

## 몽골의 희토류 자원과 무쉬가이 후닥 광상

### Rare Earth Elements Resources and Mushgai Khudag Deposit in Mongolia

유 봉 철 (Bong Chul Yoo) · 고 상 모 (Sang-Mo Koh)\*

한국지질자원연구원 광물자원연구본부

(Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea)

#### 서 언

세계는 지금 자원 전쟁이라 해도 지나치지 않을 정도로 자원 확보 경쟁이 치열하게 진행되고 있다. 이미 자원 안보, 자원 민족주의라는 단어가 낯설지 않은 시대에 접어들었다고 할 수 있다. 특히 최근 들어 중국과 일본 간의 영토분쟁(센카쿠)으로 촉발됐던 희토류(rare earth elements, REE) 분쟁을 생각하지 않을 수 없다. 중국은 전 세계 희토류시장의 97% 이상을 차지하고 있으며, 일본과의 영토분쟁 후 중국 정부는 2011년부터 희토류 수출쿼터의 감축을 발표하여 우리나라와 일본과 같은 소비국을 긴장시키고 있다. 중국은 희토류와 더불어 희유금속 10종(텅스텐, 안티모니, 몰리브덴, 주석, 인듐, 게르마늄, 갈륨, 탄탈륨, 지르코늄)에 대한 전략적 비축안을 검토하고 있는 실정이다. 이런 일련의 중국 행보가 미래를 대비하여 보유 자원을 무기화하려는 의도로 해석하는 국가들도 있다. 따라서 많은 선진국들은 이들 희유금속자원의 안정적인 확보를 위하여 고위급 회담 등을 통하여 협의기구를 설치하고 있는 실정이며, 자국 내 희토류광산의 개발 및 공급 다각화에 많은 노력을 경주하고 있다.

우리나라에서는 2009년 이래 희토류를 포함한 희유금속 종합대책을 마련하여 국내뿐만 아니라 해외 자원탐사 및 투자사업 진출이 증가하고 있는 실정이다. 정부 정책에 의해 희토류 자원을 6대 전략

광종 및 10대 전략 희유금속종에 포함시켜 향후 자원 확보를 위한 정책 마련에 부심하고 있다.

이러한 배경에서 필자들은 작년 1년간 몽골 희토류 광상에 대한 기초탐사를 수행하여 자원의 잠재적 가치를 평가하고 개발을 위한 지질광상학적 자료를 축적하고 있다. 따라서 이 연구에서는 몽골 희토류 광상의 개략적 소개와 더불어 몽골 남부 지역의 무쉬가이 후닥(Mushgai Khudag) 희토류 광상에 대한 조사결과를 소개하고자 한다.

#### 몽골 희토류 광상

몽골의 희토류 자원은 개발되지 않은 광상, 산출지, 광화점으로 구분된다. 현재 몽골 내 희토류 자원은 5개 광상, 71개 산출지, 260개 광화점이 있는 것으로 보고하고 있다(Garamjav and Jargalan, 2009). 이들 희토류 자원은 그림 1에서 보는 것과 같이 남동부, 동부, 북서부에 밀집되어 분포된다.

몽골의 희토류 광화대는 크게 Tuwa-Hubsugul 광화대, 중앙 몽골의 외곽 광화대, 남부 몽골 광화대로 분류된다(그림 1). Tuwa-Hubsugul 광화대는 몽골의 북서부에 해당되며 다시 Deluun-Altan Khokhii 소광화대와 Uran Khem-Alag Erdene 소광화대로 세분된다. Tuwa-Hubsugul 광화대는 주로 알카리 화강암, 네펠린 섬강암 또는 다른 알카리 복합체와 관련하여 희토류 광화작용이 수반된다. 중앙 몽골의 외곽 광화대는 몽골의 중앙부에 해당되며 다시 North Khangai-Selenge 소광화대, Sharga-Gobi

