

## 브라질 까뎀 카올린 광상에 대한 예비 연구

김인준 · 이재호\*

한국지질자원연구원

## Preliminary Study for the Capim Kaolin Mine in Brazil

In-Joon Kim and Jae-Ho Lee\*

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon, 305-350, Korea

The geology of the Capim region in Brazil is composed of Ipixua Formation in Mesozoic-Tertiary(Miocene), sedimentary rocks in Miocene, Barreiras Formation(sedimentary rocks) in Pleistocene and sediments in Holocene. Kaolin deposit consists of Barreiras Formation(average depth in 120 m) composed of sandstone, clay, fine sand of Miocene to Pliocene age. Kaolin of the high grade is white in color and its thickness averages 7 m. The orebody formed by kaolinite was confirmed by XRD, is shape of hexagonal, SK is above 33 degree. It is class A also suit for producing a paper without filtration. According to the CPRM report, the reservation of kaolin ore is amounts of 566,819,164 tons.

**Key words** : Capim, Brazil, kaolin deposit, clay, ore reserve

브라질 까뎀 지역의 지질은 하부 중생대-제삼기 마이오세의 이픽우아층, 제삼기 마이오세의 퇴적층, 제삼기 플라이오세의 퇴적층인 바레이라스층 및 제사기 홀로세의 퇴적물이 넓게 분포한다. 카올린 광상은 마이오세-프라이오세 시대의 바레이라스층이 넓게 분포하며 층의 평균 두께는 120 m에 달하며 주로 사암, 점토 및 미사로 구성된다. 모든 카올린층은 모래층 사이에 나타나며, 최상급의 카올린 광체는 백색 카올린으로 평균 두께가 7 m에 이른다. 광체를 형성하는 카올린은 XRD에 의해 카올리나이트로 판명되었고, 이는 모두 육각판상이며, 내화도가 33이상으로 정제하지 않고도 제지용으로 적합한 A등급이다. 카올린 광상의 매장량은 브라질지질조사소에 의하면 566,819,164톤으로 추정된다.

**주요어** : 까뎀, 브라질, 카올린광상, 점토, 매장량

### 1. 서 론

브라질은 철강원료자원의 우리나라 수입국선 세계 2위를 점하고 있으며 광물자원 부존 잠재력이 대단히 높은 국가이다. 까뎀(Capim) 광상은 Para 주에 속하는 열대 우림 기후의 아머존지역으로 풍화도가 매우 두껍게 발달한다. 까뎀 지역은 저지대 강가 유역으로 주로 유백색, 황색, 황적색 및 연한 적색 토양으로 구성된다. 까뎀 카올린 광상은 벨렘에서 육로이동, 항공이동과 하상이동 등이 가능하고, 벨렘의 동남 측에 위치하는 현장까지는 234 km의 포장도로와 22 km의 비포장도로가 있으며 자동차로 약 3시간 30분 이동하면 현장에 도착

할 수 있다(Fig. 1).

카올린광물은 층상규산염광물로 하나의  $\text{SiO}_4$  사면체 층과 하나의  $\text{Al}_2(\text{OH})_6$  팔면체층이 결합하여 하나의 단위를 형성하는 1:1 타입에 속한다(Bailey, 1980). 이들은 주로 카올리나이트(kaolinite), 디카이트(dickite), 나크라이트(narcite), 메타할로이사이트(meta-halloysite), 할로이사이트(halloysite)의 5종류로 이루어진다(Deer et al., 1966). 또한 이들의 화학식은  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 로서 단위층 사이에 층간이온(양이온이나 물)이 존재하지 않으나 할로이사이트에서는 물이 존재하며, 저면 두께는 약  $7.15\text{\AA}$ 이나 할로이사이트만은  $10\text{\AA}$ 이다. 카올린광물은 층간변화의 방향과 정도, 연속하는 층에서 빈 팔

\*Corresponding author: jhlee@kigam.re.kr

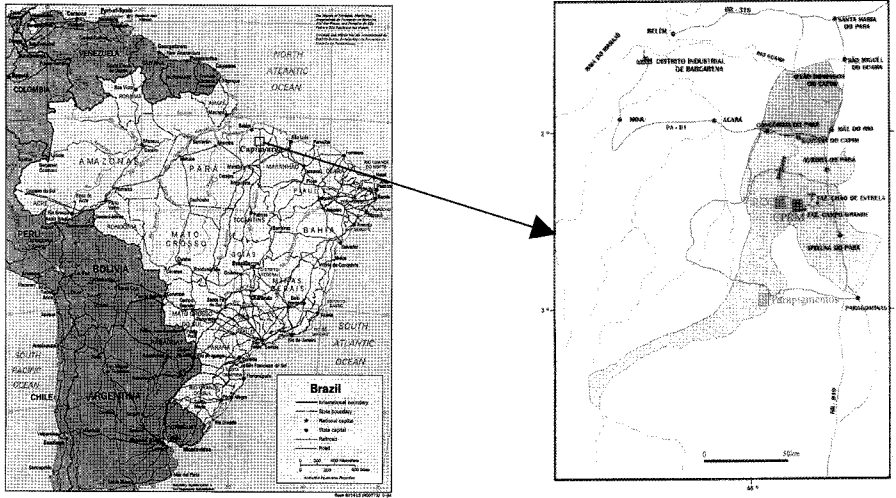


Fig. 1. Index map of the northern Brazil showing the location of the Capim area.

