

동양 벤토나이트광상(감포지적 56호)에 대하여

유장한* · 이동진

한국자원연구소 지질연구부

1. 위치, 지형 및 지질

경상북도 월성군 양북면 죽전리에 소재한 동양 벤토나이트광산은 우리나라에서 아주 젊은 층에 속하는 제삼기 지층들이 분포한 포항분지내에 양북과 양남면이 만나는 다소 험난한 경계부에 위치한다(Fig. 1).

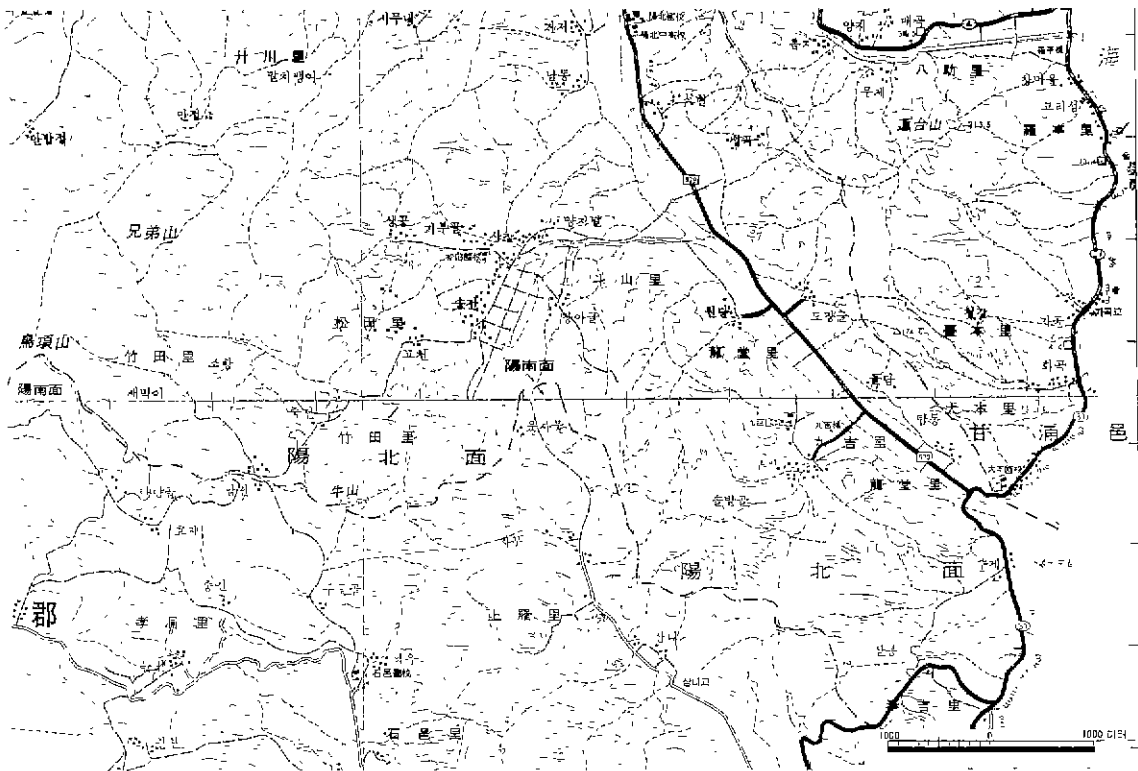


Fig. 20. Topographic map of the survey area.

지형조건은 주변 2-3km 이내에 화산암류로 형성된 형제산, 조항산 및 우산 외에도 해발고도는 과히 높지 않으나 계곡이 좁고 험난한 경사면 및 절벽 등을 발달시키고 있는 유년기에 속하는 지형이 특징적이다. 반면에 고화도가 낮아 상대적으로 풍화에 약한 제삼기말 퇴적암류는 낮은 완만한 지형을 형성하고 있다. 산세는 크게 경상남북도 경계부 북쪽에 위치한 삼태봉에서 불국사의 토함산까지 남북 내지 북북서방향으로 발달되고 있으나, 소규모로는 북서방향의 산세가 우세한 편이며, 이는 양산대단층 등에 수반된 소규모 계단단층에 기인한 것이라고 할 수 있겠다. 서

천과 나아천 등 다소 큰 규모의 수계 역시 북서방향¹⁾이 우세하며, 단층에 의해 규제된 것으로 추정된다.

