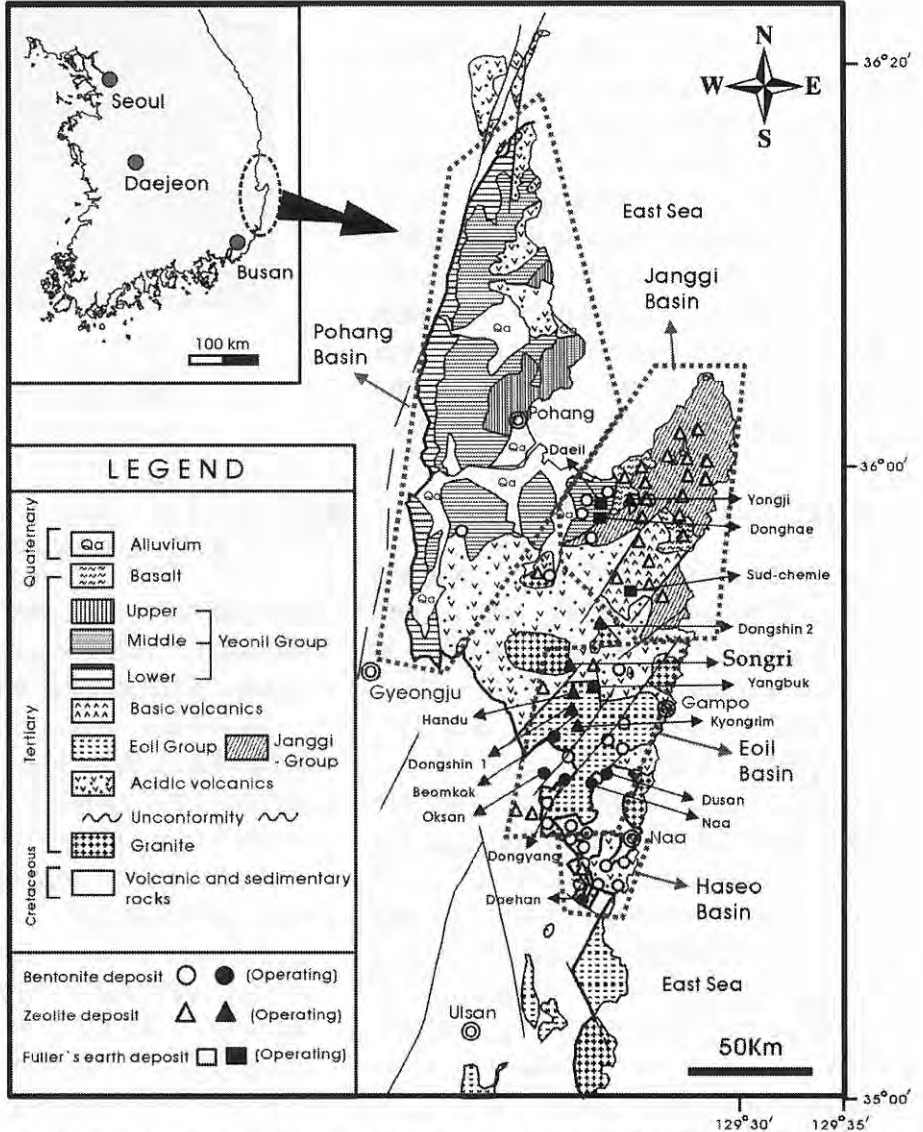


ソニン 韓国東南部, 松里ゼオライト鉱山の 地質・鉱床および加工プロセス

高 尚模¹⁾・高木 哲一²⁾・柳 長漢¹⁾・内藤 一樹²⁾・宋 閔燮¹⁾

1. はじめに

韓国東南部の浦項-慶州-蔚山地域には、日本のグリーンタフに対比される第三系堆積岩・火山岩類が分布する。それらの地層中には、しばしば中～小規模のベントナイト・酸性白土・ゼオライト鉱床が賦存し、一部で盛んに採掘されている(第1図)。本地域のベントナイト鉱床については、高木ほか(2002)にて報告したので、本報告ではゼオライト鉱床・鉱業について、本地域の代表的鉱山である松里(Songri)鉱山を例に紹介したい。なお、本研究は、粘土鉱物の成因と環境利用に関する韓日共同研究の一環として行われたものである。



第1図 韓国東南部, 浦項(Pohang)-慶州(Gyeongju)地域の第三紀堆積盆地の地質概略図およびゼオライト・ベントナイト・酸性白土鉱床の分布(高ほか, 2001).

