

## 황토의 일반적 특성 및 산화철 함량

김인규\* · 서성훈\*\* · 강진양†

\*식품의약품안전청, \*\*경희대학교, 삼육대학교  
(2000년 5월 15일 접수)

## General Properties and Ferric Oxide Content of Hwangtoh(Yellow Ochre)

In-Kyu Kim\*, Seong-Hoon Seo\*\* and Chin-Yang Kang†

\*Korea Food and Drug Administration, Seoul 122-704, Korea  
\*\*College of Pharmacy, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea  
College of Pharmacy, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea  
(Received May 15, 2000)

**ABSTRACT**—The purpose of this research was to investigate the general properties and main ingredients of Hwangtoh, which is the Korean loess. It is well known as a raw material of pottery shown to be widely scattered on the earth, especially in Korea. It belongs to primary clay that was found to be rich on mountain surface or field. In this study, XRF Spectral method was employed to analyze the chief ingredients of Hwangtoh, being found to consist of 43~50% SiO<sub>2</sub>, 2~34% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2~3% Mg, 2~3% Na and 1~2% K. The ferric oxide contents of Hwangtoh from San Chung, Ha Dong, Ko Ryung, Ouk Chong, Bang Gae and Song Kwang were 6.46, 7.96, 11.26, 9.36, 9.06 and 9.28 %, respectively. The general characteristics of Hwangtoh from different places were studied by determining the content of water and the capacity to maintain temperature. Based on the above results, Hwangtoh could be said to have better quality than primary clay of Kaolin dose, and also would be able to find an application in construction formulations.

**Keywords**—Hwangtoh, Korean loess, Primary clay, Content of water

본래 황토를 뜻하는 용어 Loess는 독일어이다. 의미는 느슨하게 교결(膠結)되어 있다는 뜻으로 1821년경 라인 계곡에 최초로 적용되었으며, 황토는 석영조면암, 안산암, 화강암 등이 열수작용 및 풍화작용에 의하여 분해되어 생성된 경우로, 화학식이 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 2SiO<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O인 Kaolin족 점토류에 속하는 광물이다.<sup>1)</sup> 황토는 온대지역과 사막 주변부에 나타나는 건조지역에 가장 넓게 분포하며 지표면의 약 10%를 덮고 있다. 주로 실트(0.05~0.005 mm) 크기의 입자들로 구성되어 있으며 황토입자의 크기는 주로 0.02~0.05 mm(무게비의 50%)이며, 균질하고 층리가 발달되어 있지 않으며, 공극률(50~55%)이 크다.<sup>2)</sup>

우리나라의 황토(Hwangtoh)는 대부분 백악기 말엽을 전후하여 화강암, 섬록암, 석영반암, 규장반암과 명반석 같은 것이 풍화되어 그 구성의 주류를 이루고 있으며, 우리나라 황토의 표면은 편서풍을 타고 중국 대륙에서 수십만년간 황사가 날아와 지표의 일부를 이루고 있는 것도 사실이다. 황토는 대부분 전국에 널리 분포되어 있지만 특히 주요산지로

는 고령토(kaolinite)산지와 거의 일치한다. 우리나라는 세계적인 고령토(kaolinite)산지이며, 이 고령토의 표층에서 양질의 황토가 산출되는데, 그 중 현재 경남하동, 산청지구에서 우수한 것이 다량으로 산출되고 있다.

광물로서 황토는 1차 점토(primary clay)인 Kaolin류의 표층이 산화, 풍화되어 형성된 것으로서, 산화철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 성분이 많아 붉은 색을 띠며, 4면체와 8면체가 1:1로 형성되어 2층 구조를 이룬다(Figure 1, 2, 3).

