

## 월성 2호기 냉각재 및 감속재 예상방사능농도와 실측치 비교

심성보 · 맹성준 · 조현제

원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1번지

ssb1125@khnp.co.kr

### 1. 서론

월성원자력 2호기(713MWe)는 1997년 7월부터 상업운전 중인 가압중수로형 원전이다. 경수로형원전에서는 PWR-GALE Code에 의해 선원항을 산출하지만 중수로형 원전에서는 동일로형 원전의 선원항 실측치를 참고하고 있다. 본 논문에서는 주기적안전성평가를 수행 중인 월성 2호기 냉각재와 감속재계통 방사성핵종의 분포경향 및 방사능준위를 월성 2호기 최종안전성분석보고서 [1]의 예상치와 비교하여 검토해 보고자 한다.

### 2. 예상 방사능 농도

냉각재계통은 방사성 물질의 주요 생성원이다. 연료봉 피복관에 결함이 발생되지 않는 한 핵분열 생성물은 각각의 연료봉내에 잔류하게 되지만 피복관 결함이 있으면 일부 핵분열 생성물이 냉각재계통으로 누출된다. 월성 2호기 냉각재 계통 방사능 농도의 비교대상 값은 동형의 원자로인 월성 1호기와 Point Lepreau 발전소의 운전자료를 근거로 한 것으로 표 1과 같다.

감속재계통은 방사성물질의 또 다른 주요 생성원이다. 감속재에는 방사화된 부식생성물과 중수방사화 생성물이 존재한다. 감속재계통의 주요 재질은 오스테나이트 강과 지르코늄합금으로서 감속재내 부식생성물의 농도는 냉각재계통의 농도보다 일반적으로 낮다. 표 2에 월성 2호기 감속재계통 방사능농도를 비교하였다.

### 3. 방사능 농도의 비교

냉각재계통과 감속재 계통의 방사능 농도는 정화계통의 성능과 연료의 손상 등과 밀접한 관계를 가진다. 월성 2호기의 경우 정화계통 성능이 양호하고 연료의 결함이 없어 계통수의 방사능 준위는 대상 비교원전에 비해 상대적으로 낮은 것으로 조사되었다. 냉각재계통 및 감속재계통의 삼중수소농도 측정결과 2006년과 2007년 2개년 평균이 각각 62 GBq/kg-D<sub>2</sub>O 및 1.4×10<sup>3</sup> GBq/kg-D<sub>2</sub>O 수준으로 각각의 예상농도 69 GBq/kg-D<sub>2</sub>O 및 2.3×10<sup>3</sup> GBq/kg-D<sub>2</sub>O 보다 다소 낮게 나타났다.

냉각재계통 감마핵종 방사능 측정결과 2006년 평균이 2.2×10<sup>3</sup> ~ 1.5×10<sup>6</sup> Bq/kg 수준이었으며, 2007년 평균은 6.8×10<sup>2</sup> ~ 2.6×10<sup>6</sup> Bq/kg 로서 대부분의 핵종이 비교원전보다 낮거나 비슷한 수준이었다[표 1 참조].

감속재계통의 감마핵종 방사능 측정결과 2006년 평균이 9.2×10<sup>3</sup> ~ 6.5×10<sup>5</sup> Bq/kg 수준이었고, 2007년 평균은 1.1×10<sup>4</sup> ~ 5.1×10<sup>5</sup> Bq/kg 로서 Ar-41, Cr-51, Mn-56 및 Co-60이 비교원전보다 낮거나 비슷한 수준이었다. 이를 최종안전성분석보고서 비교원전[월성 1호기(1994년), Point Lepreau (1992년)]과 비교하여 표 2에 나타내었다. 감속재계통 방사능 준위를 볼 때 운전 시 생성된 방사화된 부식생성물 등이 정화계통을 통해 잘 제거되고 있음을 알 수 있다.

표 1. 냉각재계통 내 방사성물질 농도측정치[1][2]

