

연구로 1&2호기 해체 부지개방을 위한 조사

홍상범, 정경환 이기원, 정운수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 sbhong@kaeri.re.kr

1. 서론

연구로 1호기(TRIGA Mark-II)와 연구로 2호기(TRIGA Mark-III) 해체사업이 종료됨에 따라 해체사업의 최종목표인 모든 방사성물질 제거하여 부지 및 건물을 무제한적으로 활용하기 위해 부지 및 건물에 잔류방사능 조사 평가해야 한다. 그러나 국내의 경우 원자력 시설의 해체 후 부지개방을 위한 기준 및 지침이 아직 정비되지 않아서 관련기술의 개발을 통한 기준정립이 절실히 요구된다. 본 연구는 부지개방을 위한 부지개방기준(Release Criteria)을 도출하고, MARSSIM (Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual)을 이용하여 연구로 부지 및 건물에 대하여 잠재적 오염도에 따라 부지를 구획(Classification)하고, 조사설계(Survey Design) 수행하였다. 특히 오염제거 활동이 이루어진 Class 1 지역에 대하여 상세한 조사설계(Scan MDC 비교를 통한 추가시료 판정) 및 측정을 수행하였다. 국내에서 최초로 수행된 해체사업의 최종단계인 잔류방사선/능 조사를 통해 최종현황조사(Final Status Survey)를 수행하였고, 이는 향후 원자력시설 해체 및 부지복원을 위한 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

2. 본론

부지개방기준의 경우 US NRC의 경우 250 $\mu\text{Sv/y}$ 를 부지 재이용에 따른 선량기준으로 적용하고 있으나, 국내의 경우 관련기준이 수립되어 있지 않은 상황에서 연구로 1, 2호기 부지 및 건물의 경우 재이용 방안 등을 고려하여 보수적으로 100 $\mu\text{Sv/y}$ 를 설정하였다. 위의 기준에 따라 핵종별 유도농도지침한계(DCGL, Derived Concentration Guideline Limit)을 연구로 부지특성을 반영하여 RESRAD 및 RESRED-Build 전산코드를 이용하여 도출하였다. 핵종은 과거 방사화 콘크리트 등에서 검출된 사례가 있는 핵종을 대상으로 선정하였다.

Table 1. DCGL of the KRR-1&2 site and building

	부지 [Bq/g]	건물 [dpm/100cm ²]
Co-60	6.50E-02	5.18E+03
Cs-134	1.11E-01	7.75E+03
Cs-137	2.50E-01	1.18E+04
Eu-152	1.42E-01	1.18E+04
Eu-154	1.32E-01	8.70E+03

연구로 부지에 대하여 사전조사(Scoping Survey) 및 특성조사(Characterization Survey)를 수행한 결과 Co-60 및 Cs-137 핵종이 일부지역에서 검출되었으나, 그 수준이 매우 미미한 것으로 평가되었다. 그리고 연구로 전체 부지에 대하여 방사선량 분포를 측정된 결과 환경준위와 크게 다르지 않음을 알 수 있었다. 이러한 조사 자료를 근거로 연구로 부지의 경우 MARSSIM에서 제시하고 기준에 따라 부지를 구획하여 Class를 구분 적용하였다. 특히 (구) 고체폐기물저실이 있었던 주변부지의 경우 DCGL을 초과하는 오염이 발견되어 오염을 제거하기 위한 제염복구를 수행하였고 이를 통해 모든 오염을 제거하였으나 잠재적 오염을 고려하여 보수적으로 Class 1 영역으로 설정하였다. 연구로 대부분의 건물 또는 부지는 사전조사 및 특성조사를 통하여 부지 및 건물에 대하여 Class 3로 구분이 가능할 것으로 판단되나 보수적으로 Class 2로 가정하였고, 부지 외곽 경계지역에 대해서는 Class 3 구분하여 조사단위(Survey unit)를 구분하고 통계학적 계산을 통해 측정시료의 개수 및 위치 등을 산정하였다.