토양생성과정에서 1차광물은 암석에서 분리된 광물로 그 후 그다지 큰 변화가 없었던 것을 말하며, 대부분 규소, 알루미늄, 철 등을 함유하고 있기 때문에 이들 토양광물을 총괄적으로 규반염광물(aluminosilicate minerals)이라고 한다. 한편 2차광물이란 1차광물이 풍화되어 토양이 발달되는 도

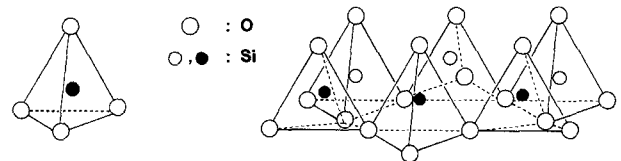


Figure 1—The structure of silica tetrahedron and silica sheet configuration.

†본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로  
Tel : 02)3399-3658, E-mail : kangjy@syu.ac.kr

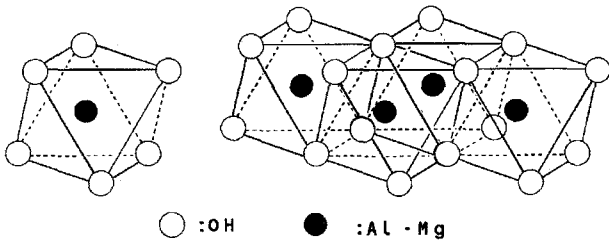


Figure 2-The structure of aluminum octahedron and alumin sheet configuration.

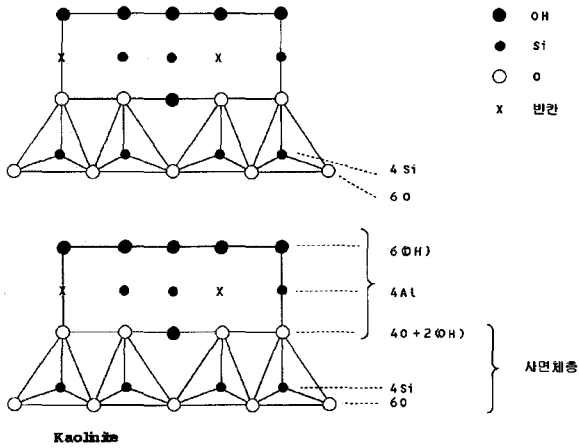


Figure 3-The structure of kaolinite.

중에 재합성된 광물을 말하고, 토양 중의 점토광물은 1차의 규반염광물이 풍화되어 규소, 알루미늄 등이 토양용액 중에 용해되어 있다가 1차광물조각 위에 침전된 후 이로부터 분리된 미세입자들이다. 이들은 판상(板狀)의 결정형을 이루며, 그 화학적 조성을 이루는 물질들은  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  등인데 토양 중의 주요 점토광물로는 부정형(不定型)인 철이나 알루미늄의 산화물과 결정형인 Kaolinite, montmorillonite, illite, chlorite, limonite, vermiculite 등이다.<sup>3)</sup>

Kaolinite를 우리나라에서는 흔히 고풍토라고 하는데, 이것은 1:1격자형 광물의 대표적인 것으로(Figure 4), 최근 우리나라 토양의 점토광물에 대한 연구가 활발하게 이루어져 우리나라 토양 중의 점토광물이 대부분 Kaolinite임이 밝혀졌다. 1867년 Johnson 및 Blake 등은 Kaoline광물의 이름을 본따서 Kaolinite라 명명 하였지만, Kaoline 광물은 순수한 Kaolinite 가 아니고 각종의 혼합물임이 밝혀졌다. 때문에 최근 우리나라에서 생산되는 황토는 관련분야와 학계에서 많은 노력을 통하여 이론적인 체계가 어느정도 이루어졌고, 명칭에 있어서도 다른나라에서 생산되는 황토와 차별을 두기 위해, 영명으로 사용했던 표기 Loess 또는 red clay 대신 Hwangtho로 사용하기 시작했다.<sup>4)</sup>

