

남극 킹조지섬 바톤반도의 열수변질작용에 관한 동위원소 연구

신동복^{1)*} · 이종익²⁾ · 허순도³⁾ · 황정⁴⁾

1. 서 론

킹조지섬이 위치한 남극 남셰틀랜드 군도는 대부분 칼크-알칼리계열 화산암으로 이루어진 호상열도로서 남극대륙과는 브란스필드 해협(Bransfield Strait)에 의해 분리되어 있으며, 이 지역에 광역적으로 발달한 열수변질작용 및 광화작용은 대부분 제3기 화산암과 심성암과 관련된 것으로 이들의 활동시기와 화성암의 특징이 반암형 광화작용이 우세한 남미 칠레의 안데스 지역과 유사한 것으로 알려져 있다. 킹조지섬 바톤반도는 쥐라기에서 제4기에 걸친 화성작용에 의해 형성된 화산암과 심성암이 넓은 범위에 걸쳐 분포하고 있으며, 반도 대부분을 차지하는 현무암질 안산암을 관입한 섬록암 및 화강섬록암을 중심으로 광역적인 열수변질대가 발달한다.

박맹언(1990)과 So et al.(1995)은 유체포유물, 안정동위원소 등의 지구화학적 연구를 통해 이 변질대가 연-아연맥과 석영-황철석맥을 수반한 천열수형 광화대를 형성한 것으로 해석하였으며, Hwang and Lee (1998)는 화강암체와 주변 암석에 대한 광물조합과 광물조성 및 지구화학적 연구를 통하여 모암변질 특성을 밝히고, 바톤반도의 광화작용과 열수변질작용은 화강섬록암의 관입과 관련이 있는 것으로 해석하였다. 허순도 외(2001)는 열수변질작용의 시간적 순서에 따른 광물조합의 변화와 구성원소의 변화를 편광현미경 관찰, X-선 회절분석 및 주 성분원소 분석을 통하여 검토한 바 있다.

이 연구에서는 바톤반도에서의 화산암 및 심성암의 산소, 수소 및 황 안정동위원소연구와 Sr 동위원소연구를 통해 열수변질과 관련된 유체의 기원, 황의 기원 및 진화양상을 규명하고자 한다.

2. 분석방법 및 결과

이 연구에서는 허순도 외(2001)가 화강암체를 중심으로 남부와 북부 각각의 변질대에서 채취한 시료에 대해 광물학적 및 지구화학적 연구를 수행한 바 있는 동일한 시료 34개를 대상으로 산소, 수소, 황 및 Sr 동위원소 분석을 수행하였다. 암석의 종류는 신선한 현무암질 안산암, 변질된 현무암질 안산암, 석영맥과 접한 모암, 변질된 염기성암맥 및 화강섬록암 등이다.

분석결과 산소동위원소조성은 변질된 현무암질 안산암의 경우 3.5~9.8%, 신선한 현무암질 안산암은 4.9~8.3%, 그리고 석영맥과 접한 모암은 3.4~9.3%의 조성을 가진다 (Fig. 1). 변질암맥의 경우 1.1~2.5%의 낮은 조성을 나타낸다. 특히 화강섬록암의 경우 두 개의 신선한 시료에서 각각 4.9%과 5.8% 조성을 보인 반면 안산암과의 접촉부에 위치한 변질시료의 경우

주요어 : 남극, 바톤반도, 열수변질, 동위원소

1) 공주대학교 지질환경과학과 (shin@kongju.ac.kr)

2), 3) 한국해양연구원 극지연구소 (jilee@kopri.re.kr / sdhur@kopri.re.kr)

4) 대전대학교 지반설계정보공학과 (jeongha@dju.ac.kr)

10.9%로서 상당히 높은 값을 나타낸다.

