한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회
2005년 4월 14~15일 공 주 대 학 교

용매추출법을 이용한 지하수중의 Polonium 측정

조수영, 이길용, 윤윤열, 김용제
한국지질자원연구원 지하수지열연구부

sycho@kigam.re.kr

요 약 문

알파전용 액체섬광기를 이용하여 지하수내 Polonium을 간편하고 신속하게 측정하는 방법을 연구하였다. 추출섬광용액으로 HDEHP, TNOA, TOPO 또는 NDA 등을 사용하지만 본 실험에서는 POREX(77g TOPO, 180g Naphthalene, 4.0g PBBO/1L Toluene)를 사용하였다. 지하수의 액상을 1M H_2SO_4-0.01M NaCl로 맞추어주고 0.012M POREX를 추출액으로 사용하여, 분리 추출하므로써 실험의 추출효율 및 재현성을 조사하였다. 위 조건에서의 Polonium 분배계수는 10^4 이상으로 알려져 있다. 표준물질인 Po-209(NIST SRM 4326)를 Po의 측정효율 및 추출효율을 조사하는데 이용하였다. 실제 지하수에 위 실험방법을 적용하여 지하수의 Polonium을 측정하였다.

주요어 : Polonium, 지하수, PERALS, 추출효율, POREX

1. 서론

U-238 붕괴 시 자핵종 으로 생성되는 Po-210($T_{1/2}$=138.4day, Eα=5.304MeV)은 이미 알려진 바와 같이 환경시료중의 유해한 방사성 핵종중의 하나이다.[1)-3)] 최근에는 물의 가치와 중요성 및 안정성에 대한 관심이 증가하므로 써 지하수의 방사능 물질 유해성 여부가 사회문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 수중의 존재하는 여러 핵종 중 극미량 존재하는 Po 만 선택적으로 분리 측정하는 데 목적을 두었다. β-γ를 제거한 알파전용 액체섬광기(PERALS)를 이용하여 지하수내 polonium을 α-spectrometry에 비하여 시료준비 및 빠르고 신속하게 측정할 수 있는 장점이 있다. 이 같은 기술은 이미 저준위 uranium, thorium, plutonium, americium등을 측정하는데 이용되고 있다. 이미 McDowell 에 의해서 알파전용 액체섬광기를 이용한 polonium 측정법에 확립되었지만[4)] 경제성 및 번거로운 시료준비 등을 고려하여 본 실험에서는 H_2SO_4 및 추출섬광용액 POREX를 이용한 추출법을 실제 지하수에 적용하였다.

2. 본론

2.1 장치 및 실험

2.1.1 측정 장비

미국의 ORDELA(Oak Ridge DEtecter LAboratory) 사에서 제작한 PERALS분광기 (Model 8100AB)는 현재 시판되고 있는 유일한 알파전용 액체섬광분석기이며, 계측시스템은 반사체, 광전증폭관, 전치증폭기, 주 증폭기, PSD(Pulse-Shape Discrimination) 회로 및 MCA (Multi-Channel

Analyzer)로 구성되어 있다. 반사체와 섬광 셀은 형광포집율을 극대화하는 구조로 되어 있으며, 내부에는 UV 투과성이 양호하며 굴절률이 시료용기 및 광전증폭관 표면의 굴절률과 유사한 비휘발성, 소수성 액체를 채우게 되고 주로 점도가 낮은 실리콘오일(polysiloxanes with 50 centistockes) 이 사용된다. 펄스형태분간법을 활용하므로 서 알파검출효율은 99.7% 정도 유지하면서 β-γ 백그라운드를 99.5% 까지 제거할 수 있게 된다. 6 MeV에서의 에너지 분해능은 FWHM 이 250 keV 정도로서 알파분광용 반도체검출기에 비해서는 떨어지지만 기존 LSC의 1 MeV 에 비해서는 월등히 개선되었다. 또한 소수성(water-immiscible) 추출섬광액을 사용하므로 서 대부분의 quenching 문제가 해결되었으며 외부 백그라운드 계수율은 0.02 cpm 정도이다. 시스템 전경은 사진 1과 같다.

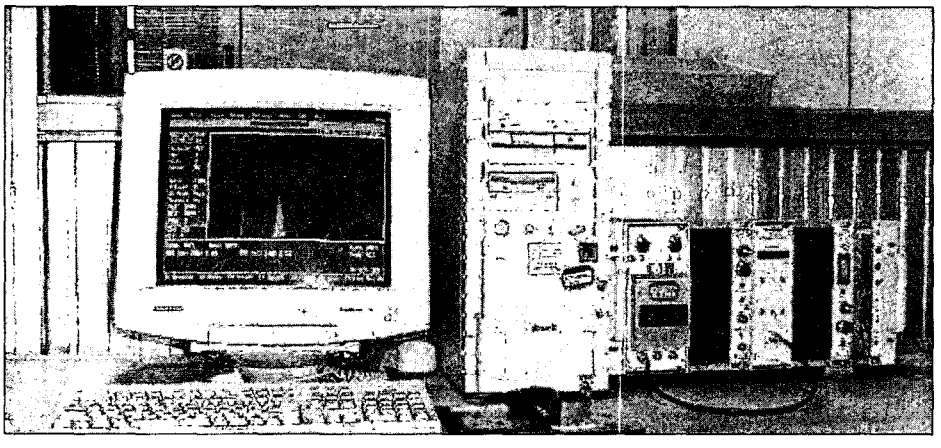

Photo 1. Photograph of PERALS alpha liquid scintillation counting system.