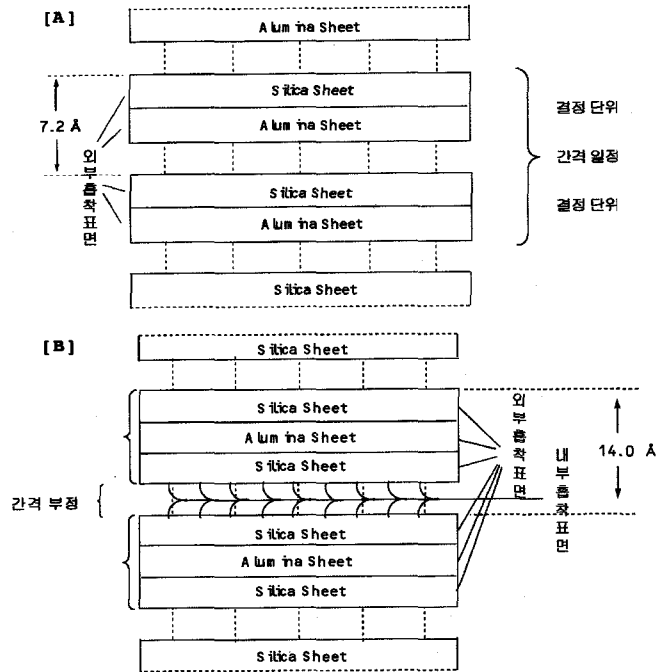


Figure 4-1:1 Lattice Type and 2:1 Lattice Type Mode. A-1:1 Lattice Type of Kaolinite B-2:1 Lattice Type of Montmorillonite

황토에 관한 문헌기록은 본초강목, 향약집성방, 산림경제, 제민요술등이 있으며, 특히 본초강목에서는 흙의 대명사로 맛은 오미(五味)이나 본래 감(甘)이고 독이 없다고 되어있다. 향약집성방 토부에서는 좋은 흙은 맛이 달고, 성질이 평하며, 독이 없는 것으로 냉이나 열로 생긴 설사, 배속이 열독으로 쥐어짜는 듯이 아프고 하혈을 할 때 이것을 치료하기 위해 사용하면 좋다고 되어 있다.

황토의 성분을 미생물학적 성분과 화학적 성분으로 나눌 수 있으며, 전자에는 생물에게 독소를 나타내는 과산화수소를 제거하여 생물에게 적절한 토양을 만들어 주며 가장 높은 활성을 갖는 카탈라아제, 토양산화력의 지표인 디페놀옥시디아제, 사카라아제 및 단백질 속의 질소가 무기화할 때 단백질을 아미노산으로 가수분해시키는 프로테아제의 네 종류가 있다. 이 효소들은 각기 독소제거, 분해력, 비료요소, 정화작용의 역할을 하고 있으며, 일반적인 화학적 성분으로 석영, 장석, 운모, 방해석 등 다양한 광물입자로 구성되어 있는데,  $\text{SiO}_2$  35~45%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  20~35%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  5~15%,  $\text{MgO}$  2~3%,  $\text{K}_2\text{O}$  2~3%,  $\text{Na}_2\text{O}$  1~2% 정도로 알려져 있다.<sup>5)</sup>

일반적으로 황토는 최근 우수한 통기성과 습도조절능력, 항곰팡이 성능, 탈취성능, 적조방지능력, 실온유지능력, 방열효과, 우수한 원적외선 방사량 등의 장점 때문에 특히 우리 주변에서 주거문화와 연관해서 많이 활용되고 있으며, 향장

분야에서도 이 황토의 장점을 이용해 제품이 활용되고 있다. 따라서 본 연구는 황토의 일반적인 성질에 대한 몇가지 실험과 국내에서 황토 활용에 대한 배경과 근거를 위해 XRF분석 방법을 통한 우리나라 주요 생산지별 황토의 주요 성분을 확인하고자 하였으며, 특히 제제화 과정에서 영향을 미치는 산화철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : M.W. 159.69)의 생산지별 함량 확인 및 차이를 검토하고자 하였다.

