

원전 폐순환냉각수계통 방식제의 이온교환설비 성능 영향 평가

이지훈, 양호연, 이정진

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

jihoon@khnp.co.kr

1. 서론

영광 및 울진 5, 6호기 액체방사성폐기물처리계통의 전처리설비에서 제거되지 않은 화학성분은 후단의 이온교환설비 성능과 수명 저하의 원인이 된다. 즉 고전도도 폐액의 유입은 폐액내 화학성분으로 인해 이온교환 탈염기를 조기에 포화시키기 때문이다.

특히, 폐순환냉각계통의 방식제로 사용중인 아질산나트륨(NaNO_2)은 고농도(700~1,000ppm)의 화학물질로, O/H 기간 중 폐순환냉각계통의 점검 및 관련기기 보수작업을 위한 계통수 배수시 액체폐기물처리계통에 유입되어 단기간에 이온교환수지를 포화시킴으로써 폐수지 발생 및 이온교환수지 교체작업으로 인한 작업자 피폭의 주원인이 되고 있다. 이와 같은 문제 해결을 위해 이온교환수지에 영향이 적으며, 저농도로도 방식효과를 가지는 대체약품으로 방식제의 개선이 필요하다.

본 연구에서는 방식제로 국내외에서 널리 사용되고 있는 아질산나트륨과 하이드라진(N_2H_4) 방식제를 대상으로, Lab-scale 실험을 통해 실제 영광 5,6호기에서 사용되고 있는 양이온교환수지(Rohm and Haas, Amberjet 1600H)에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

2. 실험방법

방식제별 이온교환설비의 효율 및 수명분석을 통하여 방식제 개선에 따른 영향을 평가하였다. 이온교환수지는 Amberjet 1600H(양이온교환수지)를 이용하였으며, 방식제는 아질산나트륨과 하이드라진 방식제를 사용하였다. Lab-scale 이온교환설비는 원전 액체폐기물처리계통의 이온교환설비를 고려하여 축소 제작하였다.(Fig.1) Lab-scale 이온교환수지탑 크기는 내경 1cm, 높이 20cm로 10cm까지 이온교환수지를 충전하였다. 실험조건은 Table 1과 같이 이온교환수지 수명평가 실험의 경우 방식제별 포화시점을 비교하였으며, 방식제 유입에 따른 코발트 제거능 평가 실험의 경우 코발트 이온을 방식제와 혼합하여 이온교환설비에 유입시 방식제별 코발트 제거능에 미치는 영향을 평가하였다. 분석방법은 아질산나트륨일 경우 나트륨 이온(Na^+)은 이온 분석기(ORION 940model)로 분석하였으며, 하이드라진인 경우는 Iodine 적정

법으로 분석하였다.

Table 1. Experimental Conditions of Ion Exchange Column for Corrosion Inhibitors.

| 항 목 | 방식제별 이온교환수지 수명 평가 | 방식제유입에 따른 코발트 제거능 평가 |
|--------|--|--|
| 방식제 농도 | NaNO_2 100 ppm, N_2H_4 100 ppm | NaNO_2 800 ppm, N_2H_4 100 ppm |
| 유량 | 24 ml/min (60gpm) | |
| 코발트 농도 | - | 50 ppm |

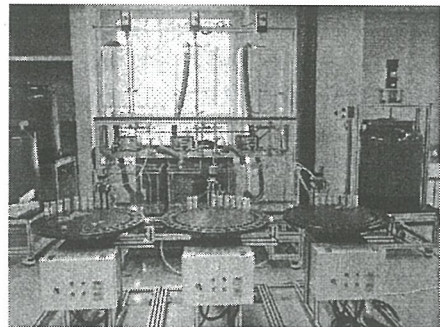
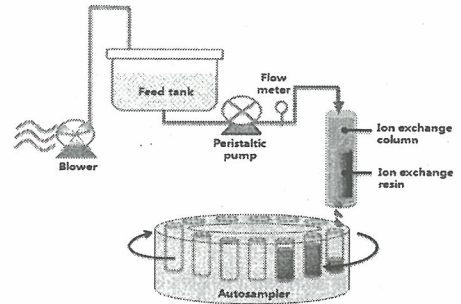


Fig. 1. Lab-scale ion exchange facility.

3. 결과 및 고찰

3.1 이온교환수지 수명 평가

이온교환수지 수명평가는 유입용액의 100%가 유출되는 시점(포화시점)으로, 방식제별로 이온교환수지의 제거능이 완전히 상실된 시점으로 평가하였다. Fig. 2는 아질산나트륨 방식제와 하이드라진 방식제 모두 100 ppm을 적용시 이온교환수지탑의 과포화현을 나타낸 것이다. 아질산나트륨 방식제의 경우는 5,760ml에서 유입농도의 10%가 유출되기 시작하였으며 그 시

점부터 급격히 올라가 360분인 8,640ml에서 유입농도의 80%까지, 420분인 10,080ml에서 유입용액이 100%가 유출되었다. 이에 반해 하이드라진 방식제의 경우는 660분인 15,840ml에서 포화되었다. 같은 농도의 방식제 조건에서도 아질산나트륨에 비해 하이드라진 방식제가 유입된 경우 이온교환수지의 수명이 길고 처리용량이 큰 것을 확인 할 수 있다. 이는 아질산나트륨 방식제가 하이드라진에 비해 이온선택도가 높아서 양이온교환수지와 반응하는 Na양이 많기 때문이다. 따라서 하이드라진 방식제를 적용할 경우 아질산나트륨 방식제를 적용할 때 보다 양이온교환수지를 1.6배 더 활용할 수 있음을 알 수 있었다.