연구로 부지 및 건물에 대한 최종현황조사를 위해 조사설계를 수행하여 조사단위에 다른 최적화된 샘플 개수를 위치를 선정하여 방사선계측을 수행하고 그 결과를 평가하여야 한다. 우선 잠재적 오염도

가 DCGL을 초과하거나, 과거 제염활동이 이루어진 Class 1 부지에 대한 조사설계를 구체적으로 살펴보면, 개략 및 특성조사(Scoping & Characterization Survey)과정에서 시료 채취를 통해 얻은 자료를 이용하여 평균오염도 및 표준편차를 도출하고 이를 바탕으로 Sign Test를 수행하여 필요한 시료의 개수(14개)를 도출하였다.

- LBGR (Lower Bound of Gray Region) concentration = 0.2
- sigma (standard deviation of survey data): $\sigma = 0.1$,
- relative shift: $\Delta / \sigma = 7.27$,
- type I and type II decision error = 0.05.

Class 1 지역의 경우 DCGL을 초과할 우려가 있는 지역으로 Hot-spot에 대한 고려가 이루어져야 한다. 이를 위해 연구로 부지(Class 1 지역)의 경우 부지의 Scan survey를 위해 InSpector-1000 with 2" × 2" NaI 검출기를 이용하여 부지 면적의 100% Scan을 수행하였다. 이 경우 MARSSI에 제시된 방법에 따라 추가시료 여부를 판단하기 위해 Actual Scan MDC와 Required Scan MDC를 비교 평가를 수행하여야 한다. Actual Scan MDC의 경우 NUREG-1507에 제시된 0.185 (2" × 2" NaI)이고, Required Scan MDC는 DCGLw와 Area Factor를 곱해서 0.17로 도출되었다. 이 경우 Actual Scan MDC가 Required Scan MDC보다 크게되어 Actual Scan MDC에 상응하는 새로운 Area Factor를 RESRAD 전산코드를 이용하여 도출한 결과 1.43(50 m²)으로 도출되었다. 결론적으로 Class 1 area의 경우 10개의 추가시료를 분석하여 총 24개의 시료를 채취하여 분석하였으며, 그 결과 DCGL을 초과하는 오염을 발견되지 않았다.

3. 결 론

연구로 해체 프로젝트의 최종 단계인 최종현황조사(Final Status Survey)를 위하여 부지 및 건물의 무제한적 재활용을 위해 핵종별 유도농도지침한계(DCGL)을 도출하였고, 사전조사 및 특성조사를 통해 얻어진 결과를 바탕으로 핵종별 방사능 농도를 측정하였다. 부지 및 건물을 과거이력 잠재적 오염도 등을 다양하게 고려하여 Class 1, Class2 및 Class 3로 구분하고, 통계학적 계산을 통해 시료의 개수 및 위치를 도출하여 잔류방사선/능 조사를 수행하였다. 특히 Class 1 부지의 경우 Hot-spot을 고려하여 Actual Scan MDC와 Required Scan MDC를 비교하여 새로운 Area Factor를 도출하였고 그에 상응하는 추가시료의 개수를 고려한 조사설계를 수행하였다. 시료채취를 통해 분석한 결과 DCGL을 초과하는 오염은 없는 것으로 평가되었다. 이러한 결과는 향후 원자력시설 해체 후 부지의 재이용을 위한 기준을 마련하고, 수행하는 기초적이 자료가 될 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] U. S. NRC, EPA, DOE: MARSSIM, Multiagency Radiation Survey and Site Investigation Manual, NUREG-1575, Rev1, EPA 402-R-97-016, Rev.1, DOE/EH-0624, Rev.1 (2000).
- [2] E. W. Abelquist: Decommissioning Health Physics: A Handbook for MARSSIM Users", Taylor & Francis Group(2001), New York.
- [3] Argonne National Laboratory; User's Manual for RESRAD version 6.0, Environmental Assessment Division (2001).
- [4] Argonne National Laboratory; User's manual for RESRAD-BUILD version 3, Environmental Assessment Division (2003).