\*교신저자: kohsm@kigam.re.kr

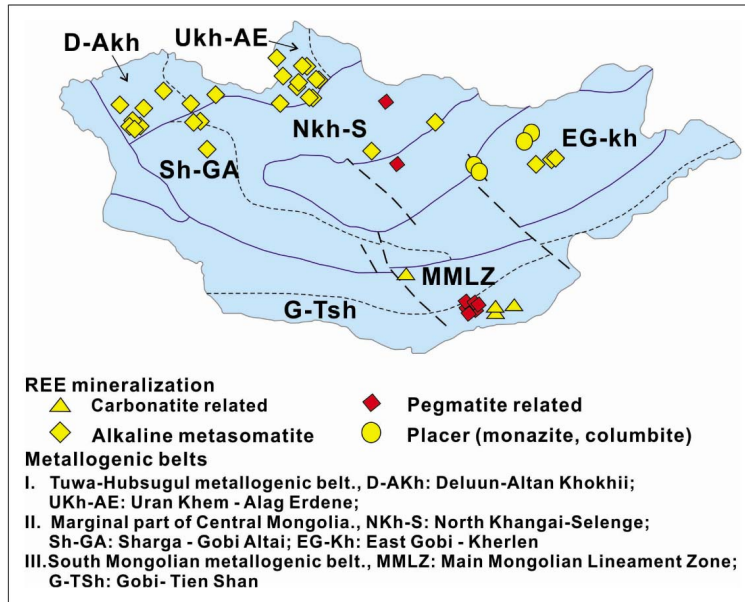


Fig. 1. Metallogenic map of REE deposits in Mongolia (Garamjav and Jargalan, 2009).

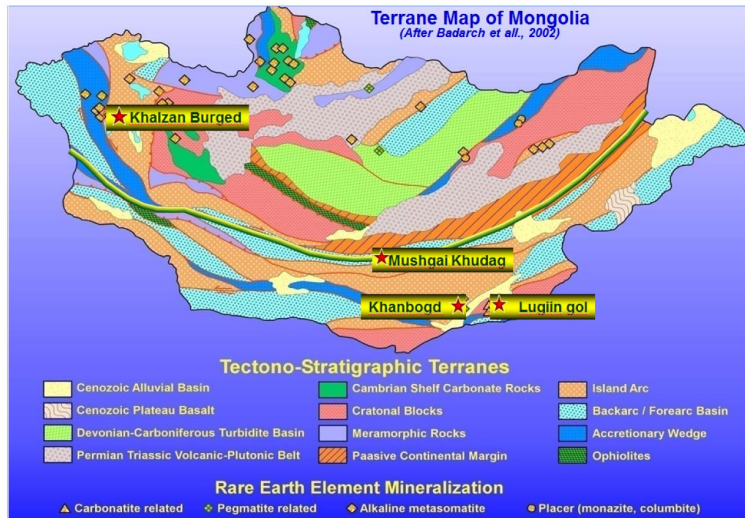


Fig. 2. Distribution of different types of REE deposits in Mongolia (Jargalan, 2010).

Altai 소광화대, East Gobi-Kherlen 소광화대로 세분된다. 남부 몽골 광화대는 몽골의 남부지역에 해당되며 다시 Main Mongolian Lineament 소광화대 및 Gobi-Tein Sahn 소광화대로 세분된다(그림 1).

몽골 내 희토류 광상의 유형은 여러 학자들 간에 견해가 다르나, 크게 4가지 유형으로 분류되며 이는 카보너타이트 관련 희토류 광상, 알카리 관입암

관련 희토류 광상, 페그마타이트 관련 희토류 광상 및 사광상이며, 대부분이 알카리 관입암 관련 희토류 광상으로 산출된다(그림 2). 몽골의 대표적인 희토류 광상은 그림 2에서 보는 것과 같이 북서부에 위치한 Khalzan Burged 광상(알카리 관입암 관련 희토류 광상), 남부의 Mushgai Khudag 광상(카보너타이트 관련 희토류 광상), Khanbogd 광상(페그마

**Table 1.** Classification and mineral assemblage of rare earth elements deposits in the Mongolia (Garamjav and Jargalan, 2009)

Ore types	Geology	Main mineral assemblage	Examples
I Alkaline granite related REE	Rare metal bearing pegmatoid granite	Columbite-pyrochlore-zircon-elpidite-fluorite	Khalzan buregtei, Uran Khem etc.
	Rare metal bearing albitite	Pyrochlore-columbite-zircon-xenotime	Ulaan tolgoi, Khadan kharuul etc.
	Rare metal bearing pegmatite	Zircon-pyrochlore-elpidite-armstrongite	North Khiid, Argal
	Rare metal bearing pegmatite metasomatite	Zircon-fergusonite-columbite-pyrochlore-chevkenite	Tsahir khudag
II Alkaline syenite and nephelinite related REE	Alkaline syenite, nepheline syenite	Cyrtolite-pyrochlore-eudialyte-fluorite	Khondlon, Maikhanth etc.
	Rare metal bearing alkaline syenite, nephelinite and albitite	Zircon-columbite (zircon-xenotime-gagarinite)	Yarkhis, Shar tolgoi etc.
III Carbonatite related REE	Rare metal bearing carbonatite (pluton)	Synchisite-bastnaesite-magnetite-fluorite	Lugiin Gol, Olgii etc.
	Rare metal bearing carbonatite (volcan-pluton)	Bastnaesite-fluorite-apatite-magnetite	Mushgai khudag, Khotgor etc.
		Celestite-barite-fluorite-rare earth	Bayankhoshuu, Mushgai-2 etc.
IV Adsorption (uranium) type REE	Sediment hosted rare earth and uranium	Rare earth-uranospinite	Kharaat, Khavtsal etc.
		Rare earth-nasturan-coffinite	Narst, Dorvoljin etc.
V REE bearing placer	Placer accumulation of rare earths and rare metal	Monazite	Ar khuruut, und bayan etc.