1) 韓国地質資源研究院 鉱物資源研究室
 2) 産総研 深部地質環境研究センター

キーワード: 韓国, ゼオライト, ベントナイト, 慶尚盆地, 第三系

2. 地質概説

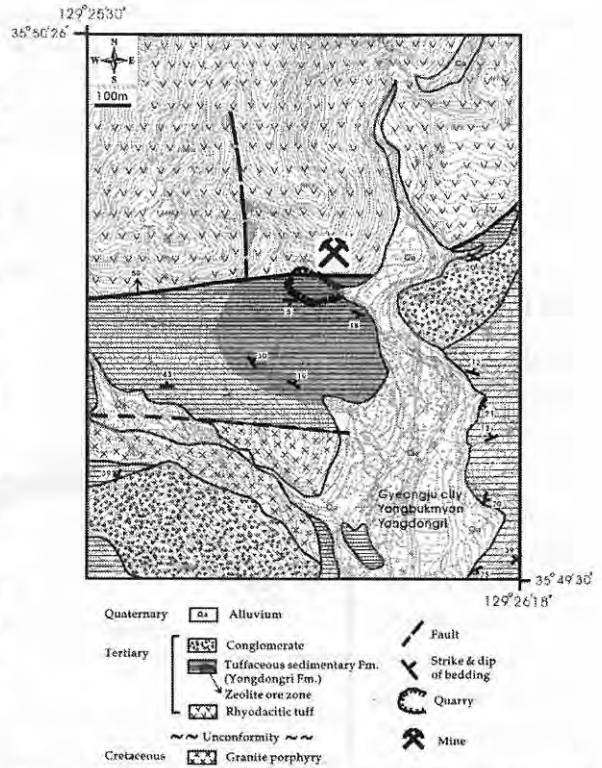
韓国東南部の第三紀堆積盆地は、北から南に向かって浦項 (Pohang) ベースン、長鬢 (Janggi) ベースン、魚日 (Eoil) ベースンおよび下西 (Haseo) ベースンに大きく区分される (第1図)。それらは、堆積岩類、火山岩類および花崗岩類で構成されており、長鬢層群と魚日層群の堆積岩 (主に火砕岩類) 中に、ベントナイト、ゼオライト、酸性白土および珪藻土鉱床が豊富に胚胎されている。特に、ベントナイト、ゼオライトおよび酸性白土鉱床は、浦項ベースンを除く各ベースンに賦存しており、今日まで継続的に開発されてきた。これらの鉱床賦存地域は、北から南に向かって浦項延日-九龍浦地域、浦項長鬢地域、慶州陽北-陽南地域の3つに区分されている。これまで鉱山開発は、北部の浦項延日-九龍浦地域と浦項長鬢地域で集中的に行われてきたが、それらの地域の鉱量の枯渇により、近年は中～南部の慶州陽北-陽南地域に開発の中心が移りつつある。

3. 松里鉱山の沿革

松里 (韓国語でソンニと発音) 鉱山は、韓国東南部、慶尚北道慶州市陽北面龍洞里に位置し、1979年に韓国最初のゼオライト鉱山 (興農ゼオライト鉱山) として開発が開始され、以来20年以上にわたり継続的に稼働されてきた。本鉱山は、開発当初、朝鮮肥料 (株) により経営されていたが、1989年に新陽有機化学 (株) に引き継がれた。その後、2000年に現社長の金五顯氏が松里鉱業 (株) として本鉱山の経営を引き継ぎ、松里鉱山と改名した。本鉱山は月産10,000トンの生産能力を有するが、韓国内のゼオライトの需給状況から、現在の生産量は粉末製品として年間約20,000トン、造粒製品として年間約6,000トン程度である。製品は、主に苗床用として Biomedica (株) に、また農薬キャリアとして韓国農薬 (株) に出荷されている。

4. 鉱床周辺の地質

松里鉱山は魚日ベースンの西縁部に位置しており (第1図)、その周囲には白亜紀花崗斑岩類と第三紀流紋デイサイト質凝灰岩および凝灰質堆積岩



第2図 松里ゼオライト鉱床周辺の地質図 (崔ほか, 1988を元に、筆者らの野外調査結果を加えて作成したもの)。

類が分布する (第2図)。花崗斑岩は慶尚系 (日本の関門層群に一部対比される) に属し、頁岩と共に本地域の基盤岩類を構成する。乳白色～淡灰色または灰色を呈し、斑晶は主に長石・石英からなり、黒雲母斑晶を含むことがある。石基は微細な石英、長石類およびガラス質部で構成される。

