중국산 수입 옥의 문제점

Troubles for Imported China Jade

글 / 秦 秀 雄
(Jin, Soo Ung)
지하자원개발기술사,
(주)한자엔지니어링 기술사사무소 대표이사,
한국기술사회 홍보위원.
E-mail:Hanjaco@Hanjaco.co.kr

Imported China Jades are mostly talc and serpentine groups, and that's occured troubles for our health and life of living organism.

Serpentine is a group of common rock-forming minerals having the formula : $(Mg \cdot Fe)_3 Si_2O_5(OH)_4$.

Sometime, simulated by nephrite or jade and translucent varieties are used for ornamental and decorative purposes.

But it's forbid by heating materials for sauna and heating mats etc. that reason are it's occured asbestos dusts (chrysotile dusts) easily by the heating operations.

1. 서 언

요즈음 시중이나 매스컴의 쇼핑몰에서는 연일 옥제품과 건강을 연계한 상품이 선전되고 있는 것을 볼 수 있다.

하나같이 원적외선이 방출된다는 등, 기(氣)가 발생된다는 등, 수질을 개선한다는 등, 옥이 만병을 다스리는 물질인양 과장선전하고 있다.

그렇다면 이 옥의 실체가 과연 무엇인지 누구나 한 번쯤 차분히 짚어 봐야 할 과제란 생각이 든다.

한글사전에 옥은 각섬석의 일종으로 반투명하고 담녹색 내지 담회색을 띠는 보석이라 정의하고 있다.

이는 분명히 각섬석류의 경옥(硬玉)과 연옥(軟玉)을 뜻한 것으로 풀이된다.

그러나 요즘은 화학성분이나 물리적 성질과는 관계없이 어떤 광물이나 암석을 연마하여 광택만 그럴듯하게 날 수 있으면 굳거나 무르거나 모두 옥으로 간주하고 있다.

옥(玉)은 옥이 갖추어야 할 몇 가지 조건이 있는데 그 첫째가 색이나 빛이 아름다울 것, 둘째 굳고 강도가 높아 열이나 산화에 강하여 쉽게 변질되지 않을 것, 셋째 가공이 가능한 크기일 것, 넷째 희소가치가 있을 것, 다섯째 오랫동안 많은 사람들이 선호해 오고 있는 것이어야 한다.

이밖에 오랫동안 몸에 지녀도 아무런 피해가 없어야 하고, 더불어 고상한 분위기를 조성시켜 볼 품도 있어야 한다.

그러나 요즘은 중국의 본초학이나 우리나라 동의보감에서 옥이 우리 몸에 좋다 하여 겉보기에 옥과 비슷한 사문석, 활석 등을 외국에서 대량 수입하거나 국내에서 개발해 연옥으로 둔갑시켜 유통하고 있는데 우려할 수준을 넘고 있다.

따라서 필자는 중국수입 옥의 실체와 건강상 문제점을 구체적으로 짚어봄으로써 유사연옥이 만병을 다스리는 건강물질로 소비자들이 현혹되거나 오인하는 일이 없도록 하기 위해 중국산 수입 옥의 실체를 파헤쳐 보았다.

2. 중국의 활석 및 사문석 자원현황

중국에서 수입하고 있는 유사연옥인 활석광물은 고품위 활석인 괴활석(塊滑石, 활석함량 70% 이상)과 저품위 활석인 활석암(滑石岩, 활석함량 30%~70%)으로 구별하고 있다.

중국 활석은 질·양 모두 세계 제일이며 단순 활석 광상만도 대략 80%나 되고 기타 광물과 공생하는 경우는 16%에 불과하다.

품위별로는 고품위 활석이 약 35%, 중품위 활석이 약 48%, 저품위 활석이 17% 정도를 차지한다.

중국의 활석 주산지는 요령성(遼寧省) '하이청'(海城, 핑크색 활석), '벤씨'(本溪縣連山關), 산동성(山東省)의 '키직', 광서성(廣西省)의 '롱쉥' 등지다.