광산주변의 지질에 대한 설명은 다음과 같다.

1-1. 백악기 암석류

동양광산 및 죽전리 부근지역에서 확인되는 최하부층으로서 중생대 경상계의 하양층군 중 상위층군에 해당하는 층으로 알려져 있다. 광산 채굴적 정남쪽 200여 미터 떨어진 골짜기 하천바닥에서 연장 100여 미터, 폭 10미터 내외의 혼펠스화한 치밀 견고한 청녹색 세일층이 비교적 양호한 층리를 나타내며 소규모로 확인되고 있다.

1-2. 제삼기 암석류

(1) 효동리 화산암류

제삼기 하부 마이오세의 장기층군에 속하는 효동리 화산암류는 광산부근에서 송전리층에 의해 피복되거나, 단층으로 접촉하기도 하며, 산성, 중성 등 여러 종류의 관입 및 분출 화산암류가 나타난다. 기반암인 경상계 퇴적암의 상위에 오며 각력질 응회암, 라펠리 응회암 등 다양한 Tuffite들이 산출된다.

채굴적 남서부 200-300미터 이내 골짜기 및 2-3부 능선에서는 다소 양호한 원마도를 가지는 block 크기 이상의 응회암 역들과 응회암 석기로 구성된 agglomerate가 확인되어 이들의 퇴적이 화산 분화구에서 멀지 않았음을 보여준다. 상기 agglomerate의 역 및 석기는 다같이 화산화(2mm이내)로 구성되나 색깔의 차이에 의해서 역과 석기가 명확하게 구분되고 있다. 채굴적 및 일부지역에서 층후 1미터 내외의 유백 내지 담홍색 라펠리 응회암층 2-3매가 양호한 층리를 가지고 효동리 화산암류의 중간정도 위치에서 확인되기도 한다. 이들 응회암류 사이에 벤토나이트 광체가 배태되고 있다.

안산암류는 벤토나이트 광체를 덮거나 관입한 양상을 나타내고 있으며, 석영 및 장석립에 의한 반상조직을 가지는 유상구조를 나타내거나, 부분적으로는 치밀 견고한 암녹색의 괴상암체로 나타나기도 한다. 부분적으로는 관입, 분출 후 생긴 냉각과 수축에 의한 절리에 의해 다소 얇게 판상으로 쪼개지는 특성을 가지기도 하며, 표면부는 산화철에 의해 옅은 적갈색을 주로 나타낸다.

(2) 송전리층

제삼기말 상부 마이오세에 속하는 천북역암(입암, 1925)에 대비된다. 전술한 지층들을 부정합으로 피복하는 제삼기층들 중 최상위에 해당하는 층으로서 광산의 서부 지역(대수마을 및 죽전 저수지 부근)에 넓게 분포하고 있으며, 화산암류와는 단층접촉을 하고 있다. 하부에 역암대, 중부에 사암 및 니질암대, 그리고 상부 역암대로 이루어지며, 송전리층 내에서도 특히 고화도가 낮은 편이다.

대체적으로 층리가 불량하나, 일부 역암 및 사암대에서 층리가 미약하게 나타나기도 하며, 니질암이 사암류에 비해 상위에서 확인되고 있다. 본층의 기저에는 직경이 30-40cm이상의 원마도가 다소 양호한 역들을 포함하는 기저역암이 포함되며, 역들은 주로 유문암, 화강암, 중생대 셰일류, 현무암 및 안산암류로 되어있으며 역 사이를 채우는 물질은 화산기원 물질이 우세하다.

대수마을 북서쪽 능선등을 따라 분포되는 니질암에서는 해성층 화석인 *Vicarya* 등 연체동물 화석류가 흔하게 확인되고 있다.

