

## 수중 방사능 측정시 이온교환농축법과 증발건조법의 비교

지평국 · 박종묵 · 노성기

한국에너지연구소

### 요 약

수중의 방사능을 측정하기 위한 전처리과정으로서 이온교환농축법과 증발건조법을 서로 비교하였다. 시료를 증발건조법으로 처리하였을때 방사성물질의 손실율은 이온교환농축법에 비해 20% 정도 많았다. 또, 1리터의 시료를 처리하는 데 소요된 증발시간은 70°C에서 증발시킨 경우 약20시간이었으나 이온교환농축법으로 같은 양의 시료를 처리하는데 소요된 시간은 약6시간이었다. 따라서 이온교환농축법이 증발건조법에 비해 효과적이며 특히 수중의 저준위 방사성물질 측정에 적합한 것으로 나타났다.

### 1. 서 론

수중 방사성물질의 방사능을 측정하는 데에는 다량의 시료를 취하여 그 방사능을 직접 측정하는 방법과 농축하여 측정하는 방법이 사용되고 있다. 직접측정방법에서는 시료의 화학적 처리과정을 거치지 않고 직접 측정할 수 있어 방사성물질의 손실 없이 결과를 신속히 얻을 수 있는 장점이 있으나 백그라운드처리상의 난점 때문에 저준위의 시료를 측정하는 데는 적합하지 않다[1]. 반면에 농축에 의한 측정방법은 시료의 화학적 처리가 필요하며 용기벽의 방사성물질 흡착으로 인한 손실과 처리에 장시간이 요구된다. 농축방법에는 증발건조법, 침전법[2], 이온교환법[3] 등이 있으나 주로 증발건조법이 이용되고 있다. 증발건조법에서는 시료처리가 오래 걸리고 방사성핵종들의 기화 및 용기벽 흡착등으로 인한 오차가 크기 때문에 실제 방사능을 정량하는데 많은 어려움이 따르게 된다[4]. 그러나 이온교환법은 증발건조법에서 나타나는 부정확도를 최소로 줄이는 동시에 시료처리 시간을 단축하며, 저준위의 시료를 측정할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 감마방사능 오염도가  $10^4 \mu\text{Ci/ml}$ 에서  $10^6 \mu\text{Ci/ml}$ 의 변화를 보이고 있는 한국에너지연구소 조사후시험시설내 사용후핵연료 저장폴물물 대상시료로 취하여 증발건조법과 이온교환법을 이용하여 분석하고 그 결과를 비교검토하였다.

### 2. 실험

#### 1) 실험재료 및 계측기

저농도의 수용액을 농축하기 위해 사용한 이온교환수지는 양이온 교환수지 Dowex 50W-X8(50-100 mesh, H<sup>+</sup>형)과 음이온교환수지 Dowex 2-X8 (50-100 mesh, OH<sup>-</sup>형)였다. 수지내에 존재하는 이물질을 제거하고 완전한 H<sup>+</sup>형과 OH<sup>-</sup>형으로 만들기 위해 1ml의 양이온과 음이온수지관에 30ml의 1N HCl과 1N NaOH용액을 0.3ml/min의 유속으로 통과시킨 후, 60ml의 증류수를 2.5ml/min의 유속으로 각 수지관에 통과시켜 세척하였다.

분석대상시료로 사용후핵연료 저장폴물물 2리터를 채취하여, 방사성물질의 용기벽흡착을 방지하고 용액중 콜로이드 상태의 핵종을 이온화시켜주기 위해

HCl 용액을 첨가하여 낮은 농도의 산성(pH4)으로 만들었다[5,6]. 대상시료내의 주 오염 방사성핵종은 Cs-134, Cs-137, Co-60 및 Sr-90이므로 표준시료를 만드는 데에도 0.1N HCl에 희석된 Cs-137, Co-60 및 Sr-90을 사용하였다. 이때 표준원액중의 Cs-137, Co-60 및 Sr-90의 비방사능은 0.001, 0.002, 0.001  $\mu\text{Ci/ml}$  였

으며, 각각 0.1  $\mu\text{Ci}$ 를 취하여 증류수 10리터에 희석한 다음 염산을 사용해 pH4의 산성으로 만들었다.

방사성핵종은 저준위  $\alpha$ - $\beta$  방사능측정기(Canberra, Model 2400)와 고순도 Ge 측정기 및 다중과고분석기(Canberra, Series 10)를 사용하여 측정 분석하였다.