중국의 활석광상을 광상학적으로 분류하면 ① 탄산염암형, ②초염기성암형, ③퇴적암형 등 3종인데 ①탄산염암형(Carbonate rock type)은 주로 백운석이 열수교대하여 생성된 것으로 모암도 백운석질 대리석이나 결정질 백운석이며 전 활석광상 중 약 55%나 차지한다.

다음은 ②초염기성암형(Ultrabasic rock type)으로 주로 감람석이나 사문석이 열수변질되어 생성된 사문석 내지 감람석질 활석으로 철분, 알루미늄, 석회 등 불순물이 많아 외관상 연옥과 비슷하며 전체 활석광상 중 약 17% 정도다.

셋째로 ③퇴적암형(Sedimentary rock type) 활석광상은 주로 백운석질석회암, 고토질점토층 등과 함께 층상을 이루어 산출되며 이중 고토질 점토층이 열수교대하여 활석이 되는데 규화된 칼슘을 다량 함유하여 저품위로 산출되고 산상은 흑색에 가까우며 전체 활석광상 중 약 28%나 차지한다.

우리나라에 연옥이라 하여 수입되는 광물은 대부분 초염기성암형(②)으로 사문석에 속하거나 사문대리석이며 일부는 활석 내지 동석(凍石)일 뿐 연옥은 찾아볼 수 없다.

이밖에 탄산염암형인 활석과 녹니석 등도 연옥으로 수입되고 있는데 중국산 연옥에 대한 광물감정결과는 모두 활석과 사문석(판온석)으로 감정된다.

〈표 1〉 중국산 유사연옥의 화학성분 분석결과표

시료별	성분별 (%)						비고
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	기 타	
A	50.84	0.42	0.78	0.84	37.74	9.38	
B	50.80	0.59	1.01	3.94	32.68	10.98	
C	49.06	0.56	0.84	1.58	37.24	10.72	
D	50.80	0.16	0.43	8.33	33.90	6.38	
평균	50.38	0.43	0.77	3.67	35.39	9.37	약90%는 결정수

〈표 2〉 중국산 유사연옥의 X-Ray 감정결과

시료별	구 성 광 물	비 고
A	활석, 판온석(사문석), 각섬석	요령석(A)
B	활석, 판온석(사문석)	일월산업
C	활석, 투각섬석, 판온석(사문석)	원양산업
D	각섬석, 녹니석	요령석(B)

3. 수입연옥류의 종류와 광물학적 특성

〈표 2〉에서 보여주듯이 X-선 회절분석과 현미경감정결과 중국산 유사연옥의 조성광물은 주로 각섬석, 활석, 사문석, 녹니석, 투각섬석으로 감정되고 국내산 연옥류는 사문석, 백운석, 활석, 녹니석, 각섬석 등의 혼합광물로 감정되고 있으며 이들의 물리, 화학적 특성은 다음과 같다.

3.1 사문석 (Serpentine)

사문석[蛇紋石, Serpentine, $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 또는 $Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$]은 염기성암의 일종으로 주로 진한 녹색을 띠는 마그네슘(Mg)의 함수규산염광물로 MgO성분은 대체로 37~40% 정도다.

산상은 활석과 비슷하며 경도는 3~4, 비중은 2.55~2.58이고 지방감이 있으며 열수변질 되면 온석면(溫石綿, Chrysotile) 또는 활석(滑石, Talc)이 된다.

사문석은 감람석(橄欖石, Peridotite, $Mg_2SiO_4 \cdot Fe_2SiO_4$)이나 휘석(輝石, Pyroxene, $A \cdot B \cdot Si_2O_6$, A=Ca, Na, Mg, Fe^{+2}, B=Mg, Al, Fe^{+3})이 열수변질되어 생성되며, MgO 성분이 40% 이상 되면 초염기성암석으로 분류된다.

