

농축폐액 건조분말 파라핀 고화드럼으로부터 분리된 파라핀 세정

최영구, 김대환, 안승건, 장대성*, 이승춘*, 정용태**

선광원자력안전(주), 서울시 구로구 구로동 106-4번지

*선광원자력안전(주), 부산시 기장군 장안읍 길천길 96-1번지

**한국수력원자력(주), 부산시 기장군 장안읍 길천길 96-1번지

choiyk09@gmail.com

1. 서론

원자력발전소를 운영하면서 발생하는 액체폐기물들은 CWDS(Concentrated Water Dry System)를 통하여 물은 증발, 응축해서 회수되고 방사성폐기물들은 농축해서 분말 형태로 보관한다. 이들 농축폐액 분말들은 고화 과정을 거치게 되는데 파라핀 고화의 경우, 제조과정에서 층 분리가 일어나 균질성 확보가 어렵고 내 침출 특성이 불량하여 중·저준위 방사성폐기물처분장 인수기준을 만족하지 못하고 있다. 이것을 해결하기 위해서 한국수력원자력(주)는 파라핀을 대체할 새로운 농축폐액 건조분말 고화기술을 개발하기 위해서 노력하고 있으며 또한 현재 각 원전에 저장되어 있는 약 3,650드럼의 파라핀고화드럼을 처리해서 최종적으로 방사성폐기물처분장으로 안전하게 인도하기 위해서 처리 기술을 개발하고 있다. 본 연구의 목적은 현재 발전소에 저장되어 있는 농축폐액건조분말 파라핀고화드럼으로부터 분리된 파라핀을 자체처분하기 위해서 파라핀 내에 존재하는 핵종들을 제염할 수 있는 기술을 개발하는데 있다.

2. 본론

2.1 Lab-Scale 실험

파라핀고화체로부터 분리된 파라핀이 자체처분이 가능하도록 분리하기 위해서 실험실 조건에서 모의 농축폐액을 사용하여 실험하였다. 봉산을 사용하여 모의농축폐액을 만들고 발전소에서 현재 사용하고 있는 파라핀으로 모의 파라핀 고화체를 만들었다. 파라핀고화 방법은 고리1발의 농축폐액 파라핀고화 절차서를 준수해서 만들었으며, 100ml 파라핀용액에 $8.2 \times 10^5 \text{Bq/l}$ 방사능 농도를 첨가하여 모의시료를 만들었다. 제작한 모의 파라핀 고화체를 분리한 후 순수한 물만을 사용한 세정효과를 보기 위해서 실험하였다.

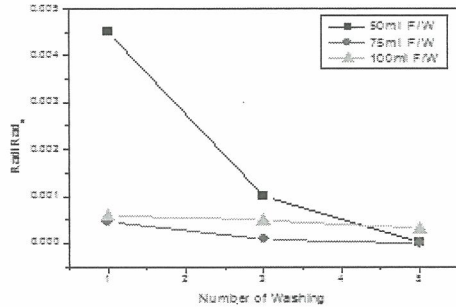


Fig. 1. Radioactivity of the cleaning solution.

그림1은 분리된 파라핀의 세척 용액의 농도와 세척횟수에 따른 방사능 농도변화를 나타낸다. 세척용액의 농도는 각각 50ml, 75ml, 100ml를 사용하여 실험했으며, 각각의 세척용액에 대해서 5회씩 세척을 수행하였다. 50ml 세척용액을 사용하여 파라핀을 세척할 경우 1회 세척할 경우 세척용액의 방사능 농도는 $3,700 \text{Bq/l}$ 를 나타냈으며 3회와 5회 세척할 경우 각각 820Bq/l 과 1Bq/l 를 나타내었다. 70ml 세척용액의 경우 1회, 3회, 5회 세척함에 따라서 세척용액의 방사능 농도는 각각 370Bq/l , 70Bq/l , 1Bq/l 를 나타내었다. 100ml 세척용액의 경우 1회, 3회, 5회 세척함에 따라서 세척용액의 방사능 농도는 각각 475Bq/l , 400Bq/l , 250Bq/l 를 나타내었다.

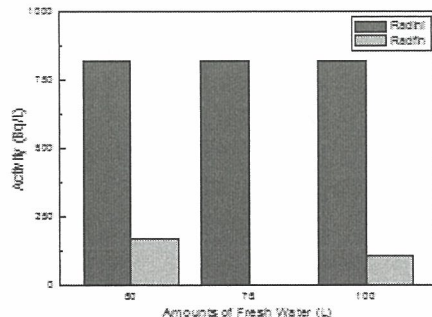


Fig. 2. Radioactivity of the paraffin.

그림2는 분리된 파라핀의 세척 후 방사능 농도를 측정된 값이다. 100ml 파라핀의 경우 75ml 세

정용액을 사용하여 3회 정도 세정할 경우 자체처분 기준을 만족함을 알 수 있었다.

