

= 속보 =

다중시료 점적판을 이용한 트랙기입법의 재현성 증대 연구

박용준* · 표형열 · 송병철 · 지광용

한국원자력연구소 원자력화학연구부
(2004. 7. 1. 접수, 2004. 9. 9 승인)

Study on the Enhancement of Reproducibility for Track Technology Using a Multi-dot Plate

Y. J. Park*, H. Y. Pyo, B. C. Song and K. Y. Jee

Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, 305-353, Korea

(Received Jul. 1, 2004, Accepted Aug. 9, 2004)

Abstract : Alpha track technology can provide useful isotopic information of boron in the primary coolant water. In the quantitative analysis using the alpha track analysis, the shape or area of sample on the solid track detector becomes very important, especially for the analysis of liquid samples. In this research, a multi-dot plate has been developed for this purpose. The multi-dot plate provides fixed standard shape of the sample solution that stays inside of the printed circle, and consequently increases the reproducibility of the boron analysis.

Key words : Fission track, Alpha track, multi-dot plate, solid track detector

1. 서 론

알파 또는 핵분열 트랙기입법은 시료에 중성자를 조사하여 이때 발생하는 알파선이나 핵분열 생성물질을 이용하는 분석 방법으로 (n, α) 및 (n, f) 핵반응을 일으키는 모든 성분원소 검출에 적용이 가능하며, 특히 원전 1차 냉각계통 내에서 중성자 흡수제로 사용하는 보론의 동위원소 비를 측정하는데 사용될 수 있으며 동위원소 비 측정을 통하여 궁극적으로 원전운영의 효율성을 높일 수 있다.¹

보론의 분석방법으로는 보론과 작용하여 독특한 색

을 내는 발색시약법, 형광발색시약인 chromotropic acid를 이용하여 식물 조직, 비료 및 자연수 중에 포함된 보론 함량을 정량하는 형광법, 원자흡광법이나 플라즈마법과 같은 기기를 이용한 방법과 핵반응을 이용한 분석법 등이 있다.² 핵반응을 이용한 분석법은 NAA, PIXE, PGNAA와 같은 기기분석법과 알파 트랙기입법이 있다. 그중에 알파 트랙기입법은 시료에 열중성자를 조사하여 $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 핵반응에 의하여 생성되는 알파 입자가 고체트랙검출기를 손상시키면 이를 알칼리용액으로 좀 더 손상부위를 크게 하여 광학현미경으로 관찰이 가능하게 한 후, 그 수를 세어 보론 농도를 계산하거나, 고체 시료의 경우에는 보론의 분포를 알 수 있는 방법이다.^{3,4} Boron neutron capture therapy (BNCT)와 같은 보론을 알파 입자의 방출 원으로 이용하는 암 치료법에서도 알파 트랙기입법은 생체시료 내의 보론

★ Corresponding author

Phone : +82+(0)42-868-8153 Fax : +82+(0)42-868-8148

E-mail : jparky@kaeri.re.kr

분포를 구할 수 있는 장점을 보여주고 있다.⁵ 또한 다량의 시료에 대한 상용분석을 고려할 경우에도 트랙 분석기술은 조작이 단순하여 분석비용이 적게 드는 장점을 가진 유리한 방법이다.⁴

여러 가지 형태의 고체트랙 검출기 (Lexan, Macrofol, LR-115, CN-85, CR-39)에 대한 트랙기입 효율은 상품마다 약간씩 차이가 나며, 화학적 물리적 특성과 방사선에 대한 내성이 다르며 에칭 조건도 약간씩 다르게 보고되고 있다.⁶ 따라서 핵분열 트랙기입 분석기술은 이러한 트랙검출기의 특성과 관련하여 접촉하고 있는 분열성 핵물질의 농도, 에칭용액의 선정과 농도, 온도 등의 에칭조건과 중성자 선속밀도 등이 고려되어야 한다. 또한 계수 시 우주선과 같은 자연적 바탕값에 의하여도 트랙이 생기므로 현미경 관찰과 에칭조건에 이를 고려해야 한다.⁴

액체시료의 분석에는 시료를 트랙검출기 표면에 점적을 시켜 공기 중에 건조를 시킨 후 중성자 조사와 에칭과정을 거쳐 트랙을 관찰한다. 또한 미세입자를 분석하는 경우에도 입자를 용액에 분산시킨 후 트랙검출기 위에 점적 시키는 것이 일반적인 방법이다. 이 때, 용액을 자연 건조하였을 때 물의 표면장력 현상에 의해 입자 또는 용질이 검출기 표면에 불균일하게 분포되는 것을 방지하기 위하여 콜로디온을 용액에 섞어서 점적한다.⁷ 콜로디온 용액이 입자를 고르게 분포하도록 도와주지만, 트랙검출기 표면의 입자분포의 모양이나 면적은 일정하지 않게 된다. 점적용액의 모양이나 면적이 일정하지 않게 되면, 광학현미경을 이용하여 알파 및 핵분열트랙의 개수를 세는데 오차를 유발시키므로 분석의 정밀도를 떨어뜨리게 된다.