광물학적으로는 $MgO-SiO_2$ 계의 二성분계이나 결정수가 더해지면 $MgO-SiO_2-H_2O$의 三성분계가 된다.

N. L. Browen과 O. F. Tuttle이 1949년에 고안한 열수고압반응장치를 이용하여 $MgO-SiO_2-H_2O$의 삼상평형시험을 해본 결과 (1000℃에서는 15,000psi, 900~600℃에서는 30,000psi, 600~300℃에서는 40,000psi) 고압수증기 중에서 MgO와 SiO_2는 쉽게 결합되어 미세한 결정을 이룬다.

따라서 인공적인 합성사문석의 생성온도는 500℃ 이상이면 합성이 가능하다.

그러나 사문석이 열에 의해 분해되면 고토감람석(苦土橄欖石, Forsterite, $2MgO \cdot SiO_2$), 활석(滑石, Talc, $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$), 수증기(물, H_2O) 등으로 분리된다.

사문석이 만들어질 때 철이온(Fe^{+2}, 또는 Fe^{+3})은 정출온도를 낮춰 주기 때문에 이러한 성질을 이용하여 온석면을 산업적으로 양산해 낼 수 있다. $MgO : SiO_2 = 3 : 2$ 비율로 배합한 시료를 고압증기 가마에서 용융시키면 200℃정도의 저온에서도 합성이 가능하다.

사문석은 불순물 함량에 따라 온석면[溫石綿, Crysotile, $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$]과 판온석[板溫石, Antigolite, $(Mg \cdot Fe^{+2})_3Si_2O_5(OH)_4$]으로 구분한다.

〈표 3〉 사문석의 광종별 성상

구분	온석면(Chrysotile)	판온석(Antigorite)
화학적조성	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	$(Mg \cdot Fe^{+2})_3Si_2O_5(OH)_4$
불 순 물	$Al_2O_3+Fe_2O_3$ 약 3% 함유 Ni 미량 함유	$Al_2O_3+Fe_2O_3$ 약6%함유 Ni 함량 높음
결 정 형 태	관상, 섬유상	박편상, 단책상
굴절율(평균)	1.53~1.56	1.56~1.58
염산추출효과	IN 염산처리로 구조파괴	농염산처리로 구조파괴
전자선조사효과	※급속분해	※영향 없음
비 고	저온성	고온성

※ 사문석의 열화학적 변화

사문석의 열화학적 변화는 감람석(Peridotite) 특히 고토감람석(Forsterite, Mg_2SiO_4)일 때는 내열성이 강하여 안정된 구조를 유지한다.

다시 말해 철규휘석(Ferrosilite, $Fe^{+2}Si_2O_2$ 또는 Fe_2SiO_4)과 고용체를 이루는 감람석이 고온소성시 산화시키면 녹색 또는 적갈색으로 변한다.

즉 사문석이 농청색을 띠는 원인은 FeO나 Fe_2O_3 등 불순성분 때문이며 500~700℃에서는 탈수현상이 나타나고 그 구조도 파괴되어 고토감람석과 석영으로 분리된다.

특히 800℃ 이상이 되면 단사완화휘석(單斜頑火輝石, Clinoenstatite, $MgSiO_3$)로 변한다.

$$2H_4Mg_3Si_2O_9+O_2 \xrightarrow[\text{가열}]{} 3Mg_2SiO_4 + SiO_2 + 4H_2O\uparrow \text{(Forsterite)}$$

$$3Mg_2SiO_4 + SiO_2 \rightarrow 2Mg_2SiO_4 + 2MgSiO_3\text{(Clinoenstatite)}$$

즉, 먼저 열분해에 의해 유리된 비정질 규산은 다시 반응하여 고토감람석의 분자와 재결합 메타규산염이 된다.

즉 구조수(결정수)는 약 500℃에서 방출되기 시작하며 800℃에서는 탈수가 끝난다.

이때부터 침상 또는 섬유상 구조의 온석면 구조로 변해 침상 또는 관상결정으로 정출되며 벽개가 발달해 산의 침투로 충격에 약해진다.