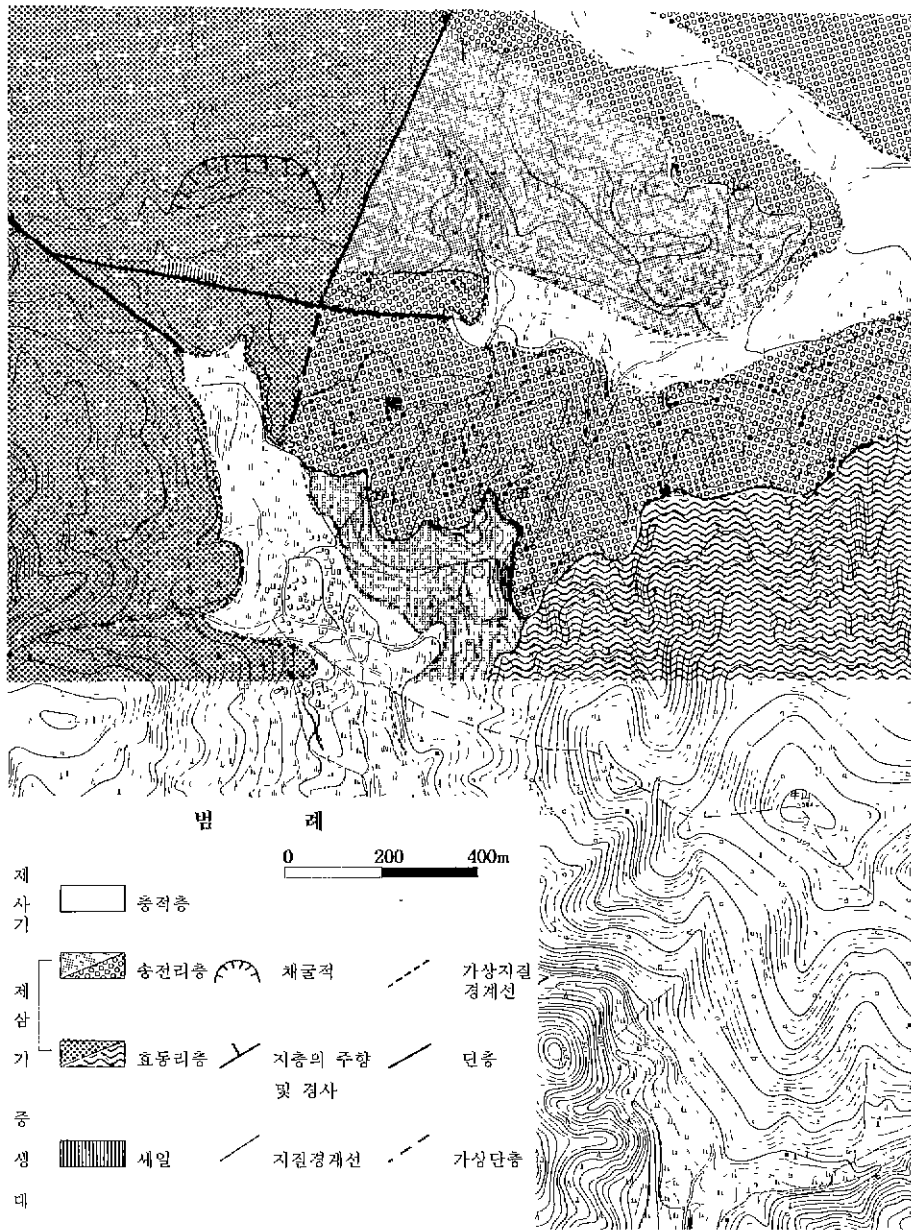


Fig. 2. Geologic map of the survey area.

이밖에 남전마을 남쪽과 우산(해발 384.5m)의 서쪽 끝이 만나 효동리로 연결되는 비포장 소로 옆에 비교적 양호한 층리와 함께 고화가 다소 진행된 분급이 좋지 않은 응회암질 사암 및 라필리 응회암류가 확인된다. 이들 중 상부를 점하는 폭 1.5-2m의 응회질 사암은 1cm내외의 엽리구조가 반복퇴적된 부분이 30-40cm정도 나타나기도 한다. 이들은 고화도 및 층리 등의 산상으로 미루어 송전리층보다는 오랜 지층임을 알 수 있으며, 어일도폭의 호암리층(최위찬외, 1988)에 대비될 수 있겠으나 불확실하다(Fig. 2).

이 지역의 지층 및 층서는 여러 연구(김옥준외 3인, 1971 ; 김봉균외 2인, 1975)에서 논의한바 있으며, 아래와 같이 세 연구의 층서를 간략하게 인용하였다(표 1).