타이트 관련 희토류 광상), Lugiin Gol 광상(카보너타이트 관련 희토류 광상) 등이다(Kovalenko *et al.*, 1981; Kovalenko and Yarmolyuk, 1995; Dejidmaa *et al.*, 1999; Garamjav and Jargalan, 2009).

Garamjav and Jargalan (2009)은 몽골의 희토류 광상 유형을 알카리 화강암 관련 희토류 광상, 알카리 섬장암 및 네펠린 섬장암 관련 희토류 광상, 카보너타이트 관련 희토류 광상, 우라늄 흡착형 희토류 광상, 사광상으로 세분하였다(표 1). 알카리 화강암 관련 희토류 광상은 주로 페그마타이트질 화강암, 알비타이트(albitite), 페그마타이트, 페그마타이트 교대암(metasomatite)에서 희토류 광상이 배태되며, 이 유형에서 산출하는 주된 희토류 광물은

콜럼바이트(columbite:  $Fe^{2+}Nb_2O_6$ ), 파이로크로[pyrochlore:  $Na,Ca_2Nb_2O_6(OH,F)$ ], 저어콘(zircon:  $ZrSiO_4$ ), 제노타임(xenotime:  $YPO_4$ ), 엘피다이트[elpidite:  $Na_2ZrSi_6O_{15} \cdot 3(H_2O)$ ], 퍼구소나이트(fergusonite:  $YNbO_4$ ), 암스트론자이트[armstrongite:  $CaZrSi_6O_{15} \cdot 3(H_2O)$ ], 갈럼석[allanite 또는 chevknite:  $(Ce,Ca,Y)_2(Al,Fe^{3+})_3(SiO_4)_3(OH)$ ] 등이다(표 1). 이 유형 광상들은 몽골 서부와 남부에 분포하며 대표적인 광상은 Khalzan Buregtei 광상과 Khanbogd 광상이 있다. 알카리 섬장암 및 네펠린 섬장암 관련 희토류 광상은 주로 알카리 섬장암, 네펠린 섬장암, 알비타이트에 배태되며 주된 희토류 광물은 저어콘, 콜럼바이트, 파이로크로, 모나자이트[monazite:  $(Ce,La,Nd,Th)PO_4$ ],

키르톨라이트[cyrtolite:  $Zr(SiO_4)(OH)_4$ ], 유디아라이트[eudialyte:  $Na_4(Ca,Ce)_2(Fe^{2+},Mn,Y)ZrSi_8O_{22}(OH,Cl)_2$ ], 브리솔라이트[britholite:  $(Ce,Ca,Th,La,Nd)_5(SiO_4,PO_4)_3(OH,F)$ ], 린코라이트[rincolite:  $Na(Na,Ca)_2(Ca,Ce,Y)_4(Ti,Nb,Zr)(Si_2O_7)_2(O,F)_2F_3$ ] 등이 산출된다(표 1). 이 유형 광상들은 몽골 북부에 주로 분포하고 대표적인 지역은 Ujigiin Gol 지역과 Arasan Gol 지역이다. 카보너타이트 관련 희토류 광상은 주로 카보너타이트 암체 내에 배대되며 주된 희토류 광물은 바스트너사이트[bastnaesite:  $(Ce,La)(CO_3)F$ ], 신치사이트[synchisite:  $Ca(Ce,La)(CO_3)_2F$ ], 인회석[apatite:  $Ca_5(PO_4)_3(OH,F,Cl)$ ] 등이다(표 1). 이 유형 광상은 관련암의 조성 및 산출상태에 따라 카보너타이트 및 분출 각력 조면암 관련 광상형, 함 자철석-인회석 암체 관련 광상형, 함 바스트너사이트 카보너타이트 관련 광상형으로 세분된다.