석면은 사문석계와 각섬석계가 있는데 육안상 양자 모두 섬유상구조로 비슷하지만 결정학적으로는 서로 다르다.

따라서 사문석계 온석면을 합성하는 경우도 열수반응법과 가용성규산 또는 마그네슘염류의 고압용액을 침전시켜 합성하는 열수침전법이 있는데 2,000~40,000psi의 고압증기 중에서는 500℃ 미만에서도 합성가능하며 이때 구조수 함량은 13% 내외다.

그러나 각섬석계통의 석면을 합성하는 경우 각섬석족 광물은 SiO_4 사면체가 복쇄상(複鎖狀)으로 배열되어 있어 Si_4O_{11} 형태의 결정구조를 근간으로 하고 있기 때문에 결정 내 산소원자를 둘러싼 Mg^{2+}, Fe^{2+}, Ca^{2+}, Na^{+} 등 양이온들이 끼어들면서 침상 조직으로 정출한다.

이와 같이 불순성분이 다량 함유될 때는 직섬석[直閃石, Anthophyllite, $(Mg \cdot Fe^{+2})_7Si_8O_{22}(OH)_2$] 또는 투각섬석[透角閃石, Tremolite, $Ca_2(Mg \cdot Fe^{+2})_5Si_8O_{22}(OH)_2$]이 된다.

각섬석 구조 중 OH^- 이온은 결정시 중요한 역할을 하며 각섬석을 가열하면 OH기를 잃고 결정수나 수산화이온이 전혀 없는 휘석으로 변한다.

이러한 성질을 이용하여 휘석에다 소량의 NaF를 첨가하여 다시 가열하면 불소각섬석을 얻을 수 있다.

또한 OH^-기를 불소(F^-)로 치환함으로서 운모나 각섬석면도 합성해 낼 수 있다.

따라서 사문석은 온석면과 모든 성질이 비슷하여 가열하면 결정수가 파괴되면서 불안정한 상태가 되어 공기 중에서 산화하거나 분해되며 결정수와 함께 빠져 나온 침상 또는 섬유상의 미세한 온석면 결정은 공기 중에 떠다니다가 우리 폐 속으로 흡입되면 석면폐나 폐암에 걸리게 된다.

3.2 활석(滑石, Talc)

활석의 화학식은 일반적으로 $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$로 표시되는 치밀한 결정을 이루는 광물이며 무르고 매끄러운 성질이 있다 하여 활석(滑石)이라 이름지어졌다.

활석은 고토성분이 풍부한 휘석, 각섬석, 감람석, 사문석이 열수변질되어 만들어진 사문석질 활석과 백운석이 열수변질되어 생성된 백운석질 활석으로 구분된다.

대체로 사문석질 활석은 철분 등 불순물 때문에 연녹색 내지 회색을 띠나 백운석질 활석은 불순물이 적어 백색 내지 연녹색을 띠며 외관상 연옥과 비슷하다.

활석 중 치밀한 괴상활석은 일명 석필석(石筆石) 또는 비누석(Soapstone)이라 한다.

활석의 물리적 성질은 납석(Pyrophyllite)과 같이 매끄러운 촉감이 있고, 경도는 1~2, 비중은 2.6~2.8이며, 석필석 상태의 활석은 동석(凍石, Steatite)이라 하여 경도가 2~3으로 비교적 굳다.

이론적으로 활석의 화학성분은 SiO_2 63.5%, MgO 31.7%, H_2O 4.8% 이다.

활석을 가열 분해시키면 단사완화휘석(Clinoenstatite)과 메타규산염으로 분리된다.

활석 : $H_2Mg_3(SiO_3)_4$

$$\xrightarrow{\text{가열}} 3MgSiO_3 + SiO_2 + H_2O\uparrow$$
(단사완화휘석)

활석은 가열하면 변화를 일으키는데 그 구조는 800℃까지 별 변화가 없다가 800℃ 이상 되면 변하기 시작하여 1000℃ 이상 되면 단사완화휘석(單斜頑火輝石, Clinoenstatite)이 된다.

