

물을 이용한 방사성 폐유 세정

신제신, 김우섭, 허창열, 이화준, 배지수, 오영희

한국수력원자력(주), 경북 경주시 양남면 나아리 260 월성원자력 제2발전소

s2s@khnp.co.kr

1. 서론

국내 원전에서는 폐윤활유 등의 방사성 폐유가 매년 200드럼 가량 발생하고 있다. 특히 월성원전에서는 삼중수소에 의한 오염으로 매년 120드럼 가량의 방사성 폐유가 발생하고 있다.

한국수력원자력(주)는 2~3년마다 한번씩 용역을 발주하여 방사성 폐유를 정제하고 있다. 폐유 정제에는 여과, 유수분리, 가열증발, 화학약품을 이용한 침전 등의 방법이 이용되고 있으며 이런 방법을 이용한 정제작업은 프로세스가 복잡하고 인력이 많이 소요되며 필터, 슬러지 등의 부산물이 발생한다. 정제된 폐유는 자체처분할 수 있지만 정제되지 않는 폐유나 정제 부산물인 폐유 슬러지는 고화하여 방사성 폐기물 드럼으로 처리해야 하는데 고화과정에서 부피가 배로 증가하며 고화처리와 최종적인 처분과정에서 많은 비용이 발생하게 된다.

그러하여 보다 간단하며 부산물이 발생되지 않는 새로운 방식의 방사성 폐유 정제 방법을 연구할 필요가 있다.

2. 본론

2.1 물을 이용한 폐유 세정 원리

중수로 원전인 월성원자력발전소에서 발생하는 방사성 폐유의 70%는 삼중수소에 의해서만 오염된 폐유이며 30%는 삼중수소와 다른 핵종에 함께 오염된 폐유이다. 그러므로 월성원자력발전소에서 발생하는 방사성 폐유는 모두 삼중수소에 의해 오염되어 있다.

중수로 원전에서 삼중수소는 물 또는 수증기의 형태로 존재하므로 폐유에 포함된 삼중수소를 제거하는 방법은 기름에 포함된 물을 제거하는 방법과 같다. 그러나 폐유 속에 수분이 극미량 있을 경우에는 통상적인 유수분리 방법으로는 삼중수소를 제거하기 어려워진다. 이런 경우에는 폐유에 인위적으로 물을 주입한 후 물을 제거하는 방법이 효과적이다.

기준에 폐유에 물을 섞은 후 가열하거나 오랫동안 그대로 두었다가 물을 따로 배수하는 정제 방법이 사용되기도 하였으나 저자들은 다량의 물을 이용하여 폐유를 씻어내리는 방식을 처음 시도하였다.

2.2 월성원전 폐유의 삼중수소 오염 특성

방사성 폐유를 세정하기에 앞서 세정효과를 예측하기 위하여 폐유를 물과 혼합한 후 층분리하는 실험을 하였다. 시료는 월성원전에 보유 중인 방사성 폐유 드럼 중에서 37드럼을 무작위로 선정하여 각각의 드럼에서 100mL씩 채취하였다. 실험 방법은 물과 폐유를 1:1로 섞어 1분간 손으로 흔든 후 그대로 두어 층분리가 되게 한 다음 폐유의 삼중수소 농도 변화를 관찰한 뒤 물을 뽑아내어 버린 다음 남은 폐유를 다시 물과 1:1로 섞어 같은 과정을 반복하는 것이었다.

폐유의 최초 삼중수소 농도는 200~15,000 Bq/g이었으며 두 차례의 층분리 후 삼중수소 제거율은 20~99%로 다양하게 나타났다. 최초농도 대비 층분리후 삼중수소 제거율을 분산형 그래프로 나타내면 Γ자 형태로 분포하며 최초 농도가 특히 높았던 두 시료를 제외하면 아래가 좁고 위가 넓은 역삼각형 분포가 나타난다.

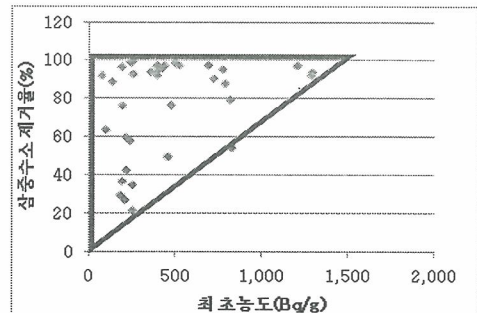


Fig. 1. Tritium Removal Efficiency of Oil-Water Separation vs Original Tritium Concentration

이런 역삼각형 분포는 최초 농도가 높은 폐유는 삼중수소 제거율이 모두 높은 반면 최초 농도

가 낮은 폐유는 삼중수소 제거율이 다양하기 때문인데 이러한 사실은 폐유를 물과 섞은 후 분리하는 방법으로 제거가 잘 되는 삼중수소와 제거가 잘 되지않는 소량(200 Bq/g 이하)의 삼중수소가 폐유 안에 다양한 비율로 존재함을 시사한다.