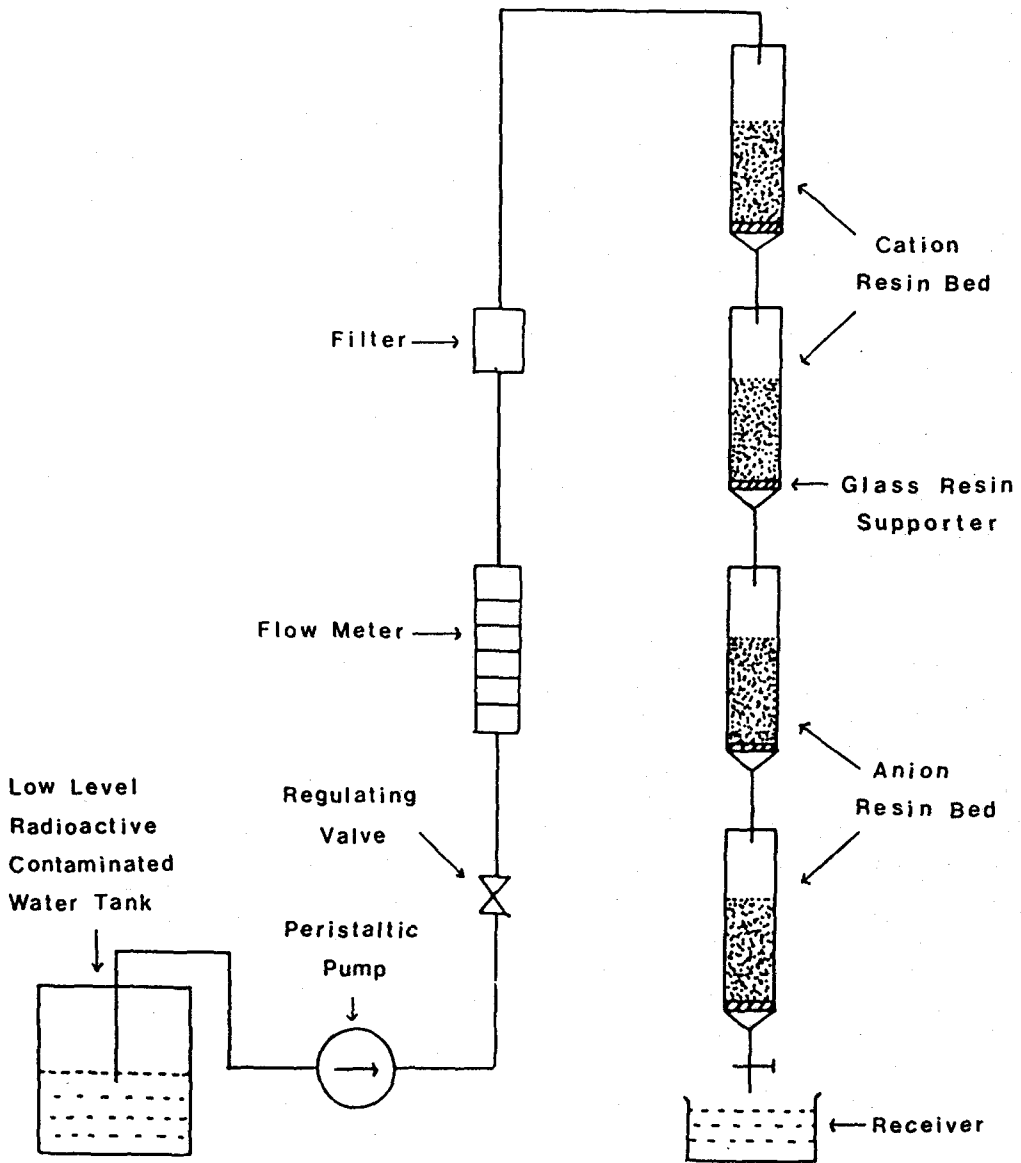


Fig.1. Schematic diagram of the concentration system using ion-exchange resin.

## 2) 이온교환수지에 의한 농축 및 측정 방법

저농도 수용액의 농축에 사용한 이온교환시스템을 그림1에 도시하였다. 이 시스템에 사용한 이온교환수지관은 수지와 시료간의 접촉 시간을 가능한 길게하기 위해 내경 7mm, 길이 90mm의 Lucite관으로 하였다. 수지의 흘러내림을 방지하기 위해 관 하부에 100mesh 이하의 작은 구멍이 뚫린 유리필터를 설치하여 준비된 수지 1ml를 넣었으며 수지의 높이는 60mm 였다. 미세하지만 수지에 흡착되지 않고 빠져나가는 이온들을 흡착시키기 위해 그림1에서 보는 것과 같이 2개의 관을 직렬로 연결하였다. Iodide 등과 같이 시료내에 존재하는 음이온 방사성핵종을 흡착시키기 위해 2개의 양이온 흡착관 다음에 2개의 음이온 흡착관을 연결하였다. 수지관내를 흐르는 유속을 가능한 일정하게 유지하기 위해 연동펌프(Peristaltic Pump)와 조절밸브(Regulating Valve)를 사용하였으며 유량계를 연결하여 유속을 조절하였다.

