

## 폐소듐 처리 연구

김병호, 남호윤, 금동권, 최용호, 임광득, 전인  
한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111  
bhkim1@kaeri.re.kr

### 1. 서론

소듐냉각 고속로 혹은 소듐 실험시설을 가동한 후에 발생하는 소듐에 오염된 기기들을 보수하거나 사용 후 소듐을 처리하기 위해서는 소듐 처리에 관련된 기술개발을 필요로 한다. 소듐을 처리하는 경우 격렬한 화학반응이나 고 위험성이 높은 폭발이 동반되기 때문에 이를 방지하기 위한 기술이 함께 포함되어야 하고, 방사성 오염 소듐을 처리하기 위하여 특정 처리기술을 갖출 필요가 있다.

방사성 소듐을 처분하는 유일한 방법은 현재로서는 안전하게 저장하는 것이지만, 꾸준히 증가하는 다량의 폐소듐을 감안하면 기술개발의 시급성이 대두되고 있다[1].

따라서 본 연구에서는 향후 방사성 폐소듐 처리를 위한 선행 연구로서 방사성 소듐을 안전하게 처리할 수 있도록 계통을 단순, 효율화하는 처리공정을 개발하여 이 공정의 타당성 검증실험을 수행하고자 하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 폐소듐 처리 공정

보편적인 NOAH 소듐처리공정[2]은 소듐을 가성소다 수용액에 주입하여 서서히 반응시켜 소듐을 가성소다로 만들어 처리하는 공정이다. 그러나 이 공정에서는 상부에서 주입된 소듐이 가성소다 용액보다 비중이 적어 소듐이 용액 상부에 적체되어 균일한 반응이 일어나지 않거나 적체된 소듐이 순간적으로 용액과 반응하는 문제점이 있다.

이러한 NOAH 공정상의 문제점을 보완하여, 가성소다 액면 하부에 사용후 소듐을 주입하여 혼합을 원활히 하며, 액면에 소듐이 적체되는 것을 방지하는 특성을 가진 신개념 사용후 소듐처리 공정을 개발하였다(Fig.1). 이 공정에서는 반응시 수소가스와 열이 발생하고 가성소다의 농도가 증가하므로 그림에서와 같이 반응용기를 중심으로 여러 계통이 필요하다.

#### 2.2 폐소듐 처리 실험장치

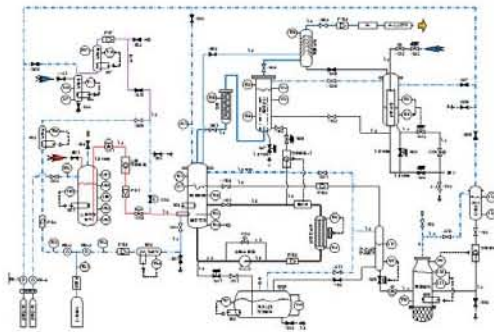


Fig. 1. P&ID for treatment of waste sodium.

이 실험장치(Fig. 2)는 소듐과 가성소다 수용액이 반응하는 반응용기, 소듐 주입계통, 질소 주입계통, 가스배기계통, 냉각을 위한 순환수계통, 저장/공급기능을 하는 보조계통 등으로 구성되어 있다. 분무노즐은 내관과 외관으로 환형으로 구성되고 내관의 중심으로는 소듐이 주입되고 외관에는 고온의 질소가스가 주입된다.



Fig. 2. Experimental facility for treatment of waste sodium.

#### 2.3 실험 방법

소듐 저장탱크에 압력을 가하여 300℃의 용융 소듐을 분무노즐을 통하여 반응기에 주입하였다. 소듐 저장탱크에 5개의 수위계를 설치하여 4 구

간, 즉 Level HH-H (970.5 ml), H-M (10,680.6 ml), M-L (5,822 ml), L-LL (5,822 ml)에서 소듐의 정량적인 주입량을 확인하였다.

