

서부산 가덕도 도석광상의 지질, 광물 및 지화학적 특성

김종대¹⁾, 최영식²⁾, 조현구³⁾

1. 序言

가덕도 도석광산은 노두면적이 1Km²에 달하는 대규모 규화광산으로써 인근에 구라상(spherulite) 규화대를 수개처 동반하고 있다. 본 논문에서는 이들 두 종류의 변질대를 지질, 광물 및 광상학적으로 비교 검토하여 열수변질작용의 지구화학적인 모델을 설정하였다.

2. 研究方法

가덕도 전역에 걸쳐 정밀 지질조사를 실시하고 대부분의 암체 노두에서 300개 이상의 신선한 시료를 채취하여, 이들 시료 중 150개 이상의 시료에 대하여 유황의 함량을 포함하여 주성분 원소를 분석하였으며 21개의 시료에 대하여 미량원소(Ba, Sr, Y, Sc, Zr, Be, V)를 분석하였다. 그 중 50개 이상의 시료에 대하여 박편을 제작하여 편광현미경 관찰을 실시하고 각종 암체의 광물 조성과 조직을 확인하였다. 납석을 구성하는 광물을 정확하게 감정하기 위하여 X선회절분석을 실시하였고 납석구성광물의 화학적 조성을 밝히기 위하여 전자현미분석(EPMA)을 실시하였다.

3. 地質

이 지역의 지질은 기저에 백악기의 안산암질 응회암류가 분포하며 후에 안산암이 이를 관입하여 분포한다. 이들 안산암질암류는 다시 각섬석화강암이 관입하였다. 산성 혹은 염기성 암맥들이 도처에서 전기한 암체들을 관입하여 분포한다(Fig.1).

4. 鑛物

납석을 구성하는 주된 광물은 석영과 견운모이고 엽납석, 캐올리나이트가 부 성분광물을 이룬다. 이외에도 명반석, 침철석, 티탄철석이 소량 함유되어 있다. 대부분의 광석에서 석영과 견운모는 열수 변질을 받은 결과 매우 작은 입자로 산출되며, 이러한 초기 변질에 의하여 형성된 공극 내에 조립의 석영과 캐올리나이트가 공간을 충전하는 경우가 많다. 매우 드물지만 극미립의 엽납석이 이 공간을 채우는 경우도 발견된다.

5. 鑛床

주요어: 가덕도 지질, 도석광상, 구라상 규화대, 열수변질작용, 마그마 기원의 열수, 지하수, boiling, 혼합, 용존 유황 함량, 산화 환원 환경, acid leaching, pH, Eh, W/R 비

- 1) 동아대학교 자원공학과
- 2) 동아대학교 대학원 자원공학과
- 3) 경상대학교 지구환경과학과 조교수

이 지역에 분포하는 주 광체는 연봉산 일대에 분포하는 도석광상 외에 구곡산과 가덕등대 일대에 구라상 규화대가 분포하며 그 이외에도 성토봉 인근의 해안과 국수봉 정상 부근에서도 열수변질의 흔적을 확인 할 수 있다(Fig.1). 이상과 같은 광범위한 열수변질작용은 필연적으로 그 하부에 금속광화대를 형성하였는데 현재까지 노출된 부위는 연봉산 동측 해안의 교회 기도원 부근에 부존하는 황철석 광화대, 천성만 에이고지 부근의 덕우광산의 황동석, 방연석 및 섬아연석 광화대 외에 선창 - 울리 간에 노출하는 텅스텐 광염 각력대등이 있다. 연봉산도석광체는 그 장경의 길이가 1 Km 이상인 비교적 대규모의 광체이다. 이 광체는 안산암질응회암 내에 배태하고 각섬석화강암에 의하여 둘러 싸여 있다. 도석광체는 대체로 회백색 내지 담갈색의 산화대의 현상을 띄우지만 연봉산 정상 부근과 생교동의 해안에서는 황철석을 함유하는 회황색의 환원대를 이루기도 한다. 이 지역의 구라상(spherulite) 규화대는 처트질 석영의 세맥이 녹리석, 사장석, 녹립석 및 견운모로 구성하는 모암과 1) 평행 세맥상, 2) 구라상, 3) 도석 광화대 등의 형태로 교대하여 나타난다. 1)의 경우 석영 세맥과 모암은 mm 단위의 호층을 형성하며 급경사를 이루고 주향방향의 굴곡이 유동습곡(flow fold)의 양상을 띤다. 2)의 경우 구라(spherule)를 형성하는 것은 대체로 모암이 석영의 세맥에 둘러 싸여 나타나는데 구라의 크기는 mm 단위에서 cm 단위까지 다양하다. 3)의 경우 주로 회백색을 띄고 m 단위의 맥상으로 주위에 1) 혹은 2)형의 규화대를 동반하는 것이 특징이다.

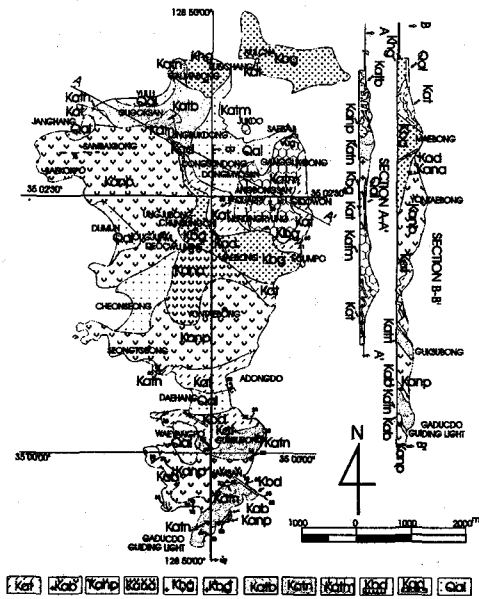


Fig. 1. Geologic map of west Pusan. Kat: Andesitic tuff; Kab: Andesitic breccia; Kanp: Andesitic porphyry; Kana: Aphanitic andesite; Khg: Hornblende granite; Kbg: biotite granite. Katb: Andesitic tuff breccia; Katn: Nodular andesitic tuff; Katm: Ceramic ore; Kbd: Mafic dyke; Kad: Acidic dyke; Qall: quaternary alluvium.