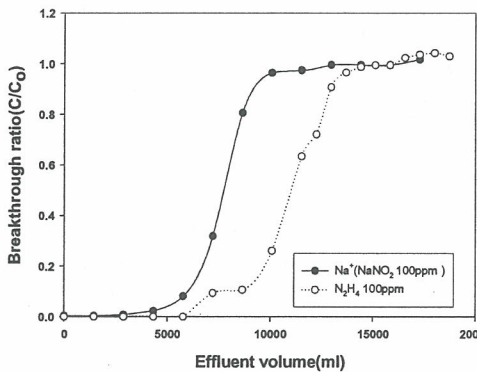


Fig. 2. Effect of corrosion inhibitors on ion exchange capacity.

3.2 방식제 유입에 따른 코발트 제거능 영향평가

아질산나트륨과 하이드라진 방식제에 모의 방사성 핵종인 코발트 이온을 혼합하여 이온교환탑에 유입시켰을 때 발전소의 이온교환수지 교환조건인 $C/C_0=0.1$ ($DF=10$)인 시점을 확인하여 방식제별 유입에 따른 코발트 제거능을 비교 평가하였다.

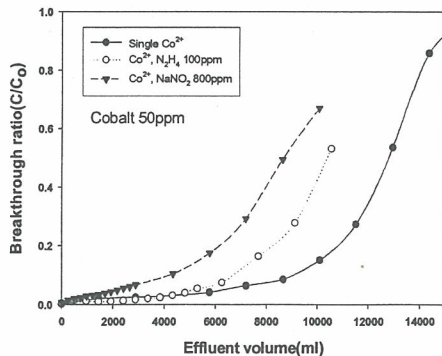


Fig. 3. Effect of corrosion inhibitors on cobalt removal efficiency.

50ppm의 코발트 농도가 $C/C_0=0.1$ 에 도달하는 시점을 비교했을 때 아질산나트륨 방식제의 경우 180분인 4,320ml이었으나, 하이드라진 방식제의 경우 280분인 6,670ml으로 1.5배 더 길었다.(Fig. 3). 이는 하이드라진에 비해 아질산나트륨이 양이온교환수지와 더욱 반응력이 우수하여 코발트가 이온교환될 반응기와 경쟁적으로 이온교환이 되기 때문에 코발트가 제거되지 않고 조기에 누출되는 것으로 해석된다, 따라서 본 연구결과에서는 하이드라진 방식제가 유입된 경우 아질산나트륨 방식제가 유입된 경우보다 코발트 제거능에 미치는 영향이 1.5배 이상 개선된 것으로 확인되었다.

4. 결론

폐순환냉각수 계통의 방식제가 액체폐기물처리계통의 이온교환설비의 운전성능에 미치는 영향을 평가하기 위해 방식제별 이온교환수지의 수명 평가와 방식제별 유입에 따라 코발트 제거능에 미치는 영향을 비교 분석하였다. 방식제별 양이온교환수지탑 수명분석 결과, 같은 농도의 방식제 조건에서도 아질산나트륨에 비해 하이드라진 방식제가 유입된 경우 이온교환수지탑의 수명이 길게 유지할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 방식제 유입에 따른 코발트 제거능을 비교 분석한 결과, 코발트 농도 50 ppm에서 하이드라진 방식제가 유입된 경우 아질산나트륨 방식제가 유입된 경우보다 코발트 제거능에 미치는 영향이 1.5배 이상 개선되었다. 따라서 원전 폐순환냉각계통의 방식제로서 하이드라진 방식제를 사용할 경우 아질산나트륨을 방식제로 사용하는 것보다 액체폐기물처리계통의 이온교환수지 수명을 연장하여 사용할 수 있을 것이다.

5. 참고문헌

- [1] Helena Lindgren et al., "Comparison of amine-selective properties of weak and strong cation-exchangers", Journal of Chromatography A, (1128) 73-78, (2006).
- [2] Sang-woon Shin, Hoyeon Yang, "Application of Silica-based Inorganic Ion Exchange Resin and its immobilization for the Treatment of Radioactive Liquid Waste", TR00NC04,C2002.7 in KHNP Report, (2002).
- [3] W. Conard Fernelius et al., "Ion exchange", McGraw-Hill Book company, pp624, (1962).