표 1. 제삼기 어일분지 층서대비 (최위찬외, 1988)

延日-朝陽圖幅(1:50,000) (1924)	魚日圖幅	尹 鈺 (1986)
延日玄武岩	延日玄武岩	延日玄武岩
川北礫岩	松田里層	松田里層 典洞層
凡谷里安山岩 및 凝灰岩	虎岩里層	孝洞里火山岩
葛坪洞 角礫岩	安山岩質凝灰岩 및 凝灰質 礫岩	獐項層
龍洞里 凝灰岩	礫岩層	安洞里礫岩
安洞里 礫岩	龍洞里凝灰岩	臥邑里凝灰岩
臥邑里安山岩質凝灰岩	安洞里礫岩	
魚日層 및 魚日玄武岩	臥邑里凝灰岩	
孝洞里火山岩類	분통골火山岩類 孝洞里火山岩類	
甘浦 礫岩	魚日玄武岩 및 玄武岩質 凝灰岩	
佛國寺 岩類	甘浦 礫岩	
	凝灰岩 및 凝灰質 堆積岩	
	白堊紀基盤岩類	白堊紀基盤岩類

2. 광상 및 광물

2-1. 광상

제삼기층 내에서 벤토나이트 및 불석류가 특히 많이 분포되는 지역을 지질 및 배태층준 등의 특성에 따라 편의상 포항, 연일, 감포의 세 개 지역 혹은 영일, 감포 및 하서의 세 개 지역으로 분류하기도 한다. 동양광산은 감포지역에 속하며, 현재

국내에서 가해지는 벤토나이트광산의 대부분이 감포 및 하서지역에 밀집되어 있다. 이지역에서 벤토나이트광체를 주로 배태하는 장기층군의 효동리 화산암류는 하서리층군의 안산암과 암석학적으로 유사한 광물 및 화학조성을 가지는 것으로 보고된바 있다(1986, 문희수의 2인).

본지역에서 효동리 화산암류는 연일층군의 천북역암에 대비되는 송전리층과 단층접촉 등으로 만나고 있으며, 하부로부터 각력질 응회암류, 라필리 응회암류의 입자가 미세한 Tuffite류와 함께 괴상의 안산암 및 각력질 안산암류를 포함한다.

벤토나이트 배태층군은 화산활동지역의 특성상 단층 등의 지각변동에 의한 혼돈에 의해 판단하기 어려우나, 라필리 응회암류의 퇴적을 전후하여 생성된 것으로 추정된다. 특히, 채굴적 및 채굴적 남부 300여 미터 이내에서 확인되는 2-3매의 유백색, 담회색, 또는 담홍색을 띠는 층리가 양호한 라필리 응회암은 동양 벤토나이트광산지역에서 광체의 층서를 확립할수 있는 좋은 key bed 역할을 하고 있다. 이들 중 담홍색의 한 라필리 응회암층은 순도가 높은 pink색의 벤토나이트 암편들을 우세하게 포함하기도 하며, 이들 상부에 괴상 벤토나이트가 온다.

이와 유사한 산출상태는 이미 나아, 자룻, 두산 등 삼개 광산이 동일 단층선상 등 유사한 지질조건하에서 벤토나이트광산이 형성된 것으로 언급된바 있다(황진연외 1인, 1992).

동양 벤토나이트광산에서 비교적 양질을 나타내는 광체는 대체적으로 lapilli 크기의 흑색 안산암류 암편을 많이 포함하는 라필리 응회암의 특성을 나타내며, 외관상 층리 및 방향성을 나타내지 않는 괴상광체이다. 이는 인접한 나아광산(감포지적 46호)과 두산광산(감포지적 35호)에서도 거의 비슷하게 나타남을 볼 수 있다. 현재, 새로운 채굴적에서 작업을 하고 있는 나아광산은 안산암설을 포함하는 벤토나이트가 채굴적 상부에 나타난 것을 확인하였으며, 두산광산의 경우에는 일부 채굴적에 안산암설 포함 벤토나이트가 잔존해 있는 상태이다. 이들을 실험실에서 비이커에 물을 넣고 모래크기 이상의 입자들을 제거하면 비교적 양질의 벤토나이트를 얻을 수 있으나, 현재의 벤토나이트 가공 조건에서 암설 제거에 어려움이 있기 때문에 상품성에 문제점이 있는 현실이다.