카보너타이트 관련 희토류 광상들은 후기 중생대 알카리 화산-심성암체와 관련되며 주로 판내부(intraplate) 내에서 주로 대규모 단층대나 비조산대 용기에 규제되어 산출되며 대표적인 광상 예는 Mushgai Khudag 광상과 Lugiin Gol 광상이다. 또 다른 광상들은 Bayan Khushuu 광상, Khotgor 광상, Ulgiin 광상, Tsogt Ovoo 광상 등이 있다. 우라늄 흡착형 희토류 광상은 우라늄을 함유한 퇴적암에 배대된다. 이 유형은 몽골 동부지역에서 일부 분포하며 대표적인 광상 예는 Kharaat 광상 및 Narst 광상이다(표 1). 사광상은 주로 화강암을 모암으로 하는 지역에서 산출되며 주된 광물은 모나자이트이다. 이 광상형에 해당되는 것은 Ar Khuruut-Dund Bayan 광상과 Tsagaan Chuluut 광상 뿐이다.

### 무쉬가이 후닥(Mushgai Khudag) 광상

무쉬가이 후닥 광상은 행정구역상 옴노고비(Omnogovi)주 만달오보(Mandal-Ovoo) 읍(village)의 남서쪽 32 km 근처에 위치하며, 좌표상 북위 44° 21' 28" ~ 44° 24' 08", 동경 103° 29' 07" ~ 104° 03' 09"에 해당된다(그림 2). 이 광상은 중앙 몽골의 외곽지역 광화대에 속하며 지체구조상 북부로 켈리도니언 벨트와 남부로 헤르시니아 벨트 사이의 경계선(Main Mongolian Lineament)에 위치한다(Garamjav and Jargalan, 2009). 이 광상은 1975년 발견되어 러시아 조사팀에 의해 1983~1984년, 1989~1991년 탐사가 각각 수행되어 60개공 10,825 m 시추가 수행된 바 있고, 현재 Mongol Gazar Co. Ltd.가 광업

권을 소유하고 있다.

무쉬가이 후닥 광상의 주변지질은 무쉬가이 용기대(연장 80 km, 폭 20 km)를 따라 고생대 퇴적암 및 화산암, 중생대 퇴적암 및 화산암으로 주 구성된다. 하부로부터 고생대 초기-중기 실루리아기 석회암, 이를 관입한 중기 데본기 우백질 화강암 및 현무암, 후기 데본기 안산암 및 휘록암, 사암, 니암, 초기 중생대 안산암 및 석영 안산암, 후기 중생대 손키나이트(shonkinite), 메라노-네펠리나이트(melano-nephelinite), 알카리 조면암, 규장질 응회암 및 조면암질 응회암과 백악기 퇴적암으로 구성된다(그림 3).

고생대 초기-중기 실루리아기 석회암은 본 광상의 남동부와 남부에 북동방향으로 분포하며, 일부 지역에서는 안산암, 석영 안산암, 알카리 조면암이 관입 분포한다. 중기 데본기 우백질 화강암 및 현무암은 광상일대의 중앙부에서 북동방향으로 대상 관입 분포한다. 후기 데본기 안산암 및 휘록암, 사암 및 니암, 그리고 초기 중생대 안산암 및 석영 안산암은 본 광상일대에 북동방향으로 폭넓게 분포한다. 후기 중생대 손키나이트, 메라노-네펠리나이트, 알카리 섬장암 및 섬장암질 반암, 규장질 응회암 및 조면암질 응회암도 본 광상일대에 폭넓게 분포한다. 이들 암석 중 알카리 조면암 및 조면암질 반암은 본 광상일대에서 다양한 크기로 산출된다. 백악기 퇴적암류는 본 광상일대 중부에서 소규모로 북동 방향으로 분포한다(그림 3).

앞의 설명과 같이, 무쉬가이 후닥 광상일대에는 중생대에 4번의 중요한 화성활동이 있었다. 이것은 후기 쥐라기(161~136 Ma)의 알카리 조면암 및 섬장암, 초기 백악기(134~127 Ma)의 현무암, 초기 백악기(125~115 Ma)의 유문암, 조면암질 유문암 및 온고나이트(ongonite)와 초기 백악기(107 Ma)의 현무암이다. 무쉬가이 후닥 광상의 희토류 광화작용과 관련된 화성암체는 알카리 조면암 및 섬장암이며, 시기는 후기 쥐라기(161~136 Ma)에 해당된다. 또한 125~115 Ma의 유문암, 조면암질 유문암 및 온고나이트는 Khets Teeg 지역과 Dorvon Dert 지역에서 Li, Be, Rb 광화작용을 초래시켰다(Samoilov *et al.*, 1984; Dorligjav *et al.*, 1991; Jargalan, 2010).