방사성 핵종	반감기	월성 1호기 (Bq/kg) (1994년)	Point Lepreau (Bq/kg) (1992년)	월성 2호기(Bq/kg)	
				2006년	2007년
Kr-85m	4.56 시간	$5.8 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$	$1.9 \times 10^4$	$8.5 \times 10^3$
Kr-87	76.00 분	$6.3 \times 10^5$	$2.7 \times 10^5$	$2.5 \times 10^4$	$6.8 \times 10^4$
Kr-88	4.08 시간	$7.3 \times 10^5$	$4.0 \times 10^5$	$3.9 \times 10^4$	$1.9 \times 10^4$
Rb-88	17.70 분	$6.0 \times 10^6$	$1.6 \times 10^6$	$1.4 \times 10^6$	$4.3 \times 10^5$
Rb-89	15.20 분	$5.4 \times 10^5$	해당없음	-	-
I-131	8.04 일	$1.2 \times 10^5$	해당없음	$5.0 \times 10^3$	$6.8 \times 10^2$
I-132	2.29 시간	$2.1 \times 10^6$	$5.1 \times 10^5$	$6.6 \times 10^4$	$9.4 \times 10^4$
I-133	20.80 시간	$5.8 \times 10^5$	$9.9 \times 10^4$	$2.7 \times 10^4$	$2.6 \times 10^4$
I-134	52.60 분	$3.4 \times 10^6$	해당없음	$1.9 \times 10^5$	$1.5 \times 10^5$
I-135	6.59 시간	$1.6 \times 10^6$	$3.8 \times 10^5$	$6.6 \times 10^4$	$7.2 \times 10^4$
Xe-133	5.3 일	$1.6 \times 10^7$	$1.4 \times 10^6$	$3.1 \times 10^5$	$4.8 \times 10^4$
Xe-133m	2.3 일	$1.6 \times 10^5$	해당없음	$5.4 \times 10^4$	$1.4 \times 10^4$
Xe-135	9.2 시간	$3.1 \times 10^6$	$1.2 \times 10^6$	$1.6 \times 10^5$	$8.1 \times 10^4$
Cs-138	32.2 분	$4.4 \times 10^6$	$1.9 \times 10^6$	$9.8 \times 10^4$	$7.2 \times 10^4$
Ce-139	9.3 분	$3.5 \times 10^4$	$4.4 \times 10^4$	$4.2 \times 10^3$	$2.4 \times 10^3$
Tc-101	14.2 분	해당없음	$6.4 \times 10^5$	-	-
Ru-106	369 일	$4.8 \times 10^5$	$1.1 \times 10^6$	$7.8 \times 10^4$	$5.9 \times 10^4$
Te-132	78 시간	$6.3 \times 10^3$	해당없음	-	-
Ce-144	284.4 일	해당없음	$2.8 \times 10^5$	-	-
Na-24	15.0 시간	$3.7 \times 10^5$	$6.9 \times 10^4$	$1.5 \times 10^5$	$1.1 \times 10^5$
Ar-41	1.8 시간	$2.9 \times 10^6$	$4.8 \times 10^6$	$1.5 \times 10^6$	$2.6 \times 10^6$
Mn-54	312.5 일	$3.2 \times 10^5$	해당없음	$7.4 \times 10^3$	$1.2 \times 10^4$
Co-58	71.3 일	$2.7 \times 10^4$	해당없음	$2.2 \times 10^3$	$2.3 \times 10^3$
Y-88	106.6 일	$2.2 \times 10^5$	$2.7 \times 10^4$	-	-

표 2. 감속재계통 내 방사성물질 농도측정치[1][2]

방사성 핵종	반감기	월성 1호기 (Bq/kg) (1994년)	Point Lepreau (Bq/kg) (1992년)	월성 2호기 (Bq/kg)	
				2006년	2007년
Na-24	15.0 시간	$1.1 \times 10^4$	해당없음	-	-
Ar-41	1.8 시간	$2.8 \times 10^6$	$1.2 \times 10^7$	$6.3 \times 10^4$	$5.1 \times 10^5$
Cr-51	27.7 일	$2.1 \times 10^6$	해당없음	$1.4 \times 10^5$	$1.0 \times 10^5$
Mn-56	2.56 시간	$6.4 \times 10^5$	$3.7 \times 10^5$	$6.5 \times 10^5$	$3.9 \times 10^5$
Co-60	5.3 년	$2.8 \times 10^4$	해당없음	$9.2 \times 10^3$	$1.1 \times 10^4$

4. 결론

월성 2호기 냉각재계통 감마핵종 방사능은  $2.2 \times 10^3 \sim 2.6 \times 10^6$  Bq/kg 수준으로서 최종안전성분 석보고서 예상 방사능 농도보다 낮거나 비슷하였다. 감속재계통 감마핵종 방사능은  $9.2 \times 10^3 \sim 6.5 \times 10^5$  Bq/kg 수준으로서 최종안전성분석보고서 예상 방사능 농도보다 낮은 수준을 나타내었다.

결론적으로 월성 2호기 냉각재와 감속재계통 방사성핵종 분포와 준위를 통하여 볼 때 비교원전 보다 낮거나 비슷한 수준으로서 연료의 건전성이 유지되고 있으며 정화계통 성능이 양호한 것으로 볼 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] 월성 2,3,4호기 최종안전성분석보고서 11장
- [2] 월성 2호기 월별 1차 계통 수질관리 실적(2006, 2007년)