2.2 실증 실험

실증실험을 위해서 각 발전소에서 사용되고 있는 200ℓ 파라핀 고화드럼을 축소하여 30ℓ 고화드럼을 제작하였으며, 이것을 사용하여 2011년 4월 5일부터 8일 사이에 진행된 고리1발전소 파라핀고화드럼 생성과정에서 30ℓ 파라핀 고화체 5개를 만들었다. 이들 파라핀고화드럼으로부터 분리된 파라핀을 사용하여 세정실험을 수행하였다. 실험실에서 수행하였던 동일한 방법으로 물을 사용하여 9차례 걸쳐서 세정하였다.

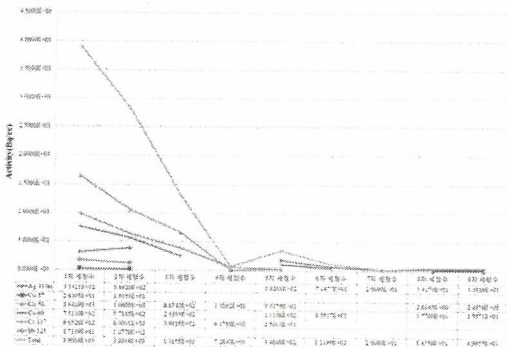


Fig. 3. Radioactivity of the cleaning solution.

그림3은 파라핀 세정용액의 방사선 값이다. 그림에서 보이듯이 세정이 진행됨에 따라 세정수 내의 방사능 농도가 감소됨을 알 수 있으며, 이는 모의실험과 유사한 경향성을 보이고 있다.

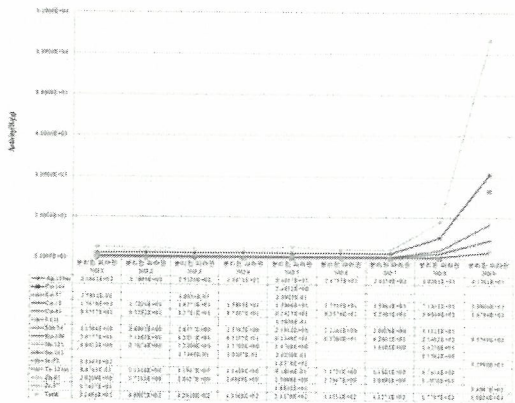


Fig. 4. Radioactivity of the paraffin.

6차 세정 이후에는 방사능 농도의 감소가 거의 일정하게 유지되고 있어 9차 세정을 마지막으로

파라핀 세정작업을 종료하였다. 그림4는 분리된 파라핀의 세정 후 방사능 농도를 측정 한 값이다. 파라핀 세정실험 종료 후 배출된 파라핀을 1ℓ 시료용기 9개에 담았으며, 각 시료별 방사능 농도를 측정하였다. 시료번호 1은 장치에서 처음 배출된 파라핀이며, 시료번호 9번은 장치에서 제일 마지막에 배출된 파라핀이다. 분리된 파라핀 1~7번 시료의 경우 방사능 농도가 낮은 반면, 시료번호 8, 9번은 방사능 농도가 다소 높게 측정되었다. 이것은 추가실험을 통해서 밝혀진 파라핀 층과 폐액 층 사이에 존재하는 콜로이드와 에멀전을 포함한 오일 층이 파라핀 배출 시 파라핀이 먼저 빠져나오고 오일 층이 제일 나중에 배출되기 때문에 나타나는 것으로 확인하였다. 결과적으로 물을 사용한 파라핀 세정에는 자체처분을 위한 수준까지 세정이 어렵다고 판단하였다. 이것을 해결하기 위해서 다양한 형태의 화학세정 실험을 수행하였으며 이들 세정방법들 중에서 벤토나이트 혼합 시약인 SK-CLE-001의 세정효과가 가장 우수하였다.

Table 1. Radioactivity of separated paraffin.

구분	세정 전 (Bq/g)	세정 후 (Bq/g)
드럼 #1	3,600	0.043
드럼 #2	4,300	0.046
드럼 #3	1,600	0.022
드럼 #4	2,300	0.026

표1은 실증실험을 위해서 만들어진 30ℓ 크기의 파라핀 고화드럼으로부터 분리된 파라핀의 세정 전, 후의 핵종 분석 값이다. 세정 후 모든 핵종에서 자체처분 기준치 이하로 나타남을 확인 할 수 있었다.

3. 결론

파라핀 고화 드럼으로부터 분리된 파라핀을 자체처분하기 위해서 파라핀 세정기술을 개발하였다. 벤토나이트혼합시약인 SK-CLE-001을 사용하여 실제 파라핀고화드럼으로부터 분리된 파라핀을 세정한 결과 세정 후 모든 핵종에서 자체처분 기준치 이하로 나타남을 확인 할 수 있었다.