무쉬가이 후닥 광상의 광화 시기는  $142 \pm 3$  Ma로 초기 백악기에 해당되며 광화작용은 섬장암과 섬장반암의 내부 및 외부 접촉대에 형성되었다(Jargalan, 2010). 희토류 원소의 광화작용과 더불어

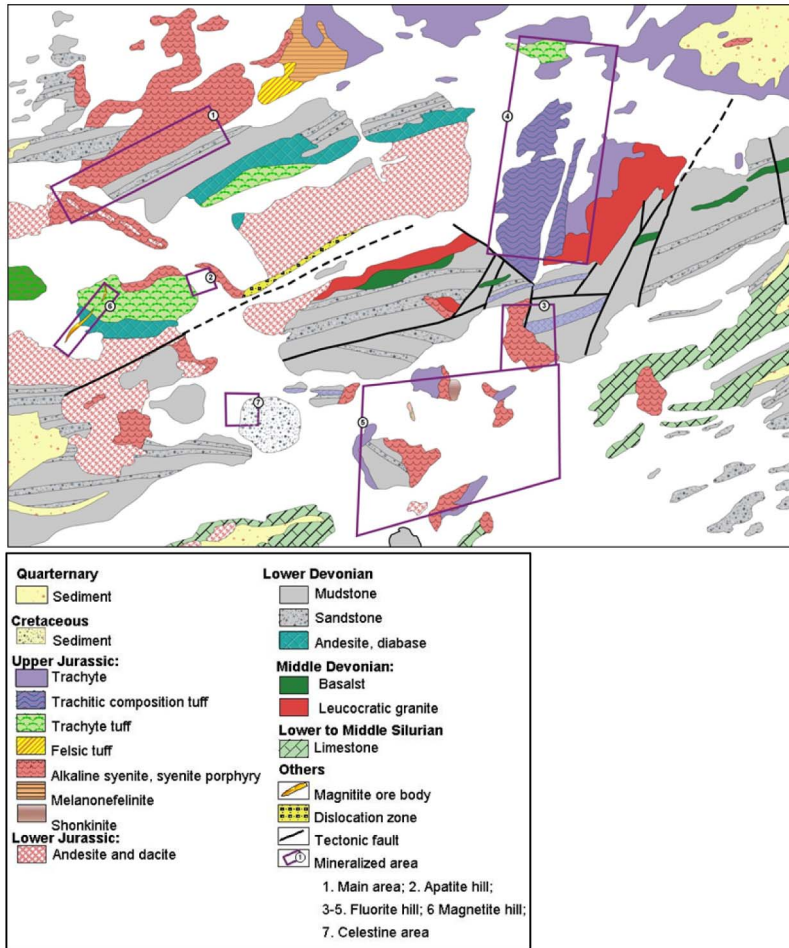


Fig. 3. Geological map and ore body distribution of the Mushgai Khudag deposit (Jargalan, 2010).



Fig. 4. Apatite ore body and carbonatite vein intrusion in the apatite hill of the Mushgai deposit (Koh *et al.*, 2010).

인, 스트론튬, 바륨, 철 광화작용도 시-공간적으로 초기 백악기의 섭장암과 밀접한 관계를 갖는다. 이 광상은 적어도 17개 광체가 확인되며 주된 광화지

역은 희토류 광체 3개소, 형석광체 3개소, 자철석 광체 1개소 총 7개소로 구성된다(그림 3). 이 광상의 함 희토류 광화유형은 함석회암기질 각력광체,



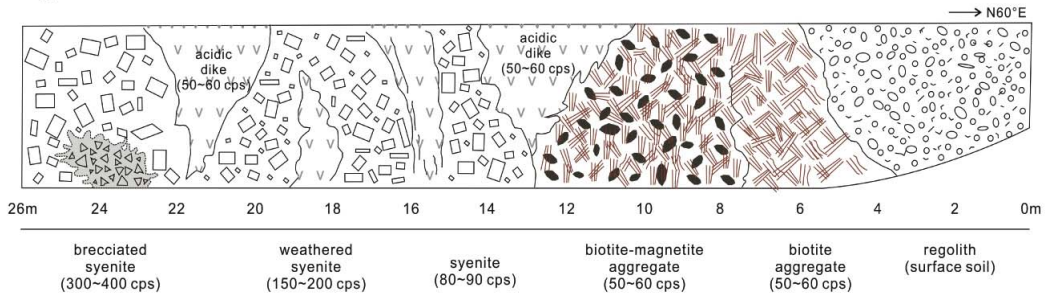


Fig. 5. Sketch of trench site near apatite hill in the Mushgai Khudag deposit (Koh *et al.*, 2010).