동시에 유리된 메타규산염은 고온성 규산인 크리스트바라이트(Cristbalite, α-SiO_2)가 된다. 따라서 단사완화휘석은 온석면과 산상이 비슷하여 분해되면 석면으로 변하기 때문에 폐에 흡입되면 석면폐에 걸리게 된다.

3.3 녹니석(綠泥石, Chloride)

녹니석도 철의 규산염을 주성분으로 하는 고토(MgO)광물의 일종으로 산상에 따라 사녹니석(斜綠泥石, Clinochlore, $H_8Mg_5Al_2Si_3O_{18}$), 고토녹니석[苦土綠泥石, Pennine, $H_8(Mg \cdot Fe)_5 Al_2 Si_3O_{18}$], 선석(扇石, Prochlorite, 사녹니석의 변종) 등으로 구분한다.

이중 사녹니석은 벽계면이 발달하며 경도는 2~2.5, 비중 2.65~2.78이고 화학적 조성은 SiO_2 32.5%, Al_2O_3 18.4%, MgO 36.1%, H_2O 13.0% 이다.

녹니석은 마그네시움(Mg)을 주성분으로 하는 일종의 점토광물로 Mg^{2+}와 Fe^{2+}가 일부 치환하여 녹색을 띤다.

녹니석의 구조는 그 조성이 복잡하여 수활석[水滑石, Brucite, $Mg(OH)_2$]층과 활석층이 호층을 이루는 삼층격자 형태를 보인다.

수활석층은 Mg^{2+}가 Al^{3+}과 치환함으로서 생기는 과잉전자를 조절하기 위해 같은 수의 Al^{3+}가 활석층의 Si^{4+}과 치환한다.

이와 같이 치환 정도에 따라 녹니석의 조성이 달라지는데 Penninite, Leuchtenbergite, Prochlonite, Amesite 등 4종으로 구분된다.

〈표 4〉 녹니석의 구분

광 종 산	화 물 식	구 조 식
Penninite (고토녹니석)	$11MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 7SiO_2 \cdot 8H_2O$	$(OH)_{16}Mg_{11}Al(AlSi_7O_{20})$
Leuchtenbergite (백니석)	$10MgO \cdot 2Al_2O_36SiO_2 \cdot 8H_2O$	$(OH)_{16}Mg_{10}Al_2(Al_2Si_6O_{20})$
Prochlorite (선 석)	$9MgO \cdot 3Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot 8H_2O$	$(OH)_{16}Mg_9Al_3(Al_3Si_5O_{20})$
Amesite (아메스석)	$8MgO \cdot 4Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 8H_2O$	$(OH)_{16}Mg_8Al_4(Al_4Si_4O_{20})$

녹니석 또한 600℃에서 탈수현상이 나타나며 860℃에서는 결정구조가 완전 파괴되어 고토감람석(Forsterite, Mg_2SiO_4)과 완화휘석(Enstatite, $MgSiO_3$)으로 변한다.

따라서 녹니석 또한 열분해 하면 온석면과 같이 변함으로 공업적으로는 용도가 많지만 찜질방 같은데서 흡입되면 석면폐에 걸릴 수밖에 없다.

3.4 각섬석(Amphibole)

각섬석은 Ca, Al, Fe, Na, K 등을 함유하는 변성규산염(Metasillicate, H_2SiO_3)으로 일반적인 화학식은 $M_4''(SiO_3)_4$로 표시되며 사방, 단사, 삼사 등 삼정계로 결정 산출된다.

위 화학식에서 M″는 Ca, Al, Mg, Fe, Na, K 등을 뜻하며 각섬석과 유사한 휘석을 비교해 보면 다음과 같다.