그밖에 층리가 양호한 라필리 응회암류도 몬모릴로나이트를 다량 함유하고 있으나, 불순광물로서 다량의 불석광물류를 포함한다.

2-2. 광물

광물감정을 위한 X-선 회절분석에 의하면 안산암설을 포함하는 괴상 벤토나이트(YI-56-5)에서 모래크기 입자이상을 제거한 실트입도의 시료에서는 주구성광물인 몬모릴로나이트 외에 불순광물로 크리스토팔라이트, 사장석류, 석영 등과 함께 소량의 운모류 및 불석류가 확인된다 (Fig. 3).

층상의 라필리 응회암류(YI-56-4)에서는 다소 떨어지는 결정도의 몬모릴로나이트 피크와 함께 불순광물로서 불석류, 크리스토팔라이트, 석영, 사장석류 및 소량의 운

모류를 포함한다. 층상 응회암류 시료는 특히 휘란다이트와 크리네텔로라이트 등 불석광물류를 다량 포함하며, 감포 및 하서지역의 소위 제올라이트질 벤토나이트의 특성을 나타낸다(노진환외 1인, 1985 ; 문희수외 2인, 1986).

동양광산주변에서 산출되는 벤토나이트는 국내에서 흔히 확인되는 것과 유사한 Ca-형 벤토나이트이다.

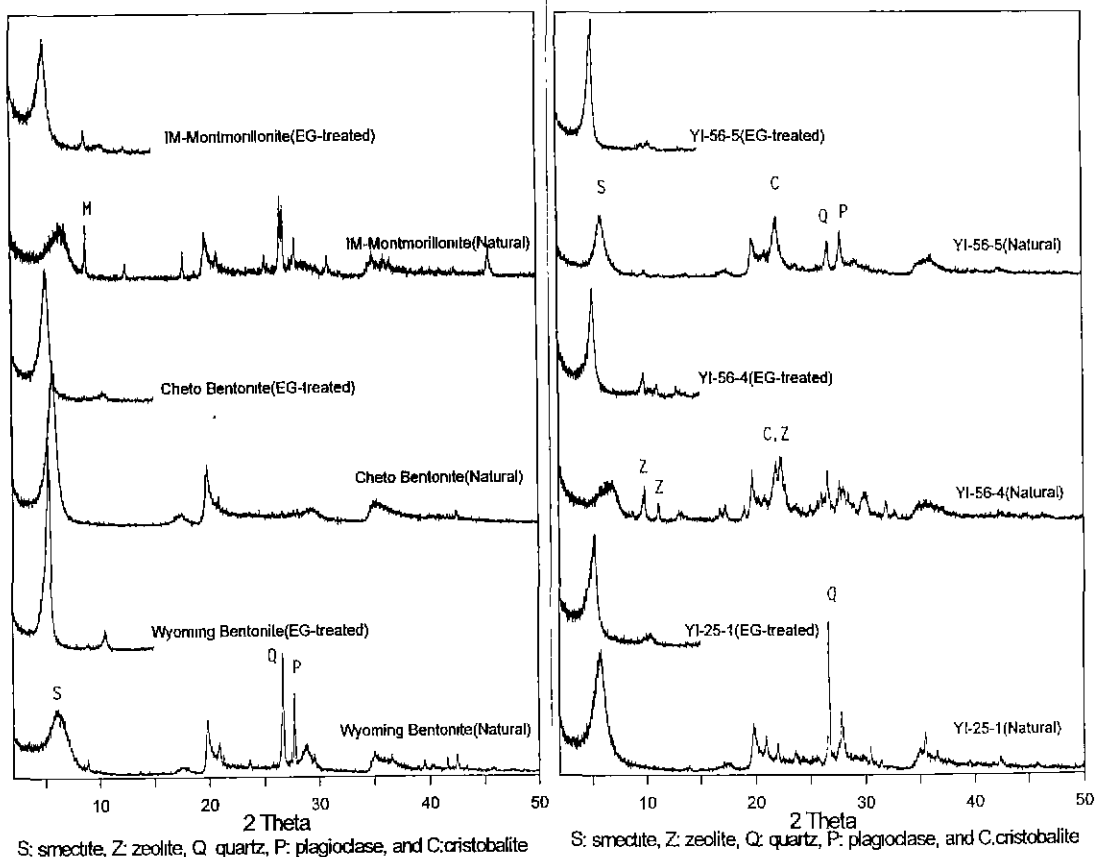


Fig. 3. XRD traces of some bentonite samples caught in the Dongyang mine and other representative ones.