수소의 경우 신선한 현무암질 안산암은 -82~-86%로서 비교적 균질한 조성을 보인 반면, 변질된 현무암질 안산암은 -82~-71%로서 전자보다 넓은 범위에 걸쳐 상대적으로 무거운 동위원소 값을 갖는다 (Fig. 2). 석영맥과 접한 모암이나 변질암맥은 각각 -88~-79%과 -91~-83%의 조성을 나타내며, 화강섬록암은 -79~-75%로서 변질된 현무암질 안산암과 비슷한 범위를 나타낸다.

황동위원소 분석결과 변질된 현무암질 안산암의 경우 한 개 시료(HB28: -10.6%)를 제외하고 나머지는 -7.9~+1.2%(평균 -3.0%)의 범위에 속하나 화강섬록암과 접하는 HB32 계열의 6개 시료는 -2.4~1.2%의 좁은 범위에 집중되어 있다. 석영맥과 접한 모암이나 변질암맥은 각각 -10.4~-6.1%(평균 -8.1%)과 -7.6~-7.0%(평균 -7.3%)으로서 변질된 현무암질 안산암보다 가벼운 조성을 나타낸다. 나머지 신선한 현무암질 안산암이나 화강섬록암에서는 황의 함량이 검출한계 미만으로 나타났다.

Sr 동위원소 분석결과 신선한 현무암질 안산암의 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 값은 최저 0.703218에서 최고 0.703546에 이른다. 18개의 시료의 변질된 현무암질 안산암의 경우 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 값은 대부분 0.703419~0.704629의 범위를 나타내는데 HB02시료의 경우 0.708166으로 훨씬 높은 값을 갖는다. 석영맥과 접한 모암시료 6개에서 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 값은 최저 0.703491에서 최고 0.704227에 이르며, 3개시료의 변질암맥은 0.703554~0.703835의 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 조성을 나타낸다. 화강섬록암의 Sr 동위원소비도 0.703682~0.703709로서 변질암맥과 유사한 조성을 보여준다.

3 토의 및 결론

변질된 현무암질 안산암의 산소동위원소 값은 신선한 현무암질 안산암과는 뚜렷한 차이를 보이지는 않는다. 반면, 수소동위원소의 경우 변질된 안산암시료가 신선한 시료보다 현저히 높은 값을 나타낸다. 변질안산암의 경우 화강섬록암의 수소동위원소 조성(-79~-75%)과 비슷한 범위를 보여준다.

한편, 허순도 외(2001)에 의하면 반도 북동부에서 강이질 변질대를 형성하고 있는 안산암의 K-Ar 연대가 33~35Ma에 이르고, 반도 남부에서 석영맥과 접하는 변질암의 연령이 28~33Ma로 나타내는데 이는 연구지역 북단에 분포하는 화강섬록암의 관입연령보다 약 10Ma 가량 젊은 것이다. 따라서 변질대 연령은 화강섬록암의 관입에 의한 직접적인 영향이라기보다는 화강암체를 형성한 모마그마에서 유래된 열수와 천수가 혼합되는 과정에서 마튼반도 일대에 광역적인 변질작용을 형성한 것으로 생각된다.

따라서 변질된 현무암질 안산암의 수소동위원소가 신선한 안산암보다 높게 나타난 것은 화강섬록암 관입에 수반된 무거운 수소동위원소 조성을 가지는 마그마수의 영향에 따른 것으로 해석되는데, 화강섬록암의 산소 및 수소동위원소 조성이 변질된 현무암질 안산암과 유사한 점도 이를 뒷받침 한다. 석영맥과 접한 모암이나 변질암맥의 수소동위원소도 화강섬록암의 경우보다 약 5~10% 가량 낮은 값을 보이며 산소동위원소값도 감소한 것으로 나타나 변질작용이 천수 유입과 더불어 많은 양의 유체가 암석과 반응하였음을 잘 보여주고 있다.

변질된 현무암질 안산암의 황동위원소는 -10.6~1.2%에 해당하는 상당히 넓은 범위의 조성을 보이는데 이는 지각을 구성하는 퇴적암에서 기인한 매우 낮은 황동위원소 조성을 나타내는 생물학적 기원의 황의 영향을 받은 신선한 현무암질 안산암이 높은 값을 가지는 후기 마그마기원의 황과의 불균질한 혼합에 따른 결과로 해석된다.