각섬석류 중 대표적인 것이 사문암의 일종인 직섬석[Anthophyllite, $(Mg, Fe^{+2})_7 Si_8O_{22}(OH)_2$]과 투각섬석[Tremolite, $Ca_2(Mg, Fe^{+2})_5 Si_8O_{22}(OH)_2$], 양기석[Actinolite, $Ca_2(Mg, Fe^{+2})_5 Si_8O_{22}(OH)_2$] 등인데 이들은 성인

〈표 5〉 휘석과 각섬석의 성상비교

물리적 성질	휘 석(Pyroxene)	각섬석(Amphibole)
결 정	단주상, 사각 또는 팔각주상	장주상, 육각주상
주면이 이루는 각	87°또는 93°	56°또는 124°
벽 개	주면과 비스듬히 발달, 약 90°	주면과 일치, 약 120°
집 합 체	엽편상, 입상	주상, 섬유상
비 중	+3.0	-3.0
산출상태	염기성암 중 산출	중성 내지 염기성암중 산출

상 동질성임으로 사문석의 물리화학적 특성과 비슷하다.

4. 사문석류가 우리 몸에 미치는 영향

이상과 같이 사문석류가 가열되거나 마찰을 일으켜 분해될 경우 발생되는 미세한 석면분진은 진폐증 등 직접적인 질병유발가능성 뿐만 아니라 폐암에 걸릴 확률이 높다.

4.1 진폐증(Pneumoconiosis)

진폐라 함은 분진을 사람이 호흡함으로 분진이 폐(肺)에 침착하여 일어나는 병을 말한다.

진폐증의 종류는 발생원인에 따라 탄폐증(炭肺症), 광폐증(鑛肺症, 규폐증(硅肺症), 석폐증(石肺症), 석면폐증(石綿肺症), 철폐증(鐵肺症), 알루미늄폐증 등이 있으나 이중 가장 난치병에 속하는 것은 석면폐이다.

일단 석면폐에 감염되면

① 알레르기성 질환 유발
② 기도나 폐에 통증 유발
③ 기도나 폐에 암세포증식
④ 폐에 섬유증식증 등이 나타난다.

일본의 규폐나 석면폐에 관한 특별보호법에서 "규폐 등은 유리규산진 또는 유리규산을 함유한 분진을 흡입하여 폐에 생긴 섬유증식변화에 따른 질병과 폐결핵과 합병된 질병"이라 정의하고 있다.

이때 분진의 크기는 3~0.1 미크론으로 실제 가장 위험한 분진의 크기는 1~0.5미크론이다.

이와 같은 분진의 유해성에 대하여는 형태학설, 용해설, 불포화 원자가설, 하전설, 흡착설 등이 있다.

일반적으로 분진폐는 폐결핵을 일으키는 매체가 될 뿐 아니라 폐를 경화시키고 염증을 일으켜 부어 오르게 하며 폐구와 기관지의 임파절에 친입하여 임파선염을 일으킨다.

자각증상으로는 숨이 차고 심계항진, 가슴앓이, 기침, 객담, 객혈, 식은 땀, 권태, 목마름, 피로감, 위장장애, 힘 빠짐, 두통 등의 증상이 나타난다.

진폐증의 증상은 1~4기로 구분되며 X-선 사진 모양만으로도 1형, 2형, 3형, 4형으로 구분된다.

〈표 6〉 진폐증의 구분

구 분	증 상
제1기	X-선 사진에서 제1형태가 영상으로 나타나는 경우.
제2기	X-선 사진에서 제2형, 제3형태가 영상으로 나타나는 경우. 자각증상으로 심폐기능장애 증상이 나타남.
제3기	X-선 사진에서 제2, 3형태가 영상으로 나타나며 심폐기능 장애를 느낌. X-선 사진에서 제4형태가 영상으로 나타나고 심폐기능 장애를 자주 느낌.
제4기	X-선 사진에서 2, 3, 4형태의 영상이 나타나고 심한 심폐기능 장애를 느낌. X-선 사진에서 4형태의 영상이 나타나고 폐결핵 증세가 나타남.

