

원전 1차계통 제염성능 검증을 위한 측정지점 선정 분석

김종화*, 이종철, 이상익, 서장수, 한경호, 전호민
 세안기술(주), 서울특별시 금천구 가산디지털 2로 184, 910
 *teamster@sae-an.co.kr

1. 서론

110만 kW급 원전 1기를 해체하면 폐기물이 약 50~55만 톤 가량이 발생되며 그 중 6,000 톤이 방사성폐기물로 200 리터 드럼으로 환산할 경우 약 20,000 드럼 이상의 방사성폐기물이 발생된다[1]. 방사선량률과 발생하는 방사성폐기물의 농도를 분류 기준 이하로 낮추기 위해서 제염을 수행하는데, 원전 해체시 필요한 제염기술은 Fig. 1과 같이 원자로냉각재계를 과망간산 옥살산 또는 불산 등의 화학적 방법으로 오염을 제거하는 계통제염 기술과 절단된 기기 또는 배관 표면을 전해연마 또는 화학 침수 등의 물리적·화학적 방법으로 제거하는 기기 제염 기술로 나눌 수 있다.

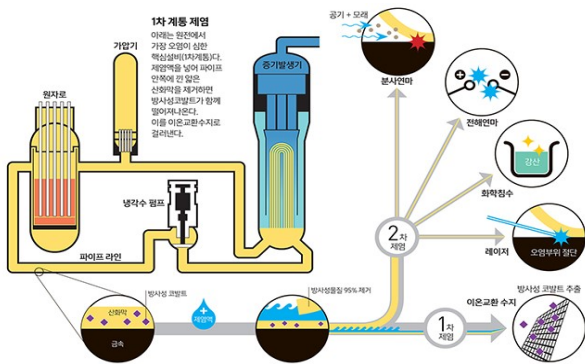


Fig. 1. RCS System Decontamination Schematics.

본 연구에서는 고리 1호기의 발전소 영구정지 후 수행되는 1차계통 제염 성능검증 차원의 제염 계수(Decontamination factor) 산출을 위한 측정 지점 선정에 대해서 논의하고자 한다.

2. 본론

2.1 계통제염 유로 형성

고리 1호기의 계통제염 대상은 Fig. 2와 같이 원자로용기, 증기발생기, 가압기, 화학 및 체적제어계통, 잔열제거계통, 주요 배관 등으로 예상하고 있으나, 제염공정 또는 유량형성(RHR 또는 RCS Pump 사용) 등에 따라 변경될 수 있다.

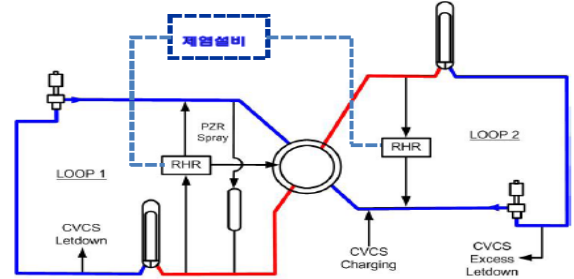


Fig. 2. Kori #1 Plant Decontamination Loops.

2.2 방사선(능) 측정 계획

계통제염 운전 전·중·후로 방사선(능)을 측정하여, 제염계수(DF)와 방사선량률 저감계수(DRF)를 평가함으로써 제염 성능을 검증할 수 있다[2].

측정지점 선별의 우선순위는 작업자에 대한 안전과 ALARA 이행 등 여러 측면을 고려하여 정할 수 있다. 측정지점 우선순위 선정과 관련하여, 기존 발전소의 정지 화학 처리시의 측정지점을 근간으로 하고, EPRI에서 2007년 발행한 "Application of the EPRI SRMP for PWR Radiation Field Reduction"[3]의 권고안을 참조하여 다음의 세 가지 측정지점으로 구분하여 선정하였다.

- 필수지점 : 계통제염 성능을 확인하기 위해 반드시 데이터를 취하여야 하는 지점
- 추천지점 : 측정 필요성은 있으나, 작업자의 안전과 접근성, ALARA에 중대한 영향을 미칠 경우 생략 가능
- 선택적 정보지점 : 측정 정보의 이용 필요성에 따라 선택적으로 측정하는 지점

위의 측정지점 구분 목적은 제염계수(DF) 대표성 확보와 데이터 관리의 편의성을 위함이다.

2.3 측정지점 선정

측정지점의 우선순위 선별 기준에 따라 측정지점을 선정하여야 하나, 계통 제염 운전 때 따른 임계점 등 가장 영향을 끼치는 지점을 대상으로 고려한다. 하지만, 제염 운전방법 등의 변수에 따라 유로 형성이 달라지므로 실제 측정지점에 대해서는 계통 제염 운전을 고려하여 최종 결정토록 한다.