면적 자리의 위치에 따라 구분되는 동질이상을 갖는데, 전자의 기준에 의해 카올리나이트와 나크라이트가, 후자의 기준에 의해 카올리나이트와 디카이트가 구분된다. 결정도가 좋은 카올린의 경우 삼사정계이고 우선회이거나 좌선회이나, 디카이트는 이들 빈 자리가 교차하여 우선회와 좌선회 카올린이 규칙적으로 반복되는 구조를 갖는다. 이들은 약산에는 거의 녹지 않으며 200°C로 가열하면 할로이사이트는 10Å에서 7.15Å으로 변하며, 650°C로 가열하면 구조수가 빠져나오면서 흡열반응이 일어난다. 카올린 광물은 보통 백색(담홍, 담색 등으로 오염된 것도 있음), 미세한 결정으로서 산출하며 이들이 모여서 점토가 된다. 전자현미경하에서 카올린, 디카이트, 나크라이트는 육각판상, 할로이사이트는 관상이다. 디카이트와 나크라이트는 암석의 열수변질작용에 의해서만 생성되며 카올린과 할로이사이트에 비해서 높은 온도에서 생성되는 반면에 카올린 및 할로이사이트는 암석의 풍화작용 또는 열수변질작용 등에 의해서 생성되며 이것들이 운반되어 점토층을 형성하는 것이 많다. 카올린의 주요 용도는 아트지를 비롯한 제지, 도자기, 내화물, 각종 충전제 원료 등이며 이들 용도의 품질 요건은 일반적으로 다음과 같다. 제지용은 종이의 충전용 또는 피복용으로 쓰이는 순백색 입자가 매우 미세하며 유리규산을 거의 함유하지 않아야 하며 카올린이 주로 쓰이나 납석이 쓰이는 경우도 있으며 카올린의 경우는 결정이 관상인 할로이사이트는 적합하지 않으며 결정이 육각판상인 카올린이 상용된다. 제지용 중에서 특히 아트지용은 석영입자와 같은 불순물이 거의 없고, 풍부한 광택이 있고, 점착력이

낮으며, 입도가 미세하고, 입도분포가 균일하여 5μ 이하가 80% 이상이고, 10μ 이상의 입자를 포함하지 않고, 백색도(WN)가 높고, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.5% 이하이고 대부분이 육각판상의 카올린 결정으로 구성되어 있어야 한다. 도자기용은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 35% 이상, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 0.5% 이하, TiO<sub>2</sub> 0.1% 이하, CaO 0.5% 이하, MgO 0.2% 이하, 감열감량이 13% 이상, 내화도(SK)가 SK33번 이상이고, 소성색상이 1380°C에 백색이어야 한다. 내화물용은 SK 27이상이고 가소성 등 여러 가지 성질은 일정하지 않지만 소성상은 황색을 띠어도 상관없다(Lee, 1978).

까뽀 카올린 광화대는 브라질 북부의 대서양과 접하고, 아마존지류인 까뽀 강 주변의 2차 점토광상 부존지를 말한다. 이 광화대에는 미국, 독일(AKW사), 일본(스미토모사), 브라질이 참여하고 브라질의 RCC(Rio Capim Caolin)회사가 경영하는 광산이 가동 중에 있으며 본 광산과 접하여 CPRM(Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) 광구가, 남측으로는 파라피그멘토(Parapigmentos)사의 광구가 위치한다(Fig. 1). CPRM의 까뽀 광구는 현재 사유화, 매각 검토 중에 있다. 광구면적은 약 10,000ha로서 남북으로 분류되는데 광구 좌측으로 까뽀 강이 대서양으로 흐르고 있으며 이 강을 따라 RCC 회사의 카올린 원광을 배로 벨렘까지 운반하고 있다. 광구는 1,000ha 씩 구역화하여 CPRM에 의해서 탐사가 실 시중에 있는데 지금까지 77 채굴적(pit)과 9개의 시추탐사가 완료되었으며 탐사는 격자탐사를 하고 있다. 카올린층 상부에는 보크사이트층이 발달한다. 조사지역은 CPRM 광구로서 10,000ha 정도이며 남북광화대로 분리하고 있다.

지금까지 이 지역에 대하여 지형도, 지질도(1/250,000) 제작이 완료되었으며, 전술한 바와 같이 총 234 m의 시추탐사가 수행되었다. 기존 탐사 결과 본 지역의 카올린 매장량은 1등급-3등급까지 5억6천만 톤에 이른다. 현장에는 2개소의 CPRM 전진기지가 탐사를 수행하고 있는데 일용직을 채용하여 채굴에 의한 시료채취 등이 계속되고 있다. 카올린광의 백색도는 75-85 정도이다. 본 지역의 강우량은 2,500 mm/년, 온도는 23-33°C, 습도는 90% 이상으로 매우 습하다. 동력은 연결되지 않고 육로이동 등 사회간접시설은 비교적 양호하다.