방사성핵종들이 흡착된 수지관은 떼어내어 직접 감마선을 측정함 다음 약20ml의 2N HCl 과 2N NaOH를 0.2ml/min의 유속으로 통과시켜 탈착시료를 플라넵에 건조시킨후 역시 감마선 및 전베타를 측정하였다.

## 3) 수지관 내의 최적 유속 결정

이온교환수지에 흡착되는 이온의 흡착속도는 실험조건과 이온의 특성에 따라 다르기 때문에 시료에 함유되어 있는 모든 이온들의 흡착을 위해서 수지와 시료간의 접촉시간을 충분히 하여야 하는 한편 시료 처리에 소모되는 시간을 단축하기 위해서는 관내를 흐르는 시료의 최적유속을 결정하는 것이 매우 중요하다. 준비된 표준시료중 1리터를 앞에서 기술한 방법으로 양이온수지관에 관내유속 3.3ml/min(전체 접촉시간 : 5시간)부터 33ml/min(전체 접촉시간 : 0.5시간)까지 변화시키면서 표준시료내의 양이온들을 수지에 흡착시켰다. 흡착된 방사성 양이온 물질을 고순도 Ge 측정기로 측정하여 그 결과를 그림2에 나타내었다. 그림2에서 알 수 있는 것과 같이 전체적으

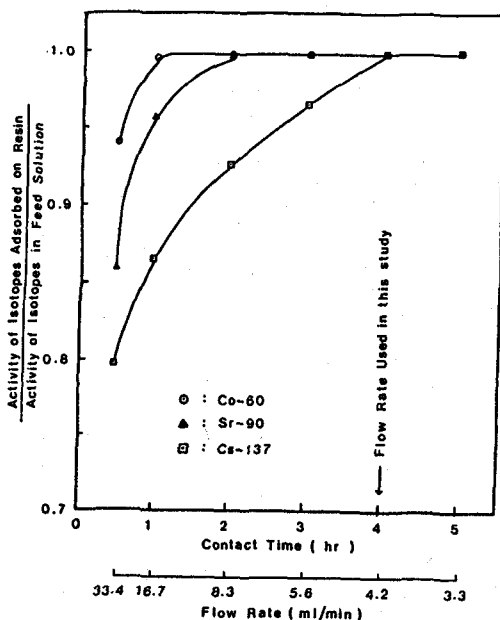


Fig.2. Adsorption of isotopes on the resin as a function of contact time between resin and solution. Volume of solution passed through the column : 1 liter. Total ion-exchange capacity used in one column : 1.9 meq. Activity of isotope in solution : Co-60 =  $2 \times 10^{-5}$   $\mu$ Ci/ml, Sr-90 =  $10^{-5}$   $\mu$ Ci/ml, Cs-137 =  $10^{-5}$   $\mu$ Ci/ml.

로 유속이 느릴수록 더 높은 흡착율을 나타내다가 일정한 유속 이하에서 포화상태를 이룬다. 각 핵종들이 포화를 이루기 시작하는 유속은 Co-60이 16.7 ml/min, Cs-137이 4.2ml/min이고 Sr-90은 8.3ml/min을 나타내고 있다. 본 실험에서는 흡착율에 영향을 미치는 조건을 모두 일정하게 하였기 때문에 유속에 따라 각 핵종간의 흡착율이 차이가 나는 것은 각 핵종들의 수지에 대한 친화력이 다르기 때문이다[7,8]. 본 실험에서 취급하는 정도의 농도에서 4.2ml/min의 유속은 거의 모든 이온들이 흡착되는 유속으로 나타났다. 이 결과는 Samuelson[9]의 Cadmium Iodide 용액에 대한 유속효과 실험의 결과와 일치하고 있다. 따라서 사용후핵연료 저장물체의 처리에서는 4.2ml/min를 최적유속으로 적용하였다.