流紋デイサイト質凝灰岩は松里鉱山地域の主に北側に分布しており、南側の凝灰質堆積岩類とは断層で接する (第2図)。この凝灰岩は、暗灰色の溶結凝灰岩を主体とし、石英、長石、黒雲母などの結晶片、慶尚系頁岩、花崗岩などの異質岩片および本質レンズを多量に含む。SiO₂含有量は68～70wt%を示す (李ほか, 1995)。また、本凝灰岩に含まれるアパタイトから25.2±5.9Maのフィッシュトラック年代が報告されていることから (陳ほか, 1988)、始新世に堆積したものと考えられている。

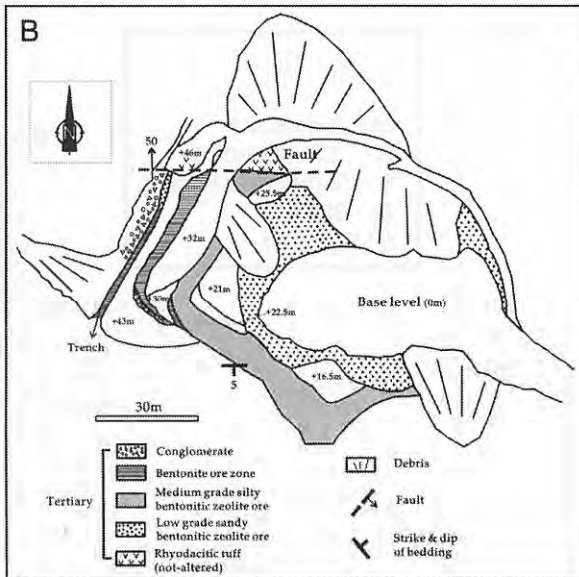
凝灰質堆積岩類は、龍洞里 (Yongdongri) 層群中の龍洞里凝灰岩層 (崔ほか, 1988) に属する。淡黄色、淡灰色～灰色または乳白色を呈し、層理が良く発達した凝灰質シルト岩、細粒凝灰岩、凝灰



第3図 ゼオライト鉱体が賦存する龍洞里凝灰岩層と上位の礫岩層。A: 龍洞里凝灰岩層と礫岩層との境界。両層は正断層関係にある。B: 礫岩層の産状。C: 層理がよく発達したゼオライト化した凝灰質泥岩およびシルト岩。



第4図 A: 松里鉱山露天採掘場の全景。B: 鉱床平面図(筆者らがクリノメーターと距離計を用いて作成したもの)。Aの写真は、図の右端から左上側に向かって撮影したもの。



質砂岩および凝灰質礫岩から構成される(第3図B, C)。松里ゼオライト鉱床は、本岩類中の凝灰質シルト岩と細粒凝灰岩が強くゼオライト化したものである。凝灰質砂岩および凝灰質礫岩はゼオライト化の程度が弱く鉱床にはなっていない。

礫岩層は、凝灰質堆積岩層を整合に被覆し、第四系を除き本地域で最上位の地層である。礫は、主に慶尚系火山岩類からなり、径15cm以下で一般に円磨度が悪い(第3図B)。基質部は凝灰質砂岩からなる。