금번 연구는 현지 광화대의 규모 파악과 지질환경 등 광화대 부존 가능성 파악과 유망지역 확인하여 탐사 및 개발의 기초 자료를 획득함에 목적을 두었다.

2. 지질

까뽀 지역은 1926년 최초로 Oliveira와 Gomes가 까뽀 강을 따라 발달하는 백색사암 노두와 피라카우(Piracaua)의 카올린 분포지에 대하여 보고한 바 있다. 그 후 Sombroek(1962)은 이 사암이 Eopaleozoic시대라고 밝혔고, Molnar과 Almaraz(1966)는 강 주변에 대한 지질을 보고하였다. CPRM(1972, 1973)은 까뽀 강 상부 기반암복합체의 선캠브리아기 암석 산상에 대하여 연구하였고, 또한 1996년 이 지역에 대한 카올린

광상 자료를 종합 보고한 바 있다.

이 지역은 제4기에서 하부 제3기에 이르는 신생대층으로 주로 구성되어 있으며 고생대에서 선캠브리아기 층이 국부적으로 발달한다. 현생 퇴적물은 고기하도를 채우거나 홍수평원을 피복하며 사암, 미사, 점토 등으로 구성된다. 홍적세에서 마이오세 시대의 바레라스(Barreiras)층은 주로 사암, 미사, 점토 등으로 구성되며 하도사층리, 점이층리, 조그만 사교부정합 및 비정합, 중광물대와 미세단층이 나타나며 상변화는 매우 광범위하여 수직 및 수평으로 일어나 개개에 의한 층의 연구는 어렵다. 하부 마이오세의 피라바스(Pirabas)층은 주로 화석질 석회암으로 구성되고 노두는 까뽀 강을 따라서는 나타나지 않고 길가에서 가끔 관찰된다. 고생대층은 여러 가지 입도의 백색 사암으로 구성되나 까뽀 강 상류 타피우까우라(Tapiucaua) 폭포에서는 백색사암으로 구성되는 20cm 이상의 자갈을 갖는 정규 압질 역암이 강가를 따라 분포한다. 또한 까뽀 강 상류 수로에서는 규사를 갖는 규질 점토층이 나타난다. 선캠브리아기층은 이따페우아(Itateua) 해변 강가의 층을 따라 거력으로 구성되는 노두가 관찰된다. 이 지역의 지질도와 층서 칼럼(Stratigraphic column)은 Fig. 2와 같으며, 이들에 대하여 기술하면 다음과 같다.

선캠브리아기 암석은 이따페우아 해변에서 까뽀 강 상류를 따라 노두가 발달되며 까뽀 강 오른편 지류인 론트라(Lontra) 강의 북측 부근에 노두가 발달되고 이

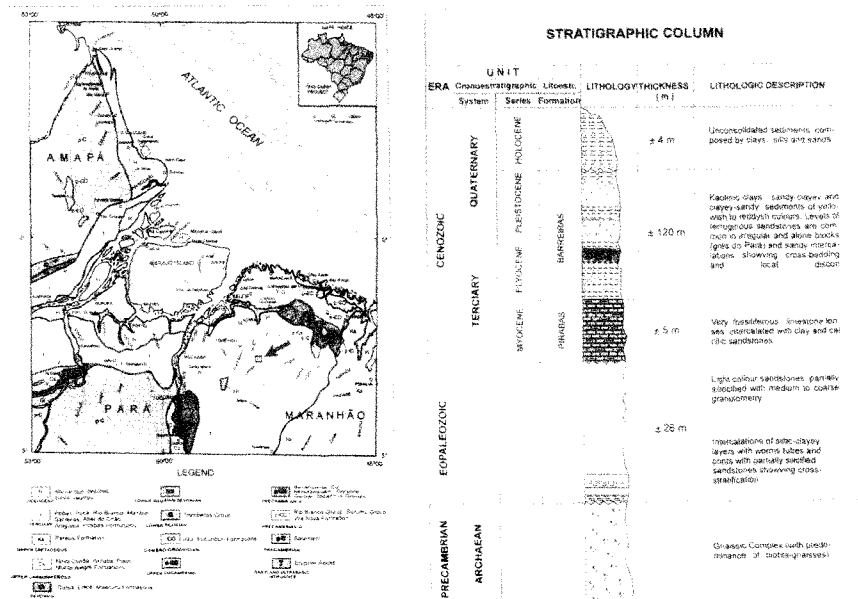


Fig. 2. Regional geological map and stratigraphic columnar section of the Capim area, Brazil(from CPRM, 1996).

들은 조그만 섬의 중앙에는 젊은 암석이 형성되었고 강가의 층에 위치한다. 열곡면이 잘 발달된 중립 내지 조립질 흑운모편암은 경하에서 편리가 잘 나타나며 장석은 변질되어 있다.