2.3 폐유 세정 효과

저자들은 Fig. 2에 나타난 것과 같이 폐유드럼에 물을 주입하면서 한동안 순환시킨 다음 물을 유수분리하여 배수하는 방식의 폐유세정장치를 제작하였다.

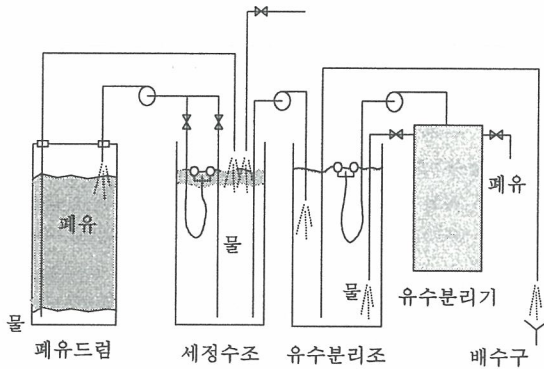


Fig. 2. Radioactive Spent Oil Washing System

이 폐유세정장치를 이용하여 증분리 실험을 했던 37드럼 중에서 무작위로 선정된 폐유 20드럼을 정제한 후 삼중수소 제거 성능을 평가하였다. 1회 세정에 약 150L의 세정수를 약 30mL/s의 유량으로 20분간 순환시켰으며 폐유를 세정한 물은 기름 성분을 제거한 다음 액체폐기물관리계통으로 배수하였다. 방사성 폐유에 포함된 방사성 핵종의 양은 액체폐기물로 배출하는 데 문제가 되지 않는 양이었다.

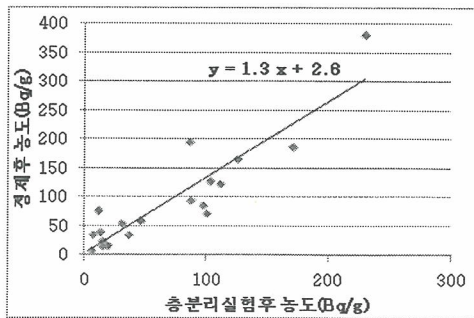


Fig. 3. Tritium Concentration after Washing vs after Oil-Water Separation

정제실험 후 삼중수소 농도는 증분리실험 후 삼중수소 농도와 대략적으로 비례하였다(Fig. 3). 20드럼 중 13드럼(65%)이 자체처분할 수 있는 수준인 100 Bq/g 미만으로 정제되었으나 세정운전시간이나 횟수를 늘리면 더 많은 폐유를 자체처분할 수 있다.

최초 삼중수소 농도에 대한 세정후 삼중수소 제거율의 분포는 증분리실험에서와 같이 역삼각형으로 나타났다(Fig. 4). 이는 삼중수소 농도가 매우 높은 폐유라도 정제하는 데에 큰 어려움이 없으며 그 안에 제거하기 어려운 삼중수소가 얼마나 포함되어 있는지가 자체처분이 가능한 수준까지 정제할 수 있는지 여부를 결정하게 됨을 의미한다.

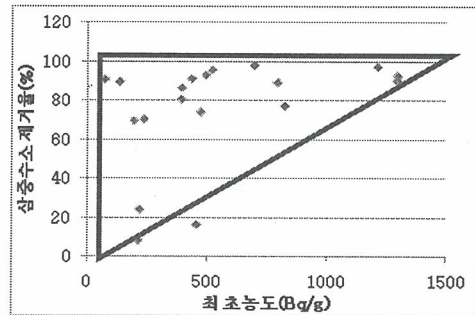


Fig. 4. Tritium Removal Efficiency of Washing vs Original Tritium Concentration

3. 결론

물을 이용하여 방사성 폐유를 세정하는 방법이 효과가 있음을 입증하였다. 이 방법은 액체폐기물을 통해 방사성 물질이 배출되기는 하나 그 방사능의 양이 미미하여 환경에 미치는 영향을 무시할 수 있으며 정제 부산물이 발생하지 않으므로 친환경적이다. 또한 증분리 실험의 삼중수소 제거율과 세정의 삼중수소 제거율이 비례하므로 먼저 시료를 채취하여 증분리 실험을 함으로써 폐유세정장치로 정제하기에 적합한 폐유를 미리 알 수 있으며, 프로세스가 간단하여 인력이 적게 소요되는 장점이 있다.

4. 참고문헌

- [1] 방사성 함유 폐유활유 정제처리 용역 준공보고서, 2009년, KNDT&i(주).