

구두 3-1

**포항 천연 제올라이트를 사용하여 방사성 Cs을 고정하기 위한
상압 조건에서의 폴루사이트 합성법 연구**
A new pollucite synthesis method to immobilize the radioactive
cesium under the boiling point of water

홍석주*, 엄우용
Seokju Hong*, Wooyong Um

포항공과대학교 첨단원자력공학부, frederic@postech.ac.kr

후쿠시마 원전 사고 발생 이후, 가장 이슈가 되었던 핵종은 바로 세슘(Cs-137)이다. 이에 각국의 연구진들은 세슘을 선택적으로 제거할 수 있는 여러 종류의 흡착제들을 개발해왔다. 최근 들어서는, 단순히 세슘을 흡착하는 것에서 그치는 것이 아니라 세슘 자체를 고정하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 특히, 고리 1호기의 영구정지가 결정되고 방사성폐기물을 장기간 처분 및 관리해야 하는 우리나라의 경우 그러한 연구가 더욱 필요하다.

가장 대표적인 세슘 고정화 방법은 폴루사이트($CsAlSi_2O_6$)로의 합성이다. 폴루사이트는 세슘의 침출율이 매우 낮은 것으로 알려져있어, 세슘을 고정하기에 가장 적합한 광물 형태로 알려져 있다. 폴루사이트는 여러 종류의 제올라이트로부터 수열합성이 가능한 것으로 알려져 있다. 때문에, 먼저 포항 지역에서 산출되는 제올라이트를 수열합성 하였을 때, 폴루사이트로의 변환 가능 여부를 확인하였다. 그 결과, 포항 지역에서 산출되는 천연 제올라이트는 폴루사이트로의 변환이 가능하였다.

그러나 포항 제올라이트를 폴루사이트로 수열합성할 때 다른 논문들과 마찬가지로, 반드시 철제 압력용기를 사용해야만 했다. 가장 최근 논문들에 나와있는 폴루사이트 수열합성 온도는 약 180~200°C인데, 이러한 온도에서는 물이 모두 끓어 증발하기 때문에, 이를 방지하기 위해 높은 압력을 가해야만 하기 때문이다. 실제로 모든 논문들이 폴루사이트로 수열합성할 때 철제 압력용기를 사용하였으며, 이러한 압력용기의 사용은 실제 공정에 적용하는데 저해가 되는 요소 중 하나이다.

따라서, 본 연구에서는 폴루사이트의 수열합성 온도를 100°C 이하 (95°C)로 낮추어, 상압 조건에서도 폴루사이트를 합성할 수 있는 새로운 합성법을 개발하였다. 본 합성법은 160°C 이하의 온도에서는 폴루사이트가 합성되지 않는다는 기존 논문들의 내용을 뛰어넘는 결과라 할 수 있다. 뿐만 아니라, 철제 압력용기가 필요하지 않아 방사성 폐액을 한 번에 대량으로 처리할 수 있다는 점에서 실제적인 적용이 가능한 기술이다.

구두 3-2

**레이저 불화방식과 VSMOW-SLAP 표준화를 적용한
규산염 광물·암석의 산소동위원소 분석**

Oxygen three isotope analysis in
silicates using a laser fluorination method and the VSMOW-SLAP normalization

김낙규^{1,*}, Minoru Kusakabe², 박창근³, 이종익³, Keisuke Nagao³, 박상범³
Nak Kyu Kim^{1,*}, Minoru Kusakabe², Changkun Park³, Jong Ik Lee³, Keisuke Nagao³, Sang Beom Park³

¹한국해양과학기술원 부설 극지연구소 K-루트 사업팀, kimnk@kopri.re.kr
²Department of Environmental biology and Chemistry, The University of Toyama
³한국해양과학기술원 부설 극지연구소 극지지구시스템연구부

레이저 불화방식(laser fluorination) 산소동위원소 분석시스템은 규산염 광물·암석의 산소동위원소비를 정밀하게 측정할 수 있다. 시료의 산소동위원소비는 전통적으로 표준평균해수(VSMOW, Vienna Standard Mean Ocean Water)에 대한 시료의 상대적인 값을 측정하여 델타(δ)로 표현한다; $\delta^{18}O(\%) = \left[\left(\frac{^{18}O}{^{16}O} \right)_{\text{sample}} / \left(\frac{^{18}O}{^{16}O} \right)_{\text{VSMOW}} - 1 \right] \times 1000$, x = 17 또는 18. 하지만 매번 불화방식으로 표준물질에서 산소를 추출하여 시료와 상대적인 비율을 측정하기에는 기술적인 어려움이 따른다. 따라서 산소동위원소 실험실에서는 자체 표준 산소가스(laboratory standard O_2)를 사용하며 이 표준산소가스는 표준평균해수를 이용한 보정이 필수적이다. 그리고 VSMOW에 대해 동위원소비의 차이가 큰 국제표준물질(SLAP, Standard Light Antarctic Precipitation, $\delta^{18}O = -55.5\%$)를 분석하여 동위원소 비율척도(Isotope ratio scale)를 보정하는 표준화 과정을 적용하는 것 또한 산소동위원소비 측정의 정확도(accuracy)를 향상시키기 위해 수행되어야 한다.

높은 재현성을 확보하기 위해 자동화된 레이저 불화방식(automated lasing technique)을 적용하여 표준고체시료(UWG2 garnet, NBS28 quartz, San Carlos olivine, MORB glass and obsidian)를 분석하였고, VSMOW-SLAP 표준화를 위해 두 표준물질시료를 니켈 반응용기를 이용한 불화방식으로 산소를 추출하여 동일한 정제라인에서 산소동위원소를 분석하였다. 얻어진 산소동위원소 결과 값은 로그누금(logarithmic scale) 하에서 VSMOW-SLAP 표준화를 적용하여 보정하였다. 분석된 표준고체시료들의 $\delta^{18}O$ 값은 0.1% 보다 높은 수준의 재현성을 나타내었고, 산소동위원소의 질량분별선(mass fractionation line)으로부터 $^{17}O/^{16}O$ 비의 차이를 나타내는 $\Delta^{17}O$ 값의 재현성은 약 0.01% 수준을 나타내었다. 확보된 레이저 불화방식 산소동위원소 분석시스템에서 유크라이트(ecurite) 운석을 분석하여 타 연구실의 결과와 비교하였다. 유크라이트는 분화된 소행성에서 기원한 현무암질 암석으로 이루어진 운석으로 산소동위원소비가 다른 운석 종류에 비해 일정한 값을 나타내며, $\Delta^{17}O$ 값이 지구질량분별선과 뚜렷한 차이를 보이는 것으로 알려져 있다. 분석된 유크라이트(n=14)의 $\delta^{18}O$ 과 $\Delta^{17}O$ 값은 각각 $3.88 \pm 0.14\%(1\sigma)$, $-0.23 \pm 0.02\%(1\sigma)$ 로 나타났으며 이는 타 연구실에서 보고한 유크라이트의 산소동위원소비와 매우 유사한 범위를 가진다. 위 결과를 통해 극지연구소의 레이저 불화방식 산소동위원소 분석시스템은 지구 물질뿐만 아니라 우주 물질의 산소동위원소비를 정확하고 정밀하게 측정할 수 있음을 확인하였다.

구두발표 / 10. 24 목