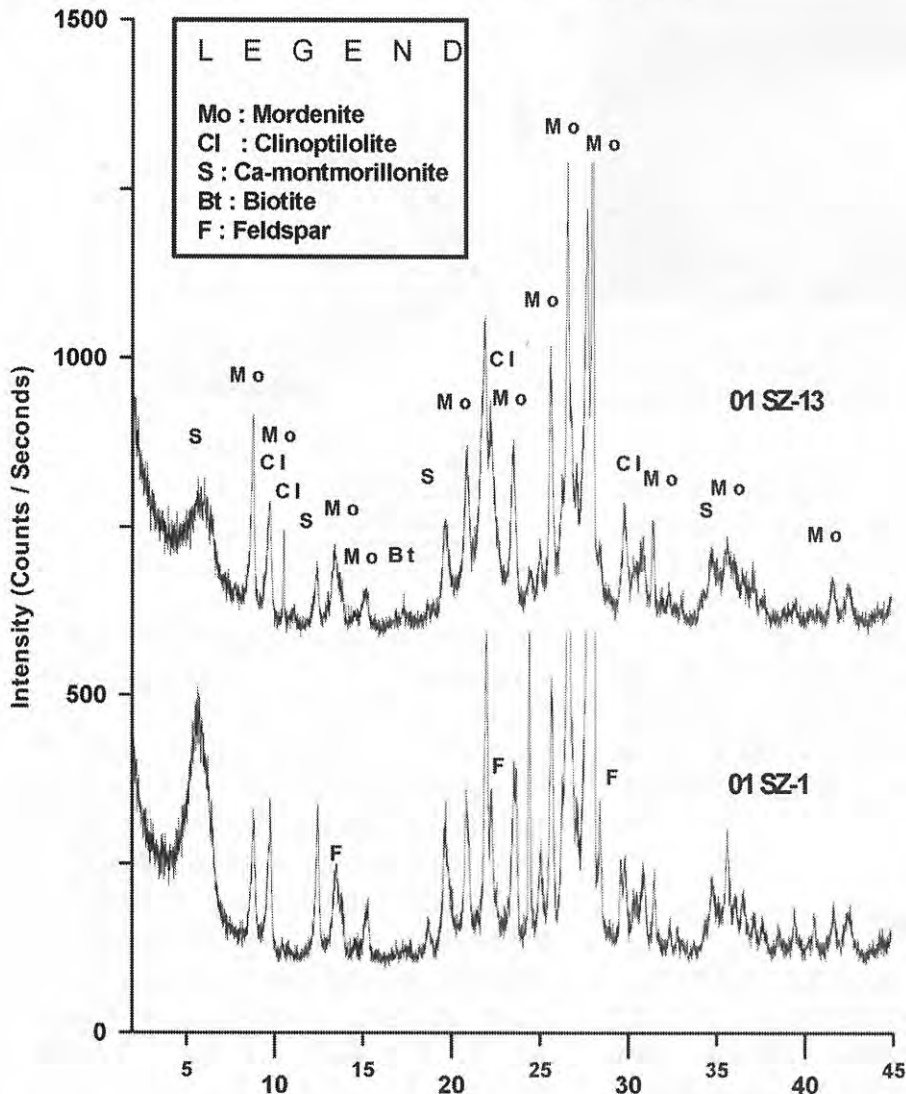
5. ゼオライト鉱床の産状

本鉱床付近のゼオライト鉱化帯は、南北約500m、東西約300mの楕円形の形態で分布しており(第2図)、露天採掘場では南北90m×東西120m×高さ50mの層状鉱体が稼行対象となっている(第4図A, B)。鉱体北側では東西方向の走向・緩い南傾斜を示すが、鉱体南側では北西方向の走向・北東方向の傾斜を示し、鉱体内で向斜構造が確認される(第2図)。鉱体の上・下部は低品位の砂質ゼオラ

イトで構成され、鉱体中央部は中品位の細粒ゼオライトで構成される。ゼオライト層上部には暗灰色のベントナイト層を挟在することから、ゼオライトないしスメクタイトの形成条件が層理に支配されていたことが示唆される(第4図B)。露天採掘場より産出する鉱石は、細粒緻密で淡灰色～乳白色を呈する(第5図A)。部分的に非変質の砂岩層を挟在することがある(第5図C)。鉱体は、採掘場より南西側200m地点まで延びていることが確認されている(第5図B)。鉱石の風化面にはconcoidal cleavageがしばしば観察される(第5図A)。これらの産状より、本ゼオライト鉱床は、母岩の凝灰質砂岩および泥岩が続成作用を被ることにより形成されたものと判断される。鉱体は、北縁部が東西方向の断層により切られているので、筆者らは鉱山側に、今後南西側の鉱体延長部に向かって採掘を推進することを提案している。



第5図 松里鉱山におけるゼオライトの産状. A: 露天採掘場でのゼオライト露頭. B: 露天採掘場より南西側200m地点における鉱体延長部の露頭. C: 非変質砂岩とゼオライトとの互層.



第6図 代表的ゼオライト鉱石のX線回折パターン.