〈표 7〉 진폐 X-선 사진 영상 구분

구 분	증 형
1형	양폐에 밤알크기의 결절모양이 희미하게 나타남.
2형	양폐에 밤알크기의 결절모양이 뚜렷이 나타남.
3형	양폐에 밤알크기의 결절모양이 다수 뚜렷이 나타남.
4형	양폐에 밤알크기의 결절집합체가 모여서 음영상을 보임.

4.2 분진발생과 허용한도

분진발생은 지각을 구성하는 모든 물질이 먼지 같이 작게 깨어져 생긴다.

분진을 만들어 내는 원인으로는 자연발생적인 1차적 분쇄에너지인 지각변동과 풍화(노천화작용)를 들 수 있으며 2차적 분쇄에너지는 물리적인 압축, 꺾임, 전단, 충격, 마찰 등을 들 수 있고 3차적 에너지는 가열, 연소, 용융, 전자이동 등을 들 수 있다.

실제적으로는 위의 1, 2, 3차적 에너지원이 모두 복합되어 분진이 발생한다.

분진발생은 물질의 취성, 절리, 함유수분 등 물리화학적 성질에 따라 다르다.

사문암의 경우는 구조수가 2차 에너지와 3차 에너지원에 의한 마찰, 충격, 가열, 전자이동 등에 의해 증발할 때 눈에 보이지 않은 미세한 광물성분진과 함께 섞여 나온다.

더욱이 전기적 에너지를 받으면 전자이동과 더불어 미세분진발생이 촉진된다.

4.3 분진의 허용한도

분진이 인체에 미치는 유해성 여부는 병리학적 견해에 따라 그 허용한도가 결정된다.

따라서 분진의 허용한도는 ①분진입자의 크기, ②농도, ③부유시간, ④구성물질의 질에 따라 정해진다.

이상 4요소의 상승효과에 따라 기관지나 폐와 장내 질병을 일으킨다.

임상실험결과 분진의 크기가 0.1~5미크론이면 유해하고 1미크론을 기준으로 0.2~2미크론일 때 가장 위험하다고 국제병리학회에 보고된 바 있다.

그 중에서도 질적으로 석면과 유리규산 성분이 가장 나쁘다.

일본에 있어는 유리규산 기준으로 유리규산 함량이 10% 이상일 때 400개/cc(800mg/m^3), 10% 이하일 때 1,000개/cc(20mg/m^3)으로 분진허용농도를 정하고 있다.

미국, 영국, 독일의 경우는 다음표와 같다.

〈표 8〉 미국의 분진허용한도

분진의 종류	농 도
유리규산함유율 〉50%	5×10^6 (180 개/cm^3)
〃 5~50%	20×10^6 (720 개/cm^3)
〃 〈5%	50×10^6 (1,800 개/cm^3)
석 면	5×10^6 (180 개/cm^3)
카보란담 · 금강사	50×10^6 (1,800 개/cm^3)
운 모 (유리규산량 〈5%)	50×10^6 (1,800 개/cm^3)
혈 암 (유리규산량 〈5%)	50×10^6 (1,800 개/cm^3)
석검석 (유리규산량 〈5%)	20×10^6 (720 개/cm^3)
활 석	20×10^6 (720 개/cm^3)
포트랜드시멘트	50×10^6 (1,800 개/cm^3)

〈표 9〉 영국의 분진허용한도

분진의 종류	농 도
무연탄탄광에 있어서 부유분진	1~5μ 분진최대 650개/cc
기타 탄광에 있어서 부유분진	〃 850개/cc
기타 광산의 채굴장에 있어서 부유분진	0.5~5μ 분진최대 405개/cc

〈표 10〉 독일의 분진허용한도

분진의 종류	위 험 도
석 영	1.0
장석 및 운모 (a)부유분진중석영함량 25% 이상	0.7
(b) 〃 0~25%	0.5
(c) 〃 0%	0.3
점토질성분	0.2
광석 또는 석탄	0.1
석 회 석	0.0

4.4 분진측정과 분석

분진의 측정방법으로는 개수농도 측정법을 채택 Konimeter로 분진을 유리에 부착시켜 전자현미경으로 분진의 개체수를 측정하였는데 500℃ 이상으로 가열하였을 때 분진의 개체수가 500개/cc 이상으로 급격히 증가하였으며 가장 쉽게 가시적으로 확인되는 온도 상승에 따른 시료별 중량감율은 다음 표와 같다.