현무암질 안산암의 동위원소적 재균질화를 야기시킨 열수의 유입은 직선관계를 보여주는

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - 1/\text{Sr}$ 변화도에서도 나타난다. 즉, 이러한 관계는 Sr 함량이 아주 높으며 낮은 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 값을 갖는 신선한 현무암질 마그마에, 반대로 낮은 Sr 함량을 갖으며 높은 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 값을 갖는 유체의 유입으로 설명되며, 열수 유체는 천수의 영향을 많이 받았을 것으로 추정된다.

참고문헌

- 박맹언 (1990) 바톤반도 천열수 변질작용과 광화작용의 특성에 관한 연구. 남극 과학기지 주변 환경조사(제3차년도), 과학기술처, BSPG 00111-317-7.
- 허순도, 이종익, 황정, 최문영 (2001) 남극 킹조지섬 바톤반도의 열수변질작용에 관한 K-Ar 연대와 지구화학. *Ocean and Polar Res.*, 23, 11-21.
- Hwang, J. and Lee, J.I. (1998) Hydrothermal alteration and mineralization in the granodioritic stock of the Barton Peninsula, King George Island, Antarctica. *Econ. Environ. Geol.*, 31, 171-183.
- So, C.S., Yun, S.T. and Park, M.E. (1995) Geochemistry of a fossil hydrothermal system at Barton Peninsula, King George Island. *Antarctic Sci.*, 7, 63-72.

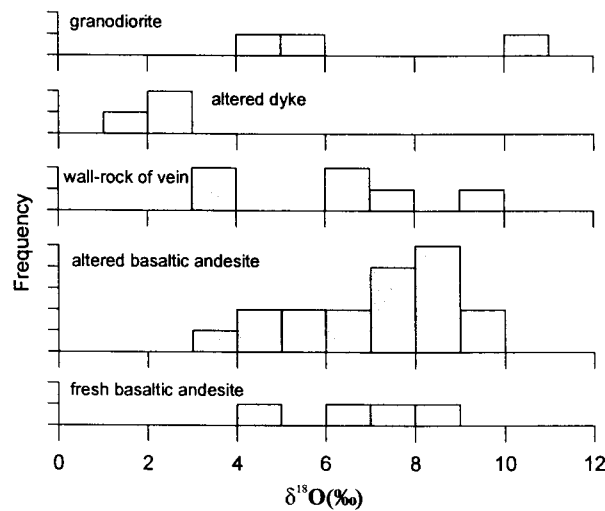


Fig. 1. Oxygen isotope compositions of igneous rocks in the Barton Peninsula.

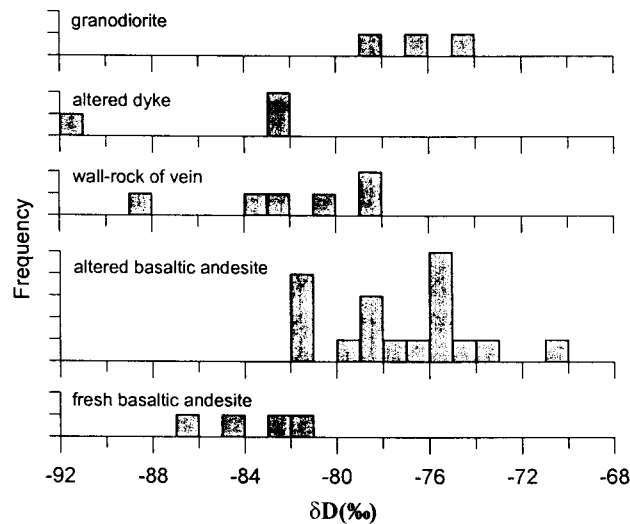


Fig. 2. Hydrogen isotope compositions of igneous rocks in the Barton Peninsula.