

농축폐액 및 이온교환수지 누적선량에 따른 폴리머고화체 가스발생 평가

이지훈, 박승철, 양호연, 박종길, 조항래

한수원(주) 중앙연구원, 대전시 유성구 유성대로 1312번길 70

jihoon@khnp.co.kr

1. 서론

원전의 운전중에 발생하는 방사성폐기물 중 농축폐액이나 폐수지는 시멘트 또는 파라핀을 이용하여 고화처리하여 왔으나 부피의 증가 및 처분의 부적합성 등으로 인하여 대체 고화방법이 요구되었다. 이에 따라 폴리머를 이용한 고화방법이 개발 되었다. 폴리머고화체는 누적선량에 의해 가스가 발생될 가능성이 있으므로 이에 대한 검토가 필요하다는 의견이 제시되었다. 본 연구에서는 국내 원전에서 발생하는 농축폐액과 이온교환수지 폴리머고화체의 원전 예상 누적선량에 따른 가스발생 평가를 수행하였다.

2. 평가방법

국내 원전의 예상 방사선원형으로서 약 0.12%의 핵연료 손상률과 드림 중앙부에서의 나오는 선량을 고려하여 300년동안 농축폐액 및 이온교환수지 폴리머고화체의 누적되는 선량이 어떻게 분포되는 지를 평가하였다. 농축폐액과 폼을 200L 드럼내 80%채우고 폴리머를 주입하는 것으로 선원형을 고려하였으며 이온교환수지를 1400L 드럼내 80%를 채우고 폴리머를 주입하는 것으로 선원형을 고려하였다. 누적선량평가를 위하여 미국 Sandia National Lab.에서 개발된 Runt-G 코드를 사용하였다.

3. 실험결과

3.1 농축폐액 누적선량 및 가스발생량 평가

Fig 1에 기간별로 농축폐액에서 발생하는 누적선량에 대하여 제시하였다. 분석결과 Cs, Co 등이 가스발생을 유발하는 선량률에 영향을 미치는 주 핵종으로 확인되었다. 농축폐액의 경우 처분기간 300년동안 누적되는 선량은 약 1.52E+5 Rad 임을 알 수 있다. 특히 주변 환기가 가능한 발전소나 처분시설 운영중 환경으로 예상되는 40년까지의 누적선량은 1.236E+5 Rad으로 처분기간인 40년 이후 300년까지의 누적선량 증가분인 2.61E+4 Rad에 비하여 상당히 높음을 알 수 있다.(Fig. 1) 이는 초기 40년동안 시간이 경과되면서 기여되는

선량률이 처분기간동안의 선량률보다 높음을 제시하는 결과이다. Fig 2에 운영중에 연간 선량이 저감하는 율을 분석하였다 그 결과 연간 선량율은 초기 7.603 E-1 rad에서 30년 4.391 E-2 rad로 감소되는 경향을 보였다. 운영중과 처분시 선량이 누적됨으로 동 기간별 누적선량에 해당되는 가스발생량을 Fig. 3에 제시하였다. 그 결과 발전소 운영중 40년까지 발생하는 농축폐액폴리머로 인한 가스의 발생량은 0.36 cc/g으로 전체 발생량 0.361 cc/g의 약 99 %를 차지하고 그 이후 가스발생량은 0.001 cc/g으로 전체의 1 %이내로 예측된다.

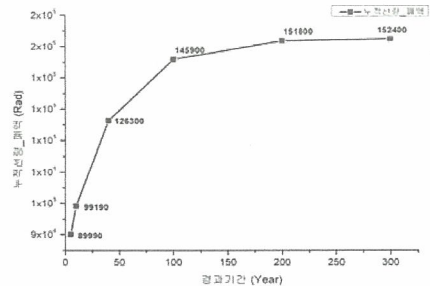


Fig. 1. Cumulative dose of liquid concentrate.

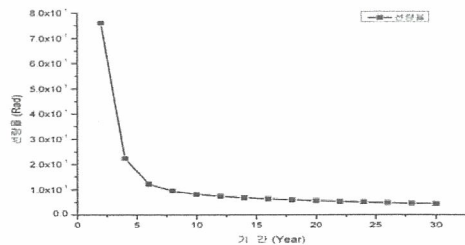


Fig. 2. Dose rate of liquid concentrate.

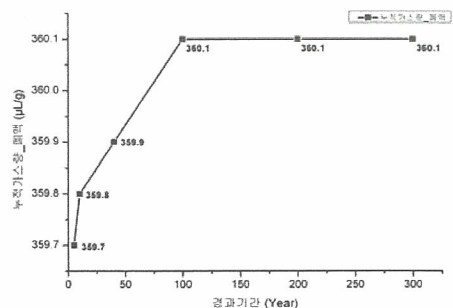


Fig. 3. Cumulative gas generation rate of liquid concentrate.