층의 시대에 있어 Sombroeck(1962)는 Eopaleozoic 이라 하였고 반면에 Molnar과 Almaraz(1966)는 까팜 강 상류를 따라 적어도 15 km에서 층의 두께가 26 m 인 것을 확인하고 고생대라고 생각하였다. 층은 치밀에서 역질 입상을 갖는 원 내지 아원의 사암으로 부분적으로 여러 열곡 방향에 구질화 현상이 나타난다. 백색의 세립에서 조립질 사암은 호층으로 나타나며 부분적으로 불규칙하게 고화되었고 시대는 같은 층내에서 산출되는 앞서 말한 사암과 같다고 생각되어지고 있다. 층은 암색, 분홍, 갈색의 매우 세립질로 날개있 처럼 정렬된 운모를 포함하는 벌레흔적과 관이 남아있는 반수평적 사암으로 점토질 미사로 구성되며 층리가 잘 발달되었다. 때로는 층리면은 다른 압축력에 의해 형성된 물결처럼 나타난다. 고생대 암석은 까팜 강 오른편 지류인 이따퀴테라 그란데(Itaquiteua Grande)를 따라서 이 층서상의 최상부에서 산출된다.

제3기층은 마이오세의 피라바스(Pirabas)층과 마이오세/홍적세의 바레이라스(Barreiras)층으로 구성된다. 피라바스층은 사오 조아오 데 피라바스(Sao Joao de Pirabas) 지역의 알아 데 파젠다(Ilha da Fazenda) 마을에서 화석질 석회암의 존재로 Ferreira Pena가 1876년에 처음 연구를 시작한 이래 많은 사람의 관심의 대상이 되었다. 이층은 매우 치밀하며 탄산석회를 함유하는 중박층을 갖는 모래와 점토가 호층으로 긴 회색에서 노란색 석회암으로 특징 지워진다. 이층에서는 주로 *Foraminifers*, *Brachiopods*와 *Cephalopods*가 산출된다. 이층은 해성퇴적기원으로 시대는 층에서 산출되는 화석에 의존하나 아직 확실하게 밝혀진 것은 아니며 이층보다 젊은 육성퇴적기원인 바레이라스층보다는 오래된 것으로 사료된다. 바레이라스층은 수직 및 수평 변화가 아주 심해 매우 복잡한 층서를 나타낸다. 이층은 주로 다양한 색을 띠는 점토질 퇴적암으로 미고결의 점토질사 또는 사질점토도 나타나며 일반적으로 이들은 다양한 크기의 석영을 갖는 조립질층으로 다양한 색을 띤다. Francisco(1971)은 파라주의 까파네마(Capanema)의 시추와 채굴적의 단면을 기초로 하여 바레이라스층에서 점토가 피라바스 석회암으로 접이하는 것을 보고 피라바스 석회암의 최후 퇴적 시기인 마이오세의 육성퇴적기원인 바레이라스(Barreiras)층의 시작이라고 보았다. 이층의 연대에 대해서는 일반적으로

마이오세로 생각하나, Francisco(1971)는 마이오세/홍적세라 하였다.

제4기의 층적세층은 지역에서 퇴적물이 제4기 후기로 점토, 모래, 자갈로 구성되며 주로 계곡에 발달한다. 지질구조는 결정질 기반암이 산출되는 곳에 발달하며, 원생대 구조운동과 매우 밀접하며 주로 단층들이 많이 발달된다. 중생대 시기가 시작되면서 고기의 약선대가 다시 활동하여 결정질 기반암이 블록 운동을 하여 "지루"와 "지구대" 구조가 많이 발달한다. 브라간카(Braganca) 분지는 일반적으로 NW-SE 방향성을 갖는 단층에 의해 한정된다. 이단층계는 해변을 따라 발달되며 선캠브리아기 암석 노두가 발달하는 구아마(Guama) 및 피리아(Piria) 강에서도 잘 관찰된다. 작은 단층은 제3기를 포함하여 이보다 젊은 암석에서도 발달한다.

### 3. 광상

광상주변의 지질은 하부 중생대-제삼기 마이오세의 이픽우아(Ipixua)층(TKi), 제삼기 마이오세의 퇴적층(Tc), 제삼기 플라이오세의 퇴적층인 바레이라스층(Tb) 및 제사기 홀로세의 퇴적물이 넓게 분포한다(Fig. 3). 이픽우아층은 주로 사질암, 점토암 및 질석질암으로

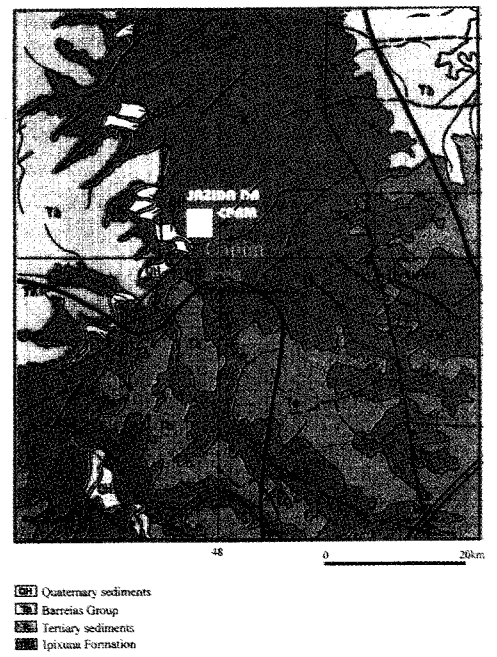


Fig. 3. Ore geological map of the Capim area, Brazil(from CPRM, 1996).