본 연구에서는 이와 같이 용액을 고체트랙 검출기 표면에 점적을 할 때 용액 또는 용액 내 존재하는 입자의 모양과 분포가 일정하게 되도록 검출기 표면에 일정한 면적을 가진 여러 개의 원을 프린트한 다중시료 점적판을 개발하였다. 다중시료 점적판의 사진을 Fig. 1에 나타내었으며, Fig. 2에는 다중시료 점적판의 윗면과 측면에서 본 자세한 평면도를 도시하였다. Fig. 2 (A)에 나타낸 바와 같이, 다중시료 점적판은 일정한 크기를 가진 여러 개의 원이 고체트랙검출기의 표면에 형성되어 있으며, 측면에서 본 평면도(B)에 보는 바와 같이 점적판 표면위에 원형으로 프린트된 부분이 표면에 비해 볼록하게 돌아있도록 형성되기 때문에 용액을 점적 할 때 용액이 원형 프린트 안에 머물 수 있도록

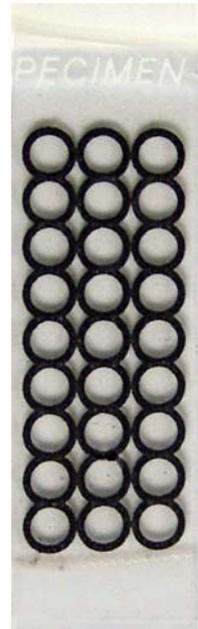


Fig. 1. Photo of a multi-dot plate.

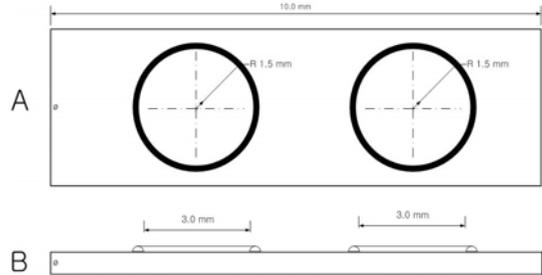


Fig. 2. Schematic diagram of a multi-dot plate. (A: top view, B: side view)

하는 특징을 보여준다. 다중시료 점적판의 원의 크기는 용액 4 μ L에 대해서 원의 내경이 3 mm정도가 적당한 것으로 나타났다.

알파 트랙기입법을 이용하여 ¹⁰B 핵종의 농도 또는 보론의 총 농도를 측정하기 위해서는 보론의 농도변화에 따른 알파트랙의 수의 변화를 측정하여 검정곡선을 작성하는 것이 일반적인 분석방법이다. 보론의 (n, α) 반응에 의해 생성되는 알파트랙의 수는 광학현미경을 이용하여 계수하기 때문에 고체트랙검출기 전체를 계수하는 것이 아니라 고체트랙검출기의 일정한 영역 (60 \times 40 μ m)만을 광학현미경으로 선택하고 선택한 영

역에 나타난 트랙의 개수를 계수하게 된다. 따라서 용액 시료를 점적할 때의 점적된 용액의 모양이나 면적이 불균일하다면 60×40 μm 영역 내의 트랙 개수의 불확도의 증가를 예측할 수 있다. 본 연구에서 개발된 다중시료 점적판 표면에 시료를 점적하고 건조시킨 후 점적된 형상의 면적의 재현성을 검토하고 일반 고체트랙검출기 표면에 점적하였을 때와 비교하였다. 콜로디온이 섞인 보론 표준용액을 4 μL 씩 취하여 일반 고체트랙검출기와 본 연구의 다중시료 점적판에 점적하고 점적된 대표적 형상을 Fig. 3에 예로 나타내었다.