카보너타이트 광체, 자철석-인회석광체, 인회석광체로 구성된다. 그림 3과 같이 무쉬가이 후다 광상의 광화지역은 주요 지역(Main area), 인회석 언덕(Apatite hill), 형석 언덕(Fluorite hill), 자철석 언덕(Magnetite hill), 천청석 지역(Celestine area)으로 명명되고 있다(그림 3).

주요 지역(Main area)에는 6개의 트랜치 흔적이 관찰되며 트랜치 길이와 방향성이 다양하다. 이 지역에서는 카보너타이트 맥 및 암주, 자철석-인회석 광체 등으로 각력화되어 산출되며 총 광화면적은 102,000 m<sup>2</sup> (700 × 150 m)이다. 각력암편에는 섬장암, 섬장반암, 조면암, 자철석-인회석 광체, 카보너타이트맥 등으로 구성된다. 이 지역에서 방사능 측정기로 측정된 결과, 보편적으로 900~2000 cps이며 카보너타이트에서는 2000~2500 cps로서 매우 높은 방사능치를 보인다. Jargalan (2010)에 의하면 이 지역의 평균 품위는 ΣREE 함량 1.63%, TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량 1.29%, SrO 함량 1.49% 및 BaO 함량 1.27%이다. 이번 조사에서 채취한 6개 시료에 대한 미량 및 희토류원소 분석결과, SrO 함량은 0.2~0.6 wt.%, ΣRe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량은 6.2~16.5 wt.%, GeO<sub>2</sub> 함량은 0.1~0.2 wt.%, Rb<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 함량은 < 0.002 wt.%, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량은 < 0.003 wt.%, ThO<sub>2</sub> 함량은 < 0.08 wt.%, UO<sub>2</sub> 함량은 < 0.09 wt.%이다. 전자현미분석에 의하면 이 지역에서 산출되는 광물은 석영, 방해석, 인회석, 형석, 철산화물, 중정석, 천청석(celestine) 및 바스트너사이트 등이다.

인회석 언덕(Apatite hill)에는 6개의 트랜치 흔적이 관찰되며 트랜치 방향은 주로 북동과 북서방향이며 길이는 다양하다. 이 언덕 일대의 주변지질은 호운펠스화된 퇴적암류, 안산암류, 조면암류, 화강암류, 섬장암류로 구성된다. 인회석 광체는 섬장반암의 내부나 외부 접촉대에 산출된다. 특징적으로

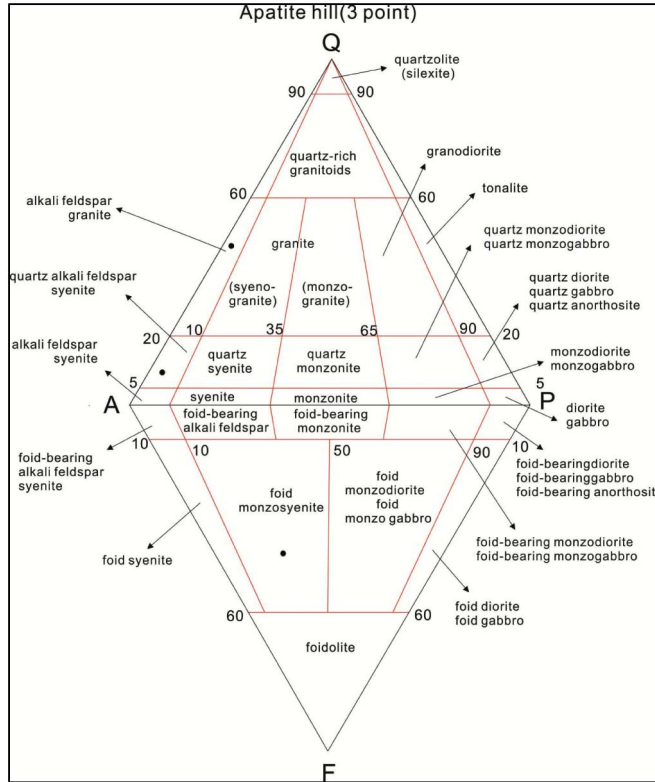
인회석 농집대를 카보너타이트가 암맥상으로 절단하여 관입하고 있다(그림 4). 카보너타이트는 방사능 측정기(캐나다 Geometrics사 scintillation counter)로 측정된 결과 300 cps의 방사능치를 나타내고 주변부 인회석 농집대는 800~900 cps의 매우 높은 방사능치를 보인다. 인회석 언덕 북서편 인근 트랜치 지역에서는 섬장암이 주로 분포하고, 흑운모 농집대 및 흑운모-자철석 광체가 섬장암을 관입한다. 방사능치 측정결과 섬장암의 풍화대 및 각력대에서 150~400 cps의 다소 높은 방사능치를 나타낸다(그림 5). 이러한 산상으로 판단한다면 카보너타이트 관입과 인회석 광화작용 및 자철석 광화작용은 성인적 관련성을 가지는 것으로 판단된다.