### 실험방법

#### 시료 및 기기

황토(Hwangtoh)는 주요산지 가운데 산청, 하동, 고령, 옥중, 송광, 방개, 광산에서 채취한 것을 공급 받았다. 기기로는 항온건조기(Jeil Science Korea)와 교반기(Jeil Science Korea)를 사용하였고, 시료분석을 위해 X-ray fluorescence spectrophotometer(Philips PW2400, U.S.A)를 사용하였다. 이 X-선 형광분석기 종류는 파장분산형으로 파장에 따라 분광하는 종류로 광원은 Rh X-ray tube를 그리고 선형증폭기(Philips, U.S.A)를 사용하였다.

#### 수분함유율 측정

하동에서 생산된 황토 및 카올린 각 2g을 달아 미리 건조한 칭량병에 넣고, 수분증발량을 측정하기 위해 5배의 정제수를 가하고 혼합한 후, 되도록 넓게 펼쳐 놓은 다음 각각 전체 무게를 달았다. 그 다음 건조기에 넣고 40°C에서 2시간 건조하여 30, 60, 90, 120분 간격으로 각 검체의 수분증발량을 수분정량법(K.P. VII)으로 측정하였다.

#### 온도유지능력시험

하동 황토와 Kaolin 검체 각 3g씩을 준비된 증발접시에 층 두께 3cm 이상 되도록 채운다음 건조기에 넣고, 도가니 내부온도가 40°C 정도 될 때까지 가열한다. 그 때 내용물의 온도를 측정하고, 항온건조기에서 증발접시를 꺼내어 서서히 방냉한다. 그리고 실온에서 방냉시킬 때 1시간 간격으로 내부온도를 측정하였다.

#### XRF 분석

산청, 하동, 고령, 옥중, 방개, 송광에서 생산된 황토분말 시료 각 2g에 적절한 비율로 용제를 섞고, 고온(1200°C정도)으로 가열하여 완전히 용융시킨 후 용융물을 주조용 몰드에 부어 냉각시켜 유리구를 제작한다. 이 유리구를 미리 조정해 놓은 본 기기에 고정을 시키고 성분 분석을 실시하였으며 이때 전압 및 전류로 주성분원소의 경우는 40 kV-

30 mA, 미량원소는 50 kV-40 mA로 하였다. 또한 표준물질은 미국지질조사소(USGS)에서 제작한 국제공인 표준물질(SRM) 중 화성암, 변성암, 및 퇴적암을 포함하는 암석시료들을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 황토 수분함유율 및 온도유지능력

하동황토와 Kaolin의 수분함유율변화를 확인하기 위해 건조온도 40°C에서 30분 간격으로 검체를 채취하여 수분증발량 측정결과를 Table I에 나타내었다. 30분 경과후 증발량의 차이가 2.48배, 60분 2배, 90분 1.9배, 120분 경과후 2.2배의 차이를 나타냈으며, 4시간 후 카올린은 거의 증발된 반면 황토는 38% 수분이 잔류하였다. 또한 황토의 실온유지능력 실험의 결과를 Table II에 나타냈는데, 처음 황토의 내부온도는 34.93°C였고, Kaolin은 36.29°C였다. 그러나 2시간 40분 이후에는 황토의 내부온도가 31.91°C였는데 비해 Kaolin의 내부온도는 28.19°C로 나타났으며, 4시간 경과후에는 내부온도가 황토의 경우 26.40°C, Kaolin은 23.93°C로 었다. Kaolin과 비교한 이 결과에서 황토는 다른 점토들에 비해 습도조절능력과 외부온도가 높지않았지만 실온유지능력이 우수한 것을 알수 있었다.