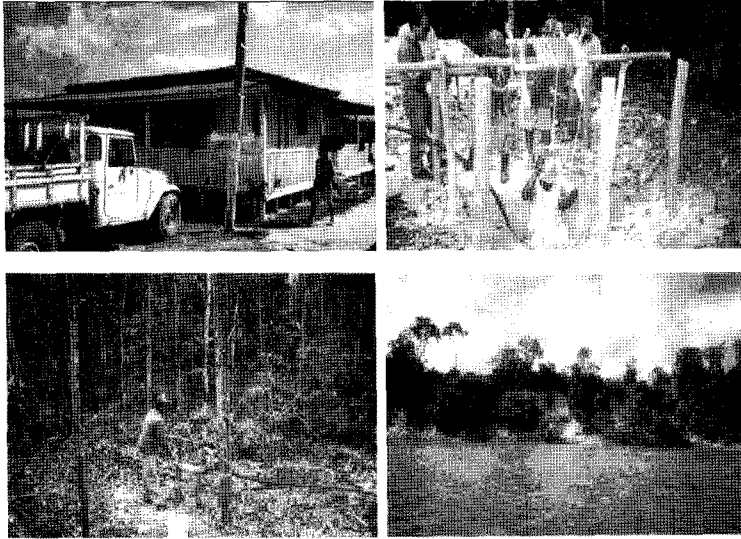


Fig. 4. Local branch office and outcrops of CPRM kaolin mine in Capim area, Brazil.

구성된다. 제삼기 플라이오세의 퇴적층인 바레이라스층의 평균 두께는 120 m에 달하며 주로 사암, 역암, 사질 점토, 미사 및 카올린질 점토 등으로 구성된다. 제삼기 퇴적층은 점토, 사질 및 석회질로 구성된다 (CPRM, 1996).

특히 광상내의 바레이라스층은 채굴적의 현지 관찰 결과 역질사암으로부터 카올린질 점토로 상변화가 일어난다. 카올린 광체는 깊이 9-34 m의 약 80여개 채굴적(Fig. 4) 관찰결과를 종합하면 다음과 같다. 전체적으로 볼 때 상부로부터 라테라이트가 농집된 점토질-사질 토양층이 두께 2-12 m, 카올린질 단괴가 두께 0-10 m, 노란색 카올린을 갖는 적색 점토 또는 라테라이트질과 카올린질 사층이 두께 0-23 m, 적색 점토를 갖는 백색 카올린가 두께 0-16 m, 백색 카올린가 두께 0-11 m, 백색 사질 카올린가 두께 0-7 m, 점토질사(모래를 많이 갖는 분홍색 카올린, 카올린을 갖는 조립사와 분홍색 사질점토)가 두께 0-11 m로 나타난다. 결국 모든 카올린층은 모래층 사이에 나타나며, 최상급의 카올린 광체는 백색 카올린으로 평균 두께가 7 m에 이른다.

#### 4. 매장량 및 품위

카올린 광상의 단면을 보면 상부는 사질 및 이질 퇴적물을 포함하는 라테라이트층, 중간에는 카올린 광체, 하부에는 사질 퇴적물이 발달한다.

이 지역의 카올린 광상에 대하여는 현재 브라질 지질조사소(CPRM)가 광권을 갖고 있으며 현재까지 10

개 광구(1광구 1,000ha) 10,000ha에 해당하는 지역으로 크게 남과 북으로 나누어 현재까지 77개의 채굴적(22-30 m 깊이)와 9개의 시추공(총 234.8 m)을 뚫어 조사하였다. CPRM에서는 위와 같은 조사를 근거로 하여 특히 현재까지 자체 정밀조사가 거의 완료되어진 북측지역을 중심으로 광구 내에서 매장량 산출지역을 정하여(Fig. 5) Table 1과 같이 매장량을 566,819,164 톤으로 추정하고 있으며 아직까지도 남측지역에 대하여서는 정밀탐사를 계속하고 있어 매장량은 좀더 늘어날 것으로 예상된다.

이 중 5개 채굴적(Fig. 11; T4-2, T4-4, T5-7, T7-7 및 T8-8-2)에서 카올린 광상의 품위 및 매장량을 확인하기 위하여 CPRM 광구의 채굴적에서 깊이에 따라 24개 시료 및 RCC 광구의 노천 채굴적에서 4개의 시료를 채취하였다. 또한 이들의 품위를 알아보기 위하여 당 연구원에서 XRF로 화학분석을 실시하였으며 결과는 Table 2와 같다.