## 3. 결과 및 결론

준비된 2리터의 시료중 1리터는 이온교환수지에

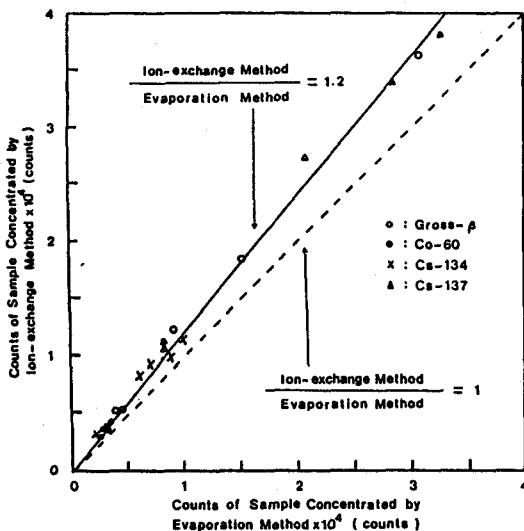
흡착시켜 농축한 방사능을 측정하였고 남은 1리터는 70°C에서 증발농축한후 측정하였다. 방사능 측정시 농축 시료의 기하학적 구조가 같아야하므로 동일한 규격의 플라켓에 농축 시료를 건조흡착시켜 사용하였다. 이온교환법에서는 1리터의 시료를 4시간 동안 수지관을 통과시킨 후 수지에 흡착된 이온을 2N HCl 20ml로 약2시간동안 탈착건조시켰으므로 총 6시간이 소요된 반면 1리터의 시료를 증발건조시키는데는 약20시간이 소요되었다. 측정결과를 비교하기 위해 그림3과 같이 방사능 측정값을 증발건조법 대비 이온교환법으로 표시하였다. 그림3에서 알 수 있는 것과 같이 증발건조법에 의한 측정값은 이온교환법에 의한 것에 비해 약20%정도 낮은 측정값을 보여주고 있다. 이와같은 차이는 시료의 증발건조시 발생하는 핵종의 손실에 의한 것으로 볼 수 있다. 수중 방사능 측정 목적에 따라 현재 증발건조법이 많이 사용되지만 수중의 저농도 방사능을 측정하는데는 증발건조법에 의한 농축방법보다는 이온교환법에 의한 농축방법이 정확한 결과를 줄 수 있을 뿐만아니라 이에

의한 시료의 처리속도가 빠르며, 또한 방사능 측정시 농축된 시료를 차폐체 내에서 측정할 수 있으므로 직접측정방법에서 문제시되고 있는 방사능 백그라운드 영향의 최소로 줄일 수 있다. 한편, 음이온환에서는 어떤 핵종도 계측되지 않았다.

결론적으로 정확하고 빠른 결과가 요구되는 수중 저농도 방사능 측정시에는 이온교환농축법이 증발건조법보다 효과적인 방법으로 판단된다.

## REFERENCES

1. T. Suzuki, "Optimum geometry of a large marinerli-type vessel and its application to environmental aqueous samples", *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **35** (11), 1029(1984).
2. 양정린, 환경방사능 시료분석 및 평가, 원자력발전소 건설 및 발전을 위한 기술용역 보고서, 한국전력공사(1980).
3. W.J.Campbell et al., "Micro and trace analysis by a combination of ion exchange resin-loaded papers and X-ray spectrography", *Anal. Chem.*, **38**, 987(1966).
4. B.Holynska, "Energy dispersion X-ray fluorescence techniques in water pollution analysis", *Nuclear Techniques in Groundwater Pollution Research*, IAEA, Vienna, 179(1980).
5. W.Stumm and J.J. Morgan, *Aquatic Chemistry*, Wiley and Sons, New York (1981).
6. I.E.Starik, *Principles of Radiochemistry*, AEC-tr-63 13(1964).
7. F.C.Nachod and J.Schubert, *Ion Exchange Technology*, Academic Press, New York, pp.55-63(1956).
8. F.Helfferich, *Ion Exchange*, McGraw-Hill Book Co, New York, pp.156-164(1961).
9. O.Samuels, *Ion Exchangers in Analytical Chemistry*, Wiley and Sons, New York, pp.54-60(1953).



**Fig.3.** Comparison of counts of isotopes concentrated by ion-exchange and evaporation methods from same volume of water sample. Volume of water sample : 1 liter. Total ion-exchange capacity used in one column : 1.9 meq. Activity of isotope in solution :  $10^{-4}$  -  $10^{-6}$   $\mu\text{Ci/ml}$ .

## **Comparison of the Ion-exchange Method and Evaporation Method for the Detection of Radioactivity in Water**

**Pyung-Gook Ji, Chong-Mook Park, Seung-Gy Ro**

*Korea Advanced Energy Research Institute*

### **ABSTRACT**

An ion-exchange method for the detection of radioactivity in water using ion-exchange resin in concentrating radioactive nuclides was compared with an evaporation method. The loss of the radioactive materials in the sample treated by the ion-exchange method was less by about 20% than that by the evaporation method. In addition, the evaporation method needed about 20 hours for evaporating one liter of the sample at 70°C, while the ion-exchange method spent 6 hours to adsorb and desorb the same amount of the sample on the resin. Consequently, the ion-exchange method is more effective than the evaporation method for the treatment of the radioactively contaminated water and is especially suitable for detecting the low-level radioactivity in water.