도 상에 한계가 있고 실제 반응조건에서 이것들을 검출하기는 곤란하였다. 따라서, 일본의 동경대학 교본화인 교수 등은 공기 중에서 자외선광을 조사한 산화티탄 박막위에 생성되는 활성산소종의 동정 및 수명측정 등을 가능케 하는 화학발광법을 개발함으로써 관련 연구의 발전에 지대한 공헌을 하고 있다. 이는, 산화티탄의 투명 박막에 자외선광을 조사하고, 조사광 차단 후에 luminol(혈흔검출시약)용액을 적하하면, 화학발광이 검출되는데, 그 발광강도는 광차단시로부터의 시간(delay time)을 길게 하면 감소한다는 원리를 이용한 방법이다.

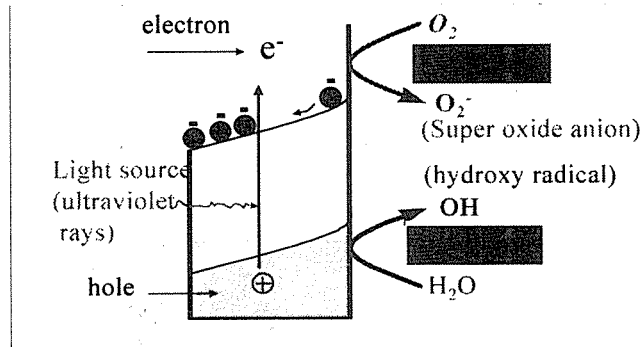


Fig.-15 광촉매 활성종의 형성원리도

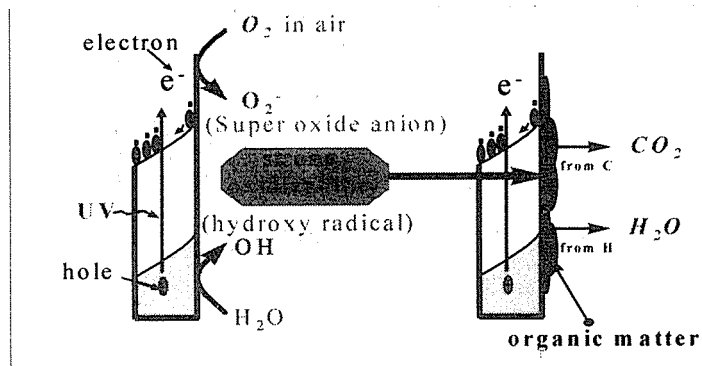


Fig.-16 산화·환원 분해 광촉매 반응의 원리도

한편, 이러한 광촉매 원료를 사용하여 실제로 NOx gas를 대상으로 실시한 분해촉매능력 실험결과는 다음 Fig.-17과 같다.

실험결과, 유량이 500 ml/min 인 경우, 초기농도값이 7 ppm일 때까지는 100% 정확도가 가능하였다. 유량이 1,000 ml/min 인 경우에는 초기농도값이 3 ppm 일 때까지 정확율 100%를 얻을 수 있었다. 또, 유량이 1,000 ml/min 이고 초기농도값이 15 ppm 의 조건하에서는 87%의 정확율을 얻을 수 있었는데, 만일 동일한 장치틀 2대 연속으로 거치게 되면, 이 또한 100%의 정확율을 얻을 수 있다고 판단된다. 물론 본 실험은 밀폐된 반응기 내부에서의 측정결과이지만, 본 소재를 앞서 밝힌 시공 시스템 구성도(Fig.-2) 대로 액상세라믹 건축마감재 시공면위에 별도 코팅처리할 경우에도 시공된 실내공간 내부의 환경정화효과는 대단히 크게 나타날 것이라고 확신하는 바이다.

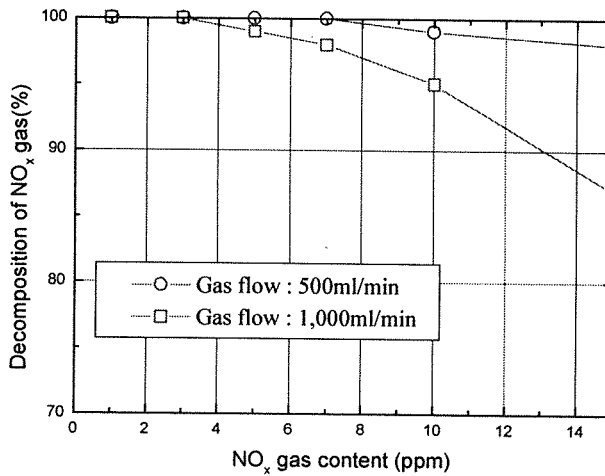


Fig.-17 NO_x gas 분해 광촉매 반응 실험결과

IV. 결 론

본 연구는 천연 옥 분말 등의 원적외선 세라믹 원료를 주성분으로 한 액상 세라믹 건축마감재에 기타 부수적인 특성 부여를 위하여 첨가하고 있는 항균 특성 원료, 단열 특성 원료, 음이온 방사 원료, 전자파 차폐(흡수) 원료 및 광촉매 원료들 각각의 기능성 평가를 수행한 결과로서, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 필요에 의하여 액상세라믹 건축마감재에 직접 혼합하여 부가 특성을 발현하고자 했던 항균 특성 원료, 단열 특성 원료, 음이온 방사 원료, 전자파 차폐(흡수) 원료들의 경우, 그 각각의 기능성은 대단히 우수하였던 바, 시공 장소의 제약이 없고 경제적인 문제점만 없다면 효율적으로 현장 적용이 가능하다고 판단되었다.

2. 광촉매 특성 발현을 위한 작업은 그 소재의 반응특성(표면반응)상 상기한 액상 세라믹 건축마감재의 시공층위에 상도코팅 처리함이 타당할 것이고, 금번에 선정된 광촉매 소재의 기능성은 대단히 높은 것으로 밝혀졌는바, 다단계 시공의 문제점만 무시될 수 있다면 매우 효과적이라 사료된다.