인회석 언덕에서 산출하는 화강암류 및 섬장암류에 대한 화학분석 결과는 표 2와 같다. 이 시료들의 화학조성 범위는 SiO<sub>2</sub> 24.1~67.3 wt.%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.9~17.5 wt.%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.8~7.7 wt.%, MnO 0.01~0.1 wt.%, MgO 0.3~2.5 wt.%, K<sub>2</sub>O 1.2~9.2 wt.%, Na<sub>2</sub>O 0.9~2.6 wt.%, CaO 0.4~29.7 wt.%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.1~25.8 wt.%이다. 이는 서로 성분이 다른 3종류의 암상으로 분류되며 국제지질과학연합(IUGS)의 화성암 분류도에서 하석 몬조섬장암(nepheline monzosyenite), 석영 알카리장석 섬장암(quartz alkali-feldspar syenite), 알카리장석 화강암(alkali-feldspar granite)영역에 도시된다(그림 6).

Jargalan (2010)에 의하면 이 지역의 희토류 품위는 TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량 4.39~13.9%, Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량 0.29%, Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량 0.14%이다. 이번 조사에서 채취한 23개 시료에 대한 미량 및 희토류원소 분석결과, SrO 0.05~5.8 wt.%, ΣRe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.02~6.1 wt.%, GeO<sub>2</sub> < 0.1 wt.%, Rb<sub>2</sub>O<sub>2</sub> < 0.03 wt.%, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> < 0.008 wt.%, ThO<sub>2</sub> < 0.06 wt.%, UO<sub>2</sub> < 0.02 wt.%로서 일부 시료는 높은 희토류 함량을 나타낸다. 전자현미분석

**Table 2.** Chemical compositions of major elements of host rocks obtained from the apatite hill in the Mushgai Khudag deposit (unit: wt.%)

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>	LOI	Total
M009-1	24.14	0.81	3.92	7.68	0.10	2.45	29.72	0.92	1.24	25.77	1.37	98.12
M009-10	67.33	0.85	17.48	1.80	0.01	0.47	0.36	1.31	5.49	0.14	2.87	98.11
M009-12	60.10	0.90	16.34	2.76	0.01	0.31	0.46	2.55	9.22	0.54	3.81	97.00



**Fig. 6.** Classification of host rocks distributed in the apatite hill of the Mushgai Khudag deposit (Koh *et al.*, 2010).

에 의하면 이 지역에서 산출되는 광물은 금운모, 자철석, 인회석, 모나자이트, 방해석, 형석, 철산화물, 바스트너사이트 등이다.

### 요 약

최근 희토류 광물자원의 수급 및 가격 급등에 의하여 여러 선진국들은 희토류 광물자원의 확보 및 탐사에 국가적 역량을 다하고 있다. 현재 희토류 광물자원의 주 생산국은 중국이며 일반 소량 생산하는 국가로는 인도, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 말

레이시아, 러시아, 태국, 미국 등이다. 그러나 몽골의 자원 부존량 순위는 볼소 세계 3위, 구리 세계 13위, 석탄 세계 10위, 몰리브덴 세계 11위, 우라늄 세계 14위이며 그 외에 다른 주요 광물자원을 풍부하게 보유한 세계 10대 자원 부국이다.