6. ゼオライト鉱石の特性

本鉱床から産するゼオライト鉱石は、乳白色～淡灰色で細粒緻密な組織を呈し、全体に均質であ

る。代表的鉱石のX線回折分析の結果、本鉱床のゼオライト鉱石は、クリノプチロライトとモルデナイトを含む。また、スメクタイト(Ca-モンモリロナイト)を常に伴うことからベントナイト質ゼオライトとも言う



第7図 松里鉱山におけるゼオライト鉱石の加工プロセス、各写真の説明は本文を参照。

ことができる。その他、石英、長石類および黒雲母を副成分鉱物として含む(第6図)。酢酸アンモニウムを用いて測定した陽イオン交換容量(CEC)は80~90meq/100g(cmol/kg)を示す。

7. 加工プロセス

松里鉱山におけるゼオライト鉱石の加工プロセスは、以下に示すAからLの12段階からなる。その様子を第7図に示した。

- A) 鉱山より採鉱された鉱石を工場内にストック
- B) ホッパーに鉱石を投入

- C) ジョークラッシャーで1次粉碎(粗粉碎)
- D) ハンマークラッシャーで2次粉碎
- E) ベルトコンベヤーで鉱石を乾燥機に移動
- F) ロータリードライヤー(直径1.8m、長さ20m)を用い、400~500℃で約15~20分間乾燥。回転速度は湿度によって調節する。
- G) 乾燥済みの鉱石はベルトコンベヤーにて冷却機に移動
- H) ロータリークーラーで冷却
- I) 冷却済み鉱石はベルトコンベヤーで3次粉碎機に移動
- J) ハンマークラッシャーで3次粉碎(微粉碎)

- K) 粉碎済み鉍石は、粒度別にスクリーナーで分離し、サイロに運搬・貯蔵
L) 包装・出荷

8. まとめ

松里ゼオライト鉍床の特徴は、以下のように要約される。

- 1) 松里ゼオライト鉍床は、第三紀凝灰質堆積岩（龍洞里層群）の一部が続成作用を受けて形成された続成変質鉍床である。
- 2) 鉍体は、南北約500m、東西約300mの楕円形の形態を示す。
- 3) 鉍石には、ゼオライト鉍物としてクリノプチロライトとモルデナイトが含まれる。また、Ca-モンモリロナイトが常に伴われるベントナイト質ゼオライトの性質を示す。
- 4) 陽イオン交換容量は80～90meq/100gを示し、中品位の鉍石が主体であるが、全体に均質な品位を持つ特徴がある。

本鉍山のゼオライト鉍石は、ベントナイトを混合するやや特殊なゼオライトであり、適度な粘性・膨潤性があることから農業用に適した性質を持つ。前述のように、本鉍山・工場は年間100,000トン以上の生産が可能であるが、韓国国内のゼオライトの

需要が限られていることから、生産能力には十分な余裕がある。また、本鉍山は韓国東海岸地域に位置し海運に至便である。そこで鉍山側では、今後、日本企業との貿易および協力関係を期待している。

謝辞：本研究は韓国科学技術部による国際共同研究事業のM6-0105-00-0033課題（2001-2004年）として行われた。本調査に協力してくださった松里ゼオライト鉍山社長の金五顯氏に深く感謝する。

文 献

- 崔 瑋瓊・黄 載河・尹 旭・金 東鶴(1988)：1:25,000地質図幅報告書「魚日」。韓国動力資源研究所，42p。
陳 明植・金 星載・辛 性天(1988)：K/Ar及びfission track法による浦項-甘浦一帯火山岩類の岩石年代測定研究。同位元素地質研究。韓国動力資源研究所研究報告書，KR-87-27，51-88。
高 尚模・柳 長漢・朴 成完(2001)：第三紀層に分布している原料鉍物資源の賦存特性、鉍物特性及び活用現況。第26回資源活用・素材Workshop発表論文集，159-194。
李 東鎮・高 尚模・李 亨宰(1995)：非金属鉍床総合評価研究。韓国資源研究所研究報告書，KR-95(C)-7，62-102。
高木哲一・高 尚模・内藤一樹・朴 成完(2002)：韓国のベントナイト鉍工業。地質ニュース，no.569，31-37。

KOH Sang-Mo, TAKAGI Tetsuichi, YOO Jang-Han, NAITO Kazuki and SONG Min-Sub (2003)：Geology, mineralization, and manufacturing processes of the Song-ri zeolite mine, southeastern Korea.

<受付：2003年8月19日>