### 황토 중 산화철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)함량분석

점토 광물의 종류를 확인하는 방법에는 여러 가지가 널리 사용되고 있다. 그 방법으로는 광학현미경적 방법, 시차열분석법, 화학분석법 및 X선회절법 등으로, 이 가운데 가장 정확하고 현재 많이 활용하는 방법이 XRF분석법 이다. Table III은 우리나라 주요 황토산지별 시료검체를 채취하여 XRF 분석한 결과로 각 산지별 황토의 주요 성분함량을 나타내고 있다. 여기서 주요산지별 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량의 차이는 산청 6.46%,

Table I-Content of Water (% , n=3, S.D. ± 3)

Time(min)	Hwangtoh	Kaolin
30	96.71	91.85
60	89.65	78.02
90	83.52	68.37
120	81.07	57.91

Table II-Capacity to Maintain Temperature (°C, n=3, S.D. ± 3)

Time(hours)	Hwangtoh	Kaolin
0	38.11	36.15
2	33.32	30.52
4	29.70	26.18

Table III—Results of XRF Analysis (% , n=3, S.D. ± 3)

The chief ingredient	Sample					
	San Chung	Ha Dong	Ko Ryung	Ouk Chong	Bang Gae	Song Kwang
SiO <sub>2</sub>	43.29	49.75	42.95	48.91	48.84	47.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34.09	27.50	30.36	27.44	27.31	27.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.46	7.96	11.26	9.36	9.05	9.28
MnO	0.02	0.04	0.09	0.11	0.08	0.11
CaO	0.04	0.14	0.12	0.16	0.16	0.16
MgO	1.09	2.09	2.43	0.93	1.04	0.92
K <sub>2</sub> O	0.32	1.17	0.49	1.00	1.02	1.01
Na <sub>2</sub> O	0.02	0.12	0.03	0.17	0.15	0.15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.34	0.56	0.45	0.42	0.48	0.36
L.O.I	12.90	9.84	11.82	8.10	8.84	8.99

L.O.I : Loss Of Ingridient

하동 7.96%, 고령 11.26%, 옥종 9.36%, 방개 9.05%, 송광 9.28% 등으로 나타났으며, 다른 주요성분의 조성은 SiO<sub>2</sub> 43~50%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 27~34%, 마그네슘 2~3%, 나트륨 2~3%, 칼륨 1~2% 정도로 나타났다.

## 결 론

1차 점토로서 황토는 Kaolin의 표층에 존재하며, Kaolin보다 수분조절능력과 온도유지능력이 우수하였고, XRF분석법에 의한 주요 산지별 황토의 산화철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 함량을 확인한 결과 산청 6.46%, 하동 7.96%, 고령 11.26%, 옥종 9.36%, 방개 9.05%, 송광 9.28% 등으로 나타났으며, 또한 다른 주요성분의 경우 SiO<sub>2</sub> 43~50%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 27~34%, 마그네슘 2~3%, 나트륨 2~3%, 칼륨 1~2% 정도의 범위로 일정한 조성을 갖고 있음을 알 수 있었다. 이 결과에 의해

서 황토는 동일한 1차 점토 Kaolin과 같은 여러 목적으로 활용할 수 있을 것이다.

## 문 헌

- 1) 황혜주, 황토의 일반적 특성 및 반응메카니즘, 대한건축학회 학술논문지, 4, 23-30 (1997).
- 2) H.Y.Choi, H.Z. Hwang and M.H. Kim, An experimental study on the mechanism of the Hwangtoh reaction, AIK Proc., 1257-1262 (1997).
- 3) 조백현, 토양학, 학문사 (1980).
- 4) H.Y.Choi, H.Z. Hwang and M.H. Kim, The research on the general properties of Hwangtoh, AIK Proc., 1251-1256 (1997).
- 5) H.Y.Choi, H.Z. Hwang, S.J.Kim, S.H.Kim and M.H. Kim, A study on the properties of Hwangtoh self-leveling material 3rd International Symposium on Architectural International in Asia Proc (2000).