#### 5. 카올린 광물의 특성

이들 채취 시료에 대한 설명은 Table 3과 같으며, CPRM에서 제시한 품위(등급포함) 및 카올린 광체에 카올린 이외에 어떤 광물이 포함되어 있으며 카올린은 5가지 형태 중에서 어느 것인지를 확인하기 위해서 시료 전부에 대해서 당 연구원에서 2도에서 65도까지 1도 1분으로 X-Ray 회절 분석(XRD)을 실시하였고, 몇 개의 시료에 대해서는 열시차 분석(DTA) 및 SEM 관

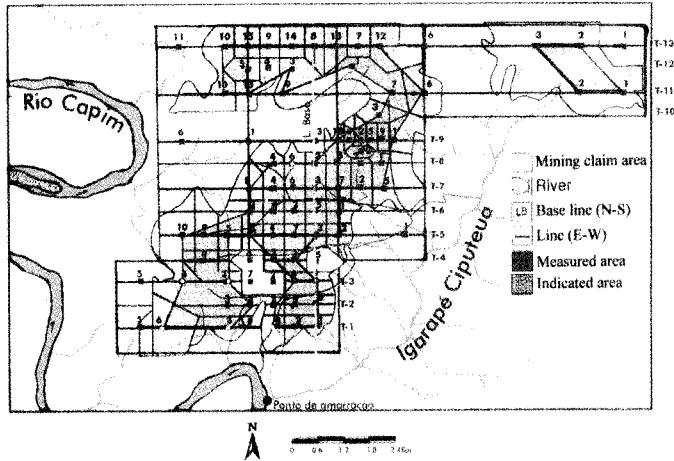


Fig. 5. Ore reservation producing area and location of pit in the Capim kaolin deposits, Brazil(from CPRM, 1996).

Table 1. Kaolin ore reservation of the Capim area(from CPRM, 1996)

Area	Alvaras N <sup>o</sup>	Reserved			Total
		Measured	Indicated	Expected	
North	868/72	60,561,160	43,932,774	22,278,256	126,772,190
	869/72	5,887,500	24,050,458	14,218,960	44,156,918
	870/72	85,223,910	29,009,060	24,139,680	138,372,650
	871/72	42,278,144	60,206,666	20,893,760	123,378,570
	872/72	13,200,000	69,629,428	9,369,840	92,199,268
	Sub-total	207,150,714	226,828,386	90,900,496	524,879,596
	873/72	-	-	-	-
South	874/72	-	-	-	-
	875/72	-	7,605,588	421,280	8,026,868
	876/72	-	-	-	-
	877/72	4,613,760	20,753,340	8,545,600	33,912,700
Sub-total	4,613,760	28,358,928	8,966,880	41,939,568	
Total		211,764,474	255,187,314	99,867,376	566,819,164

Table 2. Chemical compositions of kaolin samples from Capim area

Sample No.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ig. loss	Total	WN	SK
CPT SA	44.56	1.74	38.26	1.03	0.02	0.07	0.13	0.22	0.17	0.08	13.84	100.12	83	35
CPT4-2-1	44.44	1.99	37.78	1.69	0.02	0.06	0.12	0.19	0.13	0.09	13.70	100.21	55	34 <sup>+</sup>
CPT7-7-1	45.11	0.84	38.96	0.66	0.01	0.06	0.11	0.19	0.08	0.05	14.04	100.11	89	36 <sup>-</sup>
CPT7-7-2	51.41	1.19	33.62	0.76	0.02	0.05	0.11	0.20	0.09	0.06	12.24	99.75	87	34
CPT7-7-3	50.02	1.62	34.17	0.94	0.01	0.07	0.11	0.20	0.16	0.09	12.44	99.83	85	34
CPT7-7-5	76.67	0.43	16.00	0.38	0.01	0.03	0.07	0.20	0.07	0.03	5.64	99.53	76	33
CPT7-7-6	43.46	2.43	39.10	0.52	0.01	0.05	0.12	0.20	0.05	0.05	14.20	100.19	79	36
CPT8-2-2	48.10	2.46	35.42	0.54	0.01	0.05	0.12	0.22	0.05	0.05	12.89	99.91	80	35
CPT8-2-4	45.53	1.80	37.24	1.17	0.01	0.07	0.12	0.19	0.10	0.13	13.56	99.92	83	36 <sup>-</sup>
CPT8-2-5	76.94	0.34	15.83	0.23	0.01	0.04	0.08	0.21	0.08	0.02	5.99	99.77	85	33
CPT8-2-7	84.40	0.27	10.80	0.19	0.01	0.02	0.07	0.22	0.06	0.02	3.53	99.59	75	33

Ig., Ignition; WN, Whiteness; SK, Refractoriness

찰을 하였다. XRD 분석 결과에 의하면 카올린 광체의 구성광물은 등급별로 보았을 때 "A" 등급(고품위)은 거의 순수한 카올리나이트였으며, "B" 등급(중품위)은 카

올리나이트 이외에 석영이 존재하였으나 카올리나이트 가 석영보다는 많은 것으로 나타났다.