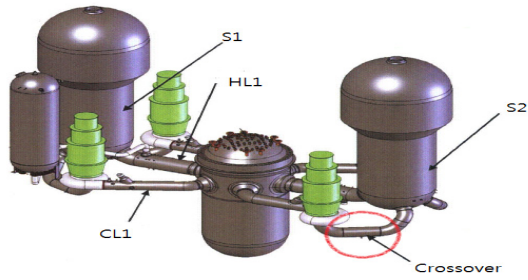


Fig. 3. RCS Loop Piping and SG Survey Points.

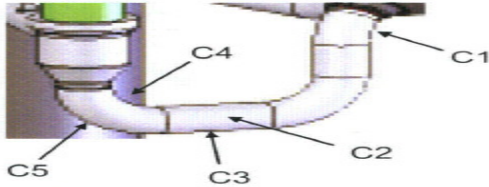


Fig. 4. Detailed View of Side-Leg Survey Points.

2.3.1 필수지점

- C2 - Crossover 배관의 직선부분, 배관의 바깥측 (일차 콘크리트 차폐로부터 떨어져있다)
- SG1 HL - 증기발생기 입구와 원자로용기 차폐 사이의 Hot leg 아래 부분
- SG2 HL - 증기발생기 입구와 원자로용기 차폐 사이의 Hot leg 아래 부분
- SG1 CL - 원자로냉각재펌프와 원자로용기 사이의 Cold leg 아래 부분
- SG2 CL - 원자로냉각재펌프와 원자로용기 사이의 Cold leg 아래 부분

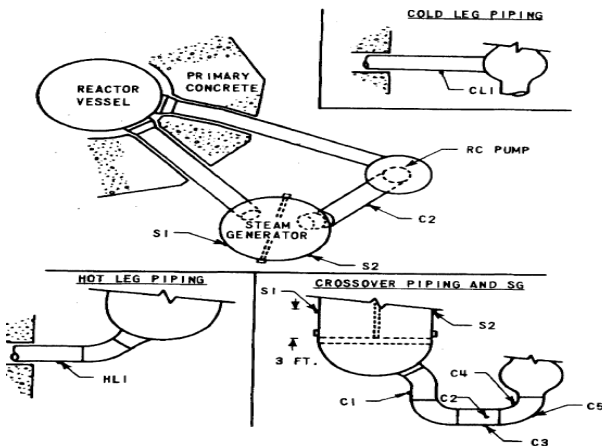


Fig. 5. RCS Loop Survey Marker Locations.

2.3.2 추천지점

- C1 - 증기발생기로부터 배관을 따라가는 수직 단면의 중간 부분
- C3 - Crossover 배관 직선, 아래 부분
- C4 - RCP 쪽 Crossover 배관 꺾임부, 내부 반경을 따라가는 중간부분

- C5 - RCP 쪽 Crossover 배관 꺾임부, 외부 반경을 따라가는 중간부분
- S1 - 증기발생기 hot leg의 바깥측면, 대략 채널 헤드 튜브 시트 상부의 1 미터 또는 이차측 Hand-hole cover와 hot leg 배관 사이의 중간 부분
- S2 - S1과 같으나, 차이는, 대략 이차측 hand-hole cover와 cold leg 배관사이의 중간 부분

2.3.3 선택적 정보 지점

- CVCS Letdown 배관 및 열교환기(전·후단)
- RHR Pump 및 열교환기 A, B(전·후단)
- VCT 탱크
- Safety Injection Pump(전·후단)
- Pressurizer 상부 배관

3. 결론

본 논문에서는 향후 원전 해체 시 첫 단계로 수행되는 계통제염 결과의 성공여부 결정을 판단할 수 있는 제염계수 확보를 위한 측정지점에 대해서 필수 지점 5곳과 추천지점 6곳 및 선택적 정보지점 5곳을 간단히 기술하였다. 위 측정지점은 원자로에서 핵분열 후 냉각재계통을 통해 전송되는 주 유로를 선정하였다. 향후 계통제염 방법과 범위에 따라서 측정지점의 변동은 있겠지만, 방사선작업종사자의 방사선피폭 저감을 고려한 측정지점 선정에 있어서는 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

4. 감사의 글

본 연구는 한국에너지기술평가원의「원전해체 설계를 위한 냉각재계통 및 기기 재활용 제염 상용기술 개발」과제의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.(과제번호 : 2014150300310)

5. 참고문헌

- [1] 네이버캐스트 http://navercast.naver.com/contents.nhn?rid=20&contents_id=90336.
- [2] Evaluation of the Decontamination of the Reactor Coolant Systems at MY and CY, TR-112092, EPRI(1999).
- [3] Application of the EPRI Standard Radiation Monitoring Program for PWR Radiation Field Reduction(EPRI 1015119, 2007).