3.2 이온교환수지 누적선량 및 가스발생량 평가

고선량을 유발하는 이온교환수지는 1차측을 정화하는 이온교환수지로 구성되어 있다. 원전 내 고방사선수지의 구성은 Purification 수지, Deborating 수지, Pre-holdup 수지, Boric Acid Condensate 수지 등이 혼합되어 저장탱크로 유입되므로 상대적으로 선량이 높은 Purification 수지의 선량률이 혼합에 의해 많이 저감됨을 알 수 있다. 또한 저장탱크에서 10년 동안 저장되므로 그 기간내에 Co 등 반감기가 짧은 핵종에 대한 선량기여도가 저감된다.

Fig. 4에 기간별로 이온교환수지 폴리머고화체에서 발생하는 누적선량에 대하여 제시하였다. 분석결과 이온교환수지 폴리머고화체의 경우 발생 후 처분기간 300년 동안 누적되는 선량은 약 $1.92E+8$ Rad 임을 알 수 있다. 특히 누적선량은 주변 환기가 가능한 발전소나 처분시설 운영중 환경으로 예상되는 초기 발생에서 40년까지 $1.27E+8$ Rad 이고 그 이후 300년까지 누적선량의 증가는 $6.53 E+7$ Rad로 분석되었다. 이 결과를 통해 초기 40년 동안 기여되는 선량이 300년 처분기간동안에 발생하는 선량보다 높음을 알 수 있다.(Fig. 4) Fig. 5에 운영중에 연간 선량이 저감하는 율을 분석하였다 그 결과 초기 $4.648 E+2$ rad 에서 30년 $1.11 E+2$ rad로 연간 선량율이 감소하는 경향을 보였다. 운영중과 처분시 선량이 누적됨으로 동 기간별 누적선량에 해당하는 가스 발생량을 Fig. 6에 제시하였다. 그 결과 초기 40년까지 발생하는 이온교환수지 폴리머로 인한 가스의 발생량은 $0.66cc/g$ 으로 전체 발생량 $1.45cc/g$ 의 약 46 %를 차지하고 실제 처분장으로 반입시 가스발생량은 $0.79 cc/g$ 으로 산정되었다.

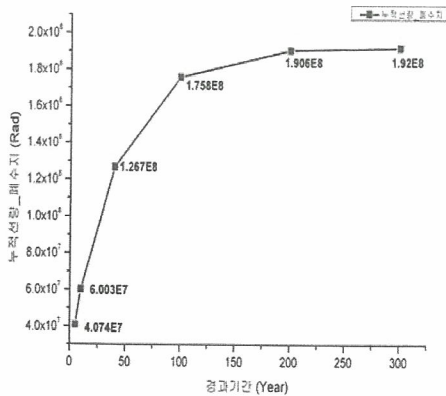


Fig. 4. Cumulative dose of spent resin.

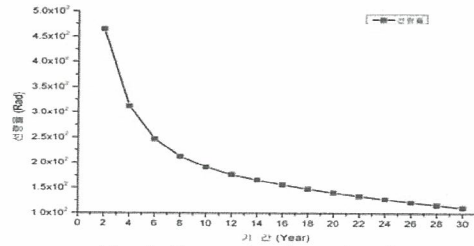


Fig. 5. Dose rate of spent resin.

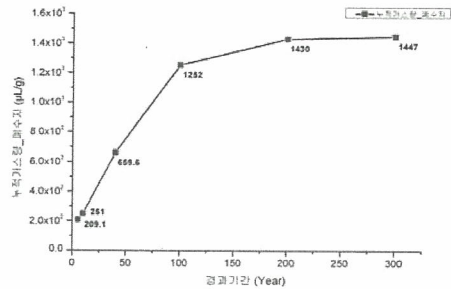


Fig. 6. Cumulative gas generation rate of spent resin.

4. 결론

원전의 농축폐액과 이온교환수지 폴리머 고화체에 대하여 300년간 누적선량에 따른 가스 발생량을 평가하였다. 결과 원전내 보관을 초기 40년까지로 가정할 때 이때 발생하는 농축폐액과 이온교환수지 폴리머로 인한 가스의 발생량은 각각 $0.36cc/g$ 과 $0.66cc/g$ 으로 전체 발생량의 약 99%와 46 %를 차지하고 실제 처분장으로 반입후 300년까지의 가스발생량은 각각 $0.361cc/g$ 과 $0.79 cc/g$ 으로 전체의 1%와 54 %정도로 예측된다. 특히 가스발생 실험을 위하여 조사된 선량율은 실제 300년 동안 누적 조사된 누적선량을 모사하기 위하여 1개월 반 이내에 집중 조사된 높은 선량율이므로 실제 300여년 동안에 거쳐 조사된 선량율은 상대적으로 매우 적은 선량율로 장기간에 거쳐 누적될 것이므로 동일 누적선량에 대한 가스 발생량은 매우 미미할 것으로 판단된다. 향후 중저준위처분시설에 인도될 수 있는 농축폐액과 이온교환수지의 누적선량에 따른 폴리머고화체의 가스발생특성을 평가할 계획이다.

5. 참고문헌

- [1] Gas Generation in Radioactive Wastes -MAGGAS Predictive Life Cycle Model, WM'06 Conference, 2006.
- [2] UCRL-ID-138352, Hydrogen Generation in TRU Waste Transportation Packages, 2000.