"C" 등급(저품위)은 역시 중품위 광체와 광물조성 차

이는 없으나 석영의 양이 증가한 것으로 나타났고, 광체의 상부 및 하부에 존재하는 사질부에서는 석영의 양이 매우 많은 것으로 나타났다. 이들 등급별에 의한 XRD 분석결과는 Fig. 6과 같다.

XRD 분석결과가 재확인을 하기 위해서 0도에서 1,200도까지 DTA 분석을 실시한 결과 Fig. 7에 나타난 바와 같이 547.62°C에서 흡열반응이 일어났으며 1006.47°C에서 층간수가 빠져나가는 발열반응이 일어

나 역시 순수한 카올리나이트로 판명되었으며 카올리나이트의 결정구조를 알아보기 위해서 SEM 관찰을 한 결과 Fig. 8에서 보여주듯이 육각판상 구조로 판명되었다.

6. 결론

까뎀 지역은 카올린 광상으로 광상주변은 마이오세

Table 3. Description of the kaolin samples from Capim area, Brazil

Sample No	Area	Grade	Depth(m)	Color	Mineral(XRD)
CPT SA	CPRM	A		white	Kaolinite
CPT 4-2-1	"	B	-17.5	red violet	Kaolinite, Quartz
CPT 4-2-2	"	A	-20.0	white	Kaolinite, Quartz
CPT 4-2-3	"	C	-23.5	white gray	Kaolinite, Quartz
CPT 4-4-1	"	C	-20.0	violet white	Kaolinite, Quartz
CPT 4-4-2	"	B	-25.5	white	Kaolinite, Quartz
CPT 5-7-1	"	B?	-17.0	gray white	Kaolinite
CPT 5-7-2	"	A	-21.0	white	Kaolinite, Quartz
CPT 5-7-3	"	B	-23.0	gray white	Kaolinite, Quartz
CPT 7-7-1	"	A	-21.5	white	Kaolinite, Quartz
CPT 7-7-2	"	C	-23.8	white	Kaolinite, Quartz
CPT 7-7-3	"	B	-26.0	gray white	Kaolinite, Quartz
CPT 7-7-4	"	B	-28.5	gray white	Quartz, Kaolinite
CPT 7-7-5	"	B	-29.3	violet whit	Kaolinite, Quartz
CPT 7-7-6	"	Hard	-14.0	violet gray	Kaolinite
CPT 8-2-1	"	C	-12.0	red gray	Kaolinite, Quartz
CPT 8-2-2	"	A	-15.5	gray	Kaolinite
CPT 8-2-3	"	C	-17.5	white	Kaolinite, Quartz
CPT 8-2-4	"	B	-20.0	gray	Kaolinite, Quartz
CPT 8-2-5	"	C	-23.5	white	Kaolinite, Quartz
CPT 8-2-6	"	B	-26.5	violet	Kaolinite, Quartz
CPT 8-2-7	"	Sandy	-27.5	violet	Kaolinite, Quartz
RCC-1	RCC	B	upper	violet	Kaolinite, Quartz
RCC-2	"	A	middle	white	Kaolinite, Quartz
RCC-3	"	C	below	gray white	Kaolinite, Quartz
RCC-4	"	A	upper	violet gray	Kaolinite, Quartz

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais; RCC, Rio Capim Caolin

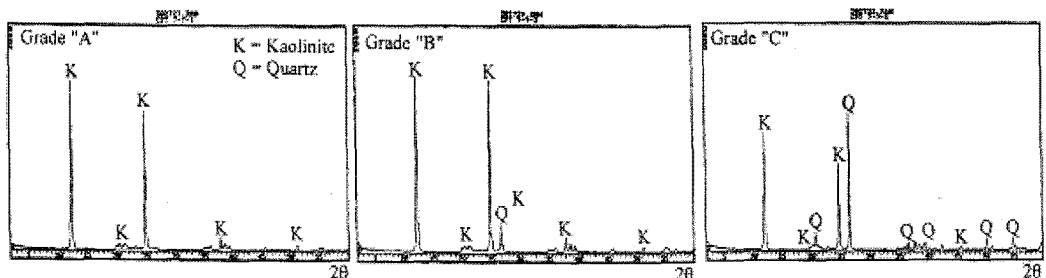


Fig. 6. XRD patterns of kaolin ore from the Capim area, Brazil.

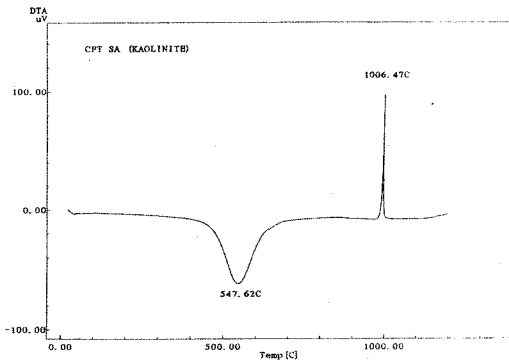


Fig. 7. DTA curve of kaolin ore from the Capim area, Brazil.