Fig. 2. Ternary diagram of $K_2O - Na_2O - CaO$ system.

Fig. 3. Ternary diagram of $MgO - Fe_2O_3 - (Na_2O+K_2O)$ system.

Symbols in both systems are : +; ceramic ore. □; granite. ×; silicified nodules. ◆; pyritic ore. ○; andesitic tuff. ▲; andesite.

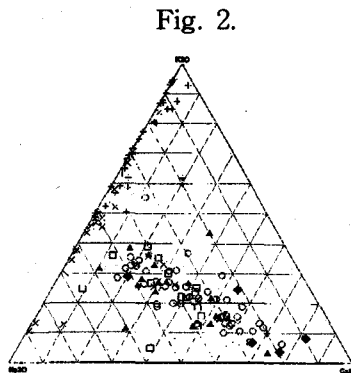


Fig. 2.

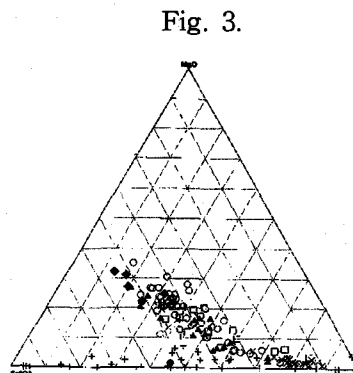


Fig. 3.

6. 地化學的 特性

안산암질용회암, 안산반암, 각섬석화강암, 염기성 및 산성 암맥등은 이 지역에 미친 광범위한 녹렴석-녹리석화 변성작용에도 불구하고 일정한 분화곡선에 수렴하는 양상을 보여 동일 마그마 기원임을 시사한다. 구라상 규화대 시료들은 Na_2O 성분이 부화하는 쪽으로 분포하며 도석광화대 시료들은 K_2O 성분이 부화하는 쪽으로 분포한다. 황철석을 함유하는 금속광화대 시료들은 FeO , MgO 와 CaO 의 부화가 인지된다(Fig. 2 & Fig. 3). 미량원소의 분포는 기반암인 안산암질용회암, 안산반암, 각섬석화강암에서 모두 일정한 구간에 한정하여 미량원소와 Al_2O_3 의 교차점이 수렴하거나 그 교차점이 Al_2O_3 13-18% 구간 내에서 미량원소의 수직 변환을 나타내는 반면에 도석광화대 시료들은 미량원소 함량이나 Al_2O_3 함량에 있어서 모두 광범위하게 변환 분포하는 특징을 보여 열수변질작용이 미량원소와 Al_2O_3 의 이동도를 크게 증가시킨 것을 시사한다.

7. 結果 및 討議

가덕도 지역에는 도석 광화대와 구라상 규화대등 두 종류의 열수 변질대가 분포한다. 이들 두 종류의 변질대를 지질, 광물 및 광상학적으로 비교 검토하여 열수변질작용의 지구화학적인 모델을 설정하였다. 즉 가덕도 지역에 영향을 미친 열수는 마그마 기원의 열수가 상승하면서 Boiling 하고 지하수와 혼합하면서 도석 광화대를 형성한 것과 보다 심부에서 각섬석화강암의 기원 마그마로부터 에너지를 얻은 지하수의 순환으로 구라상 규화대를 형성한 것 등이 있다. 전자의 경우 상대적으로 높은 유황 함량, 낮은 CO_2 함량, 낮은 pH, 높은 Eh 및 높은 W/R 비 등으로 광범위한 acid leaching 현상을 일으킬 수 있었으나 후자의 경우는 W/R 비가 5이하이고 Boiling 현상도 없었으며 처음부터 낮은 유황 함량, 높은 CO_2 함량, 높은 pH 및 낮은 Eh 등으로 인하여 제한적인 열수변질대를 형성하였다.

8. 謝辭

이 연구는 학술진흥재단의 97년도 지방대 육성 연구비(1997-002-E0045) 지원을 받아 실시하였음을 밝혀 두는 바이다.

參考文獻

1. 김수진, 추창호, 박희인, 노진환, 1991 : 우리나라 동남부 지역의 열수광상에 대한광물학적 연구, 보배건운모광상. 한국광물학회지 4권2호, pp129-140.
2. 장태우, 강필중, 박석환, 황상구, 이동우, 1983 : 한국지질도 부산-가덕도폭(1:50,000). 한국동력자원연구소.
3. Brindley, G.W. and Wardle, R., 1970 : Monoclinic and triclinic forms of pyrophyllite and pyrophyllite anhydride. Amer. Miner., 55, 1259-1272
4. Fournier, R.O., 1985 : The behavior of silica in hydrothermal solutions.; in Reviews in economic geology, vol. 2, pp.45-61.
5. Henley, R.W., Truesdell, A.H., Barton, Jr., P.B., Whitney, J.A., 1984 : Fluid-mineral equilibria in hydrothermal systems; in reviews in Economic Geology. vol. 1, pp.9-28, 45-56, 65-82, 99-114.