2.1.2. 실험

마그네틱바를 넣은 100ml 시료용기에 1M H_2SO_4 및 0.01M NaCl를 넣어 시료의 액상을 맞춘 후 혼합한 다음 추출액 TOREX 1.2 ml를 넣어 15분간 교반시킨다. 상이 분리된 시료에서 유층 1 ml를 취하여 Ar gas로 2분 동안 purging 시킨 후 밀봉하여 PERALS로 계측한다. 실험의 재현성을 알기위하여 초순수 및 지질자원(연)에서 채취한 지하수를 상온에서 각각 3회씩 반복하여 실험하였다. 추출효율을 알기 위해서 Polonium 표준시료 Po-209(NIST SRM 4326)를 이용하였다. PERALS를 이용한 수중의 polonium은 섬광추출용액으로 분리한 후 시간 스펙트럼을 그림 1(a)에서 볼 수 있으며, 이때 측정된 에너지 스펙트럼은 그림 1(b)이다.

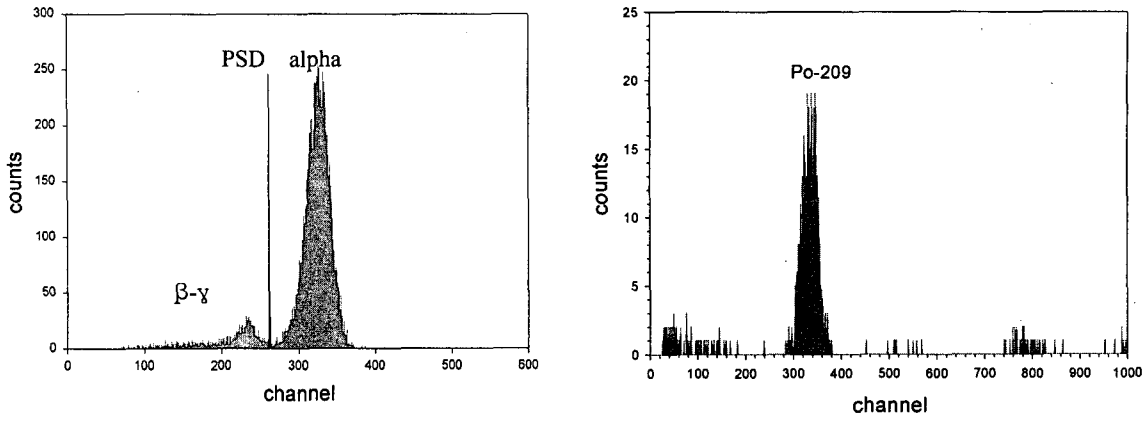

Fig. 1. Polonum Alpha Spectrum (a) time spectrum, (b) energy spectrum.

3. 결과 및 토의

실험의 재현성 및 추출효율을 알아보기 위하야 초순수 100 ml 에 표준시료 Po-209(NIST SRM 4326)를 추적자로 넣어 반복실험을 통해서 추출효율 및 재현성을 알아보았다. 아울러 지하수에도 같은 방법으로 표준시료를 넣고 반복실험을 하였고 그 결과를 표 1에 나타내었다. 아울러 위 방법을 실제 지하수에 적용하여 200분 계측하여 얻은 Polonium의 방사능은 29.1± 1.2 mBq/L 이었다.

Table 1. Summary of precision and extraction efficiency for Polonium measurement in water

sample / 횟수	초순수	지하수
1	63.36	55.45
2	58.03	53.41
3	56.85	58.21
추출효율(%)	59.41 ± 3.41	55.69 ± 2.41
재현성(%)	5.7%	4.3%

4. 결론

PERALS를 이용한 수중의 polonium을 분석법을 확립하였고 이를 실제 지하수에 적용하여 지하수내 Polonium의 양을 측정하였다. NIST Po-209 표준시료(STM 4326)을 이용한 Polonium 추출 분석시험을 반복 시행한 결과 약 56 %의 추출효율과 4 %의 재현성을 나타내었다. 하지만 이는 타 논문[5]에 비해 Polonium 추출 효율이 상대적으로 낮으므로 앞으로 추출효율을 높이는 데는 더 많은 반복 실험과 실험조건 개선을 위한 지속적인 연구가 추가로 요구된다 하겠다.

4. 참고문헌

1) J. Rencova, V. Volf, M.M. Jones, P.K. Singh, R. Filgas, Int. J. Radiat. Biol. 67(1995)229

2) M.V. Vladimirova, Radiochemistry 40 (4)(1998) 299

3) J. Rencova, V. Volf, M.M. Jones, P.K. Singh, R. Filgas, Int. J. Radiat. Biol. 63(1993)223

4) W.J.McDowell, B.L. McDowell, Alpha Liquid Scintillation Spectrometry, CRC Press Boca Raton, 1994

5) C.Veronneau, J. Aupiais, N.Dachux, Analytica Chimica Acta 415 (2000)229