〈표 11〉 중국수입옥의 가열에 따른 중량감율(%)

(가열시간: 2시간)

온도(℃)	200	300	400	500	600	700	800
A	0.25	0.60	1.90	3.55	7.50	8.10	8.30
B	0.30	0.65	2.00	3.80	7.70	8.00	9.00
C	0.20	0.63	2.10	3.90	7.55	8.30	9.10
D	0.15	0.55	2.45	4.15	8.10	8.70	9.50

즉, 중국산 수입옥은 200℃부터 수산기를 발출하기 시작하여 중량감소현상을 보이며, 800℃ 부근에서는 무수비정질로 변하여 고토감람석(Forsterite) 또는 완화휘석(Enstatite)이 된다.

이와 같이 결정수나 수산기를 발출 할 때 수산기와 함께 무수한 석면상 분진을 함께 비산시킨다.

5. 결 론

중국산 수입 유사 옥은 대부분이 사문석, 활석 또는 녹니석 계통의 광물집합체임으로 외관상 연옥과는 비슷하나 성분이나 광물의 물리화학적 기능은 전혀 다르다.

중국산 수입 유사 옥을 연옥으로 간주하여 찜질방에서 고열로 가열하거나 옥매트 등을 만들어 전기적으로 가열하는 경우 결정수 일탈시 미세한 광물 결정도 함께 비산할 우려가 있다.

따라서 중국산 유사 옥의 고온가열이나 저온상태라 할지라도 전기적 가열은 가급적 피해야 하기 때문에 근본적으로 원적외선 방사와는 무관한 물질에 속한다.

또한 음이온 발산에 있어서도 사문암계의 물리화학적 특성에 따라 특이한 음이온 발산을 기대할 수 없다.

따라서 중국산 수입 유사 옥 보다는 값싸고 원적외선 방사 효율이 높은 전남 장수지방과 경남 함양지방에 풍부하게 매장되어 있는 반려암(Gabbro)이나 회장암 (Anorthosite)을 원적외선 방사체로 추천한다.

아울러 중국산 수입 유사 옥에 대한 감정결과는 다음과 같이 요약된다.

① 중국산 수입옥은 X-선 회절에 의한 광물감정결과 활석, 사문석, 각섬석, 녹니석이다.

② 화학성분은 SiO_2: 49.06~50.84%, Al_2O_3: 0.42~0.59%, Fe_2O_3: 0.78~3.94%, CaO: 0.84~3.94%, MgO: 32.68~37.74%, H_2O: 9~10%로 활석이나 사문석류에 속한다.

③ 중국산 유사연옥의 원적외선 측정결과 원적외선의 방사율은 0.88~0.92%, 원적외선의 방사에너지는 $3.41 \sim 3.70 \times 10^2 w/m^2$(측정온도 37℃)로 특별한 원적외선 방사물질에 속하지 않는다.

④ 경도는 3~4(모스경도)로 연옥(6)이나 경옥(6.5)에 미치지 못한다.

⑤ 200℃ 이상에서 전기적 충격을 받으면 열분해현상이 나타나고 500℃ 이상으로 가열하면 온석면으로 변한다.

⑥ 유사연옥은 함수광물에 속해 열이나 전기적 충격에 쉽게 반응하여 온석면으로 변할 수 있음으로 가열사용은 절대 금하여야 한다.

(원고 접수일 2000. 12. 14)