3. 성인 및 고찰

우리나라 제삼기층의 화산쇄설성 퇴적암류는 비알카리 계열의 화산활동 (calc-alkaline volcanism)의 분화산물이며, 벤토나이트 및 제올라이트의 생성은 주로 원암의 조성에 규제되는 속성변질에 의한 것으로 알려져 있다(Noh, 1984 ; 노진환, 2000).

그러므로, 국내 벤토나이트광상들은 채굴장마다 원암의 종류 등 여러 가지 규제 조건에 따라 원광의 품위가 다양하게 나타나는 것을 볼 수 있다.

동양 벤토나이트광산은 인접한 나아, 두산 및 자룻광산과 함께 백악기 퇴적암층과

효동리 화산암류와의 단층 접촉부에 배태되어 있으며, 모암으로 각력질 응회암, 라펠리 응회암 및 미세 응회암류 등이 혼재되어 있으며, 광체 역시 라펠리 응회암류의 양상을 나타내고 있다.

반면에, 동양광산 북서쪽에 위치한 옥산광산(감포지적 65호)은 라펠리 응회암류는 소규모로 관찰되고 있으며, 벤토나이트광체의 색상이 담녹색이나 진갈색을 나타내기도 하여 담회색 내지 우백색을 주로 보이는 부근 벤토나이트와는 근원지 등에서 차이가 있음을 암시한다.

현재, 감포지역에서 가행되는 벤토나이트광상의 대부분은 높은 산의 중턱이상에서 확인되고 있으며, 대부분의 광산에서 광체 상부를 덮는 얇은 담저색(pale purple) 응회암층(동양 및 나아광산 등)과 이를 덮는 분출 안산암류가 확인되고 있다. 이러한 특징들이 광상의 성인과 일련의 관계를 가질 수 있다고 추정한다.

벤토나이트광체의 모암이 되는 라펠리 응회암류 및 유리질 응회암류가 수 차례 퇴적되고 단층 등 구조선을 따라 안산암 및 현무암등 화산암류의 관입 및 분출이 있었다. 응회암류를 덮은 화산암류는 일종의 덮개(capping rock) 역할을 하여, 연약한 응회암류가 풍화침식에 의해 삭박되는 것을 막아 현세에까지 보존되도록 하였으며, 구조선 등 약대를 따라 상승하는 지열 등의 유출을 막아 속성작용이 지속적으로 일어나도록 보호막 역할을 했을 것으로 추정된다.

일부 광산의 광체 상부에서 확인되는 엷은 저색 응회암류는 화산회가 포함하는 특징적인 trace elements에 의할 수도 있겠지만, 안산암류가 흔히 포함하는 철분의 leaching 등에 의해 변색된 것일 수도 있겠다.

참고 문헌

- 노진환, 오성진(1994) 양남지역 제삼기층에 분포하는 벤토나이트의 지구화학 및 광물 생성관계. 한국광물학회지, 제7권, 제2호, p. 111-127.
- 노진환(2000) 광물학적 지식기반 산업으로서 벤토나이트의 개발과 응용. 광물과 산업, 제13권, 제1호, p. 1-17.
- 문희수, 유장한, 김종환(1986) 삼기층 분포지역의 벤토나이트 및 불석광상에 대한 광물·광상학적연구. 한국동력자원연구보고서, KR-86-8, p. 73.
- 최위찬, 황재하, 윤옥, 김동학(1988)(1988) 지질도폭보고서, 어일(1 : 25,000), 한국동력자원연구소, p. 42.
- 황진연, 박성완(1992) 경북 양남지역 벤토나이트광상의 성인적 고찰. 지질학회지, 제28권, 제4호, p. 392-402.