현재 몽골 내 희토류 자원은 5개 광상, 71개 산출지, 260개 광화점이 있는 것으로 보고되어 있으며 몽골의 희토류 광화대는 크게 Tuwa-Hubsugul 광화대, 중앙 몽골의 외곽 광화대, 남부 몽골 광화대로 분류된다. 몽골 내 희토류 광상의 유형은 카보너타이트 관련 희토류 광상, 알카리 관입암 관련

희토류 광상, 페그마타이트 관련 희토류 광상 및 사광상으로 분류되며 대부분 알카리 관입암 관련 희토류 광상으로 산출된다. 몽골의 대표적인 희토류 광상은 Khalzan Burged 광상(관입암 관련 희토류 광상), Mushgai Khudag 광상(카보너타이트 관련 희토류 광상), Khanbogd 광상(페그마타이트 관련 희토류 광상), Lugiin Gol 광상(카보너타이트 관련 희토류 광상) 등이다.

무쉬가이 후닥 희토류 광상은 중앙 몽골의 주변 지역 광화대에 해당되며 지체구조상 북부 캘리도니언 벨트와 남부 헤르시니아 벨트의 경계선(Main Mongolian Lineament)에 위치한다. 이 광상에서 적어도 17개 광체가 확인되며 주된 광화지역은 희토류 광체 3개소, 형석광체 3개소, 자철석 광체 1개소 등 총 7개소로 구성되고 광화지역은 주요 지역(Main area), 인회석 언덕(Apatite hill), 형석 언덕(Fluorite hill), 자철석 언덕(Magnetite hill), 천청석 지역(Celestine area)이다. 주요 지역(Main area)은 카보너타이트맥 및 압주, 자철석-인회석 광체 등으로 각력화 되어 산출된다. 이 지역의 희토류 품위는  $\Sigma \text{Re}_2\text{O}_3$  함량으로 6.2~16.5 wt.%이다. 산출광물은 석영, 방해석, 인회석, 형석, 철산화물, 중정석, 천청석, 바스트너사이트 등이다. 인회석 언덕(Apatite hill)의 인회석 광체는 섬장반암의 내부나 외부 접촉대에 산출되며  $\Sigma \text{Re}_2\text{O}_3$  함량은 0.02~6.1 wt.%이며 산출광물은 금운모, 자철석, 인회석, 모나자이트, 방해석, 형석, 철산화물, 바스트너사이트 등이다. 희토류의 품위와 바스트너사이트의 산출로 판단한다면 이 광상 지역은 희토류 자원으로서 가치가 매우 높다.

## 사 사

이 연구는 한국지질자원연구원에서 부처임무형사업으로 수행중인 “해외 광물자원 탐사 및 부존 잠재성 평가” 과제의 일부 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다. 이 논문의 미비점을 지적, 수정하여 주신 익명의 심사위원님들께 깊이 감사드립니다.

## 참고문헌

- Badarch, G., Cunningham, W.D., and Windley, B.F. (2002) A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *Jour. Asian Earth Sci.*, 21, 87-110.
- Dejidmaa, G., Dorjgotov, D., Gerel, O., Gotovsuren, A., and Ariunbileg, S. (1999) Preliminary description of mineral deposit models (types) for Mongolia. 28p.
- Dorligjav, T.S., Baasandorj, S.H., Enkhtuvshin, K.H., and Batbold, D. (1991) Report on geological mapping at scale 1:50000, carried out at the Khaniin Khets area (Sheets L-48-124-G-b, d, 125-C,D, 136-B-b,137-A-a,b, 137-B-a,b) by Mushgai-II geological mapping team. Mongolia Geological Information Center Open File Report No. 4680.
- Garamjav, D. and Jargalan, S. (2009) Introduction to REE metallogeny of the Mongolia. *Mongolian Geoscientist*, 35, 73-76.
- Jargalan, S. (2010) REE mineralization of Mongolia. Unpublished.
- Koh, S.M. *et al.* (2010) Potential evaluation and exploration of overseas mineral resources. KIGAM Report, GP2010-021, 518p.
- Kovalenko, V.I. and Yarmolyuk, V.V. (1995) Endogenous rare metal ore formations and rare metal metallogeny of Mongolia. *Econ. Geol.*, 90, 520-529.
- Kovalenko, V.I., Zaytsev, N.S., and Yanshin, A.L. (1981) Genetic types of rare-metal mineralization in Mongolia. *Inter. Geol. Rev.*, 23, 857-864.
- Samoilov, V.S., Ivanov, V.G., and Sengee, D. (1984) Report of mineral prospecting study carried out at Mushgai rare earth element deposit area. Geological Information Center Open File Report No. 3875. (In Russian).

접수일(2011년 3월 11일), 수정일(1차 : 2011년 3월 21일), 게재확정일(2011년 3월 23일)