두 가지 소듐 주입유량조건에서 소듐 처리실험을 수행하였다. Level HH-H 구간에서는 On-Off 유량제어밸브의 소듐 주입 조건을 On time 1.0 초, Off time 0.8 초, 소듐 주입압력 0.97 bar로, Level H-M 구간에서는 On-Off 유량제어밸브의 소듐 주입 조건을 On time 0.4 초, Off time 0.8 초, 소듐 주입압력 1.92 bar로 하여 소듐을 주입하였다. 반응기내 가성소다와 주입되는 소듐의 반응을 균일하게 유지하고, 어느 특정 부분에서 미반응 소듐이 농밀화되거나 혹은 급격하게 가성소다 용액과 순간적으로 반응하는 것을 방지하기 위하여 가성소다를 용액을 0.55/ℓ 속도로 순환시켰다. 가성소다의 농도를 50%이하로 유지할 경우 소듐과 가성소다 수용액의 반응이 빨라지므로 가성소다의 농도를 50~60%로 유지하도록 하였다.

2.4 결과

Fig. 3은 각기 다른 유량 조건에서 소듐처리실험을 수행한 결과로서 시간에 따른 수소 및 가성소다 농도, 반응기 압력의 변화를 보여 주고 있다. 수소농도는 소듐이 주입되기 시작한 직후 급격히 증가하기 시작하여 790 초를 지나면서 37%에 도달한 후 일정하게 유지되었다. 반응기의 압력은 약 0.17 bar에서, 가성소다 농도는 57% 근처에서 안정적으로 유지되었다.

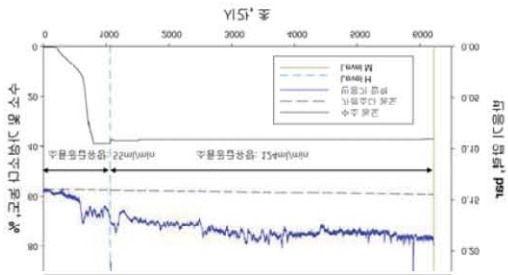


Fig. 3. Changes of hydrogen, NaOH Conc. and reactor pressure.

Fig. 4에 보여진 바와 같이 Level HH-H 구간은 On-Off 유량제어밸브의 소듐 주입 조건을 On time 1.0 초, Off time 0.8 초, 소듐 주입압력 0.97 bar로 하여 소듐을 공급한 결과를 나타내고 있다. 실제적으로 이 구간에서 소듐이 정량적으로 잘 주입되었는지 확인하기 위하여 반응가스 배출량, 발생한 수소 농도를 바탕으로 소듐처리량을 Fig. 4와 같이 계산하였다.

그림에서 보여진 바와 같이 이 구간에서 소듐 누적처리량은 940.8 g(1,066 ml)로서 실제적으로 소듐 저장탱크에서 주입된 소듐량 970.5 ml와 거의 일치하고 있다. 전체적으로 100 여분이 경과한 후 소듐 누적처리량은 10.49 kg(11.89ℓ)로서 소듐 저장조에서 실제로 주입된 소듐량 11.65ℓ와 반응가스 배출량, 발생한 수소 농도를 바탕으로 계산한 소듐처리량과 거의 일치하고 있다.

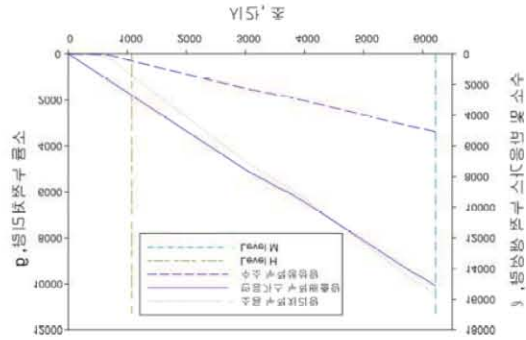


Fig. 4. Sodium removal weight.

3. 결론

본 연구에서 개발한 소듐 처리장치의 소듐 반응 완화성, 물모의 실험으로부터 도출된 소듐 주입조건, 그리고 처리공정 개념과 분무노즐의 타당성을 확인하였다. 이 장치를 활용하여 단기적으로 원자력연구원내 보유중인 폐소듐중 유용성이 좋은 2톤 정도를 당장 처분하는 것이 가능하고, 장기적으로 소듐 냉각고속로에서 발생된 방사성 오염 소듐을 처리하는 것이 가능할 것으로 기대된다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부가 시행한 원자력중장기연구개발사업의 결과물입니다.

5. 참고문헌

[1] 김병호 등 "소듐기술개발", KAERI/RR- 2729/2006.  
 [2] Magny, E., "Fast Reactor Bulk Sodium Coolant Disposal NOAH Process Application, IAEA Special Mtg. on Sodium Removal and Disposal from LMFBRs", Aix En Provance, France, pp. 145-151, 1997.