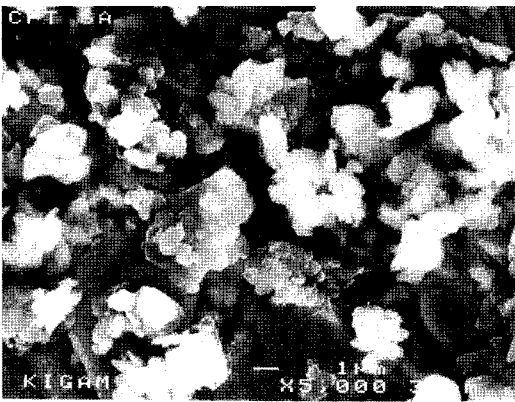


Fig. 8. SEM photograph of kaolin ore from the Capim area, Brazil.

-플라이오세 시대의 바레이라스층이 넓게 분포한다. 이 층의 평균 두께는 120 m에 달하며 주로 사암, 점토 및 미사로 구성된다. 모든 카올린층은 모래층 사이에 나타나며, 최상급의 카올린 광체는 백색 카올린으로 평균 두께가 7 m에 이른다. 이 지역의 카올린 광상에 대하여는 현재 브라질지질조사소가 광권을 갖고 있으며 현재까지 10개 광구(1광구 1,000ha) 10,000ha에 해당하는 지역으로 매장량이 566,819,164톤으로 추정되고 있으며 금년말경에 광권을 경매할 예정으로 한국기업의 참여를 강력히 희망하고 있다.

채취된 시료에 대한 실험실시험 결과를 종합하여 보면 광체를 구성하는 카올리나이트는 모두 육각판상이고 내화도(SK)가 33 이상으로 등급별로 보았을 때 "A" 등급의 광체는 순수한 카올리나이트로 백색도가 좋아서(야외에서 흰색광체) 정제를 하지 않고서도 제지용으로 적합하며, "B" 등급 이하의 광체는 석영을 제거해야만 제지용으로 적합한 것으로 사료되며, 야외에서 특히 적색을 갖는 경우는 제지용으로는 적합하지 않는 것으로 사료된다. 또한 이 광상 건너편에서 현재 가행중인 RCC 카올린 광산(Fig. 9)을 방문하여 한국기업참여 등에 대비하여 채취방법 및 광상규모를 확인하였다.

사 사

이번 연구는 당 연구원이 브라질 까뎜 지역에 대하여 지식경제부 과제인 "해외 광물자원 협력 및 기술정

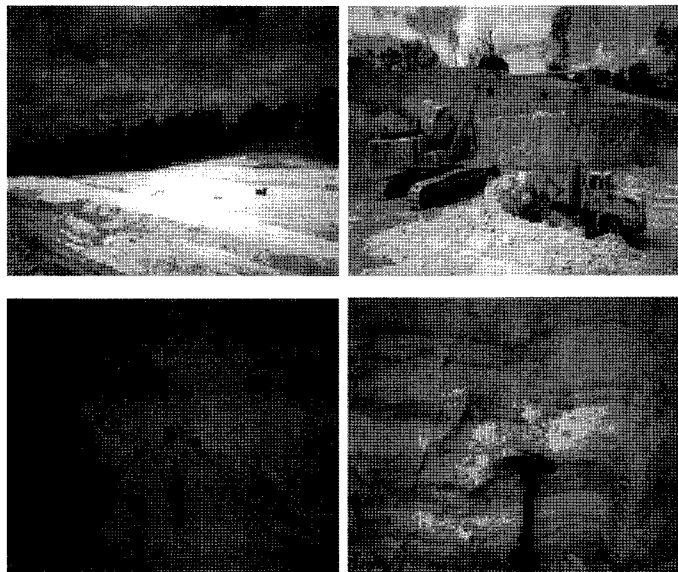


Fig. 9. Outcrop of RCC kaolin mine in Capim area, Brazil.



보 구축" 사업의 지원을 받아 수행한 연구 결과의 일부이며 연구비 지원에 감사를 드립니다.

### 참고문헌

CPRM (1972) Projeto Argila Belem. Final CPRM.  
 CPRM (1973) Kaolin Exploration in the Capim river region State of Para.  
 CPRM (1996) Kaolin Exploration in the Capim river region State of Para. Updated to 1996.  
 Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, J. (1966) Rock-Forming Minerals Vol. 3 Sheet Silicates, John Wiley

and Song Inc., p. 194-212.  
 Francisco, B.H.R. (1971) Contribuicao a Geologia da Folha de Sao Luiz, Para. Nova Serie Geologia, Belem, p. 1-39.  
 Lee JongKun (1978) Raw Materials, Daehak Kyojae Ltd., p. 29-41.  
 Molnar, A. and Almaraz, U.J.S. (1966) Reconhecimento Geologico entre as Bacias do Amazonas e Maranhao. Petrobras-Renor, Rel. Inedito n°50.  
 Sombroeck, W.G. (1962) Amazon. Soils. a reconnaissance of the soils of Brazilian Amazonas region. Wageningen: Center for Agric. Publ., 1966.

---

2008년 9월 26일 원고접수, 2008년 10월 21일 게재승인.