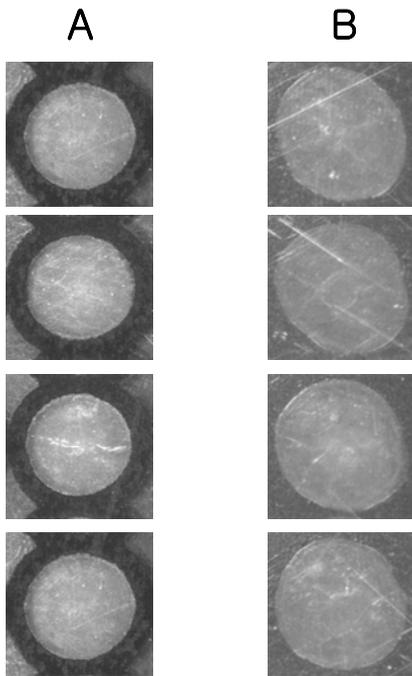


Fig. 3. Comparison of droplet marks of boron solution with (A) and without (B) a multi-dot plate.

Fig. 3에 보이듯이 고체트랙 검출기 표면에 지름이 3 mm인 원형의 점적판(A)을 만들어 사용함으로써 일반 고체트랙검출기(B) 표면에 점적하였을 경우보다 원형 형태의 일정하게 점적되었음을 보여 주었다. 실제 22 개의 시료에 대하여 점적된 용액의 면적을 계산하고 그 결과를 Fig. 4에 도시하였다. 본 연구의 다중시료 점적판을 이용하였을 때 점적 면적에 대한 표준편차가 7.66×10^6 에서 2.17×10^6 으로 줄어들음을 확인하였으며, 이에 따른 불확도(2σ)를 Fig. 4에 나타내었다.

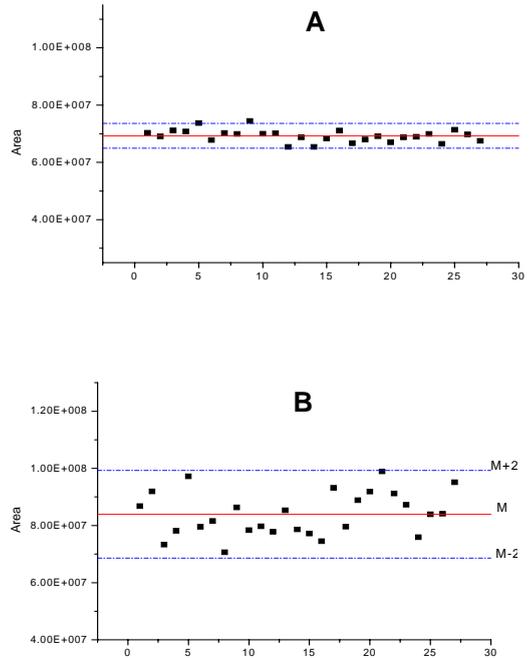


Fig. 4. Irregularity of the area of droplet marks with (A) and without (B) a multi-dot plate.

결론적으로 본 연구에서는 다양한 ¹⁰B 농축도를 갖는 보론 표준용액을 고체트랙 검출기 표면에 점적할 때 용액 또는 용액 내 존재하는 입자의 분포와 모양이 일정하게 되도록 검출기 표면에 일정한 면적의 원을 프린트한 다중시료 점적판을 고안하였으며, 다중시료 점적판을 이용하여 용액을 점적할 때, 용액이 원 안에 머물러 있도록 함으로써 표준용액 내에 존재하는 핵종의 분포와 모양이 일정하게 되도록 하여 알파트랙 기입법을 이용한 분석결과의 재현성을 향상시킬 수 있었다.

참고 문헌

1. M. Lelental, *Anal. Chem.*, **44**, 1270-1272(1972).
2. R. Braman, R. Hahn, W. Chambers, G. Parker, P. Coulter, R. Skonieczny, R. Greinke, "Treatise on Analytical Chemistry", Vol. 10, 26, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 1978.

3. R. N. Sah and P. H. Brown, *Microchemical Journal*, **56**, 285-304(1997).
4. S. A. Durrani, *Radiation Measurements*, **34**, 5-13 (2001).
5. R. U. Probst, *Resenius J Anal. Chem.*, **364**, 391-403(1999).
6. M. A. Misdaq, H. Khajmi, F. Aitnouh, S. Berrazzouk, W. Bourzik, *Nucl. Instruments and Methods in Physics Research B*, **171**, 350-3509(2000).
7. S. C. Sohn, Y. H. Pyo, Y. J. Park, K. Y. Jee, and W. H. Kim, *Anal. Sci. & Tech.*, **17**(1), 8-15 (2004).