

해체부지의 최종현황조사를 위한 계획수립

홍상범, 주민수, 정경환 이기원, 정운수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
sbhong@kaeri.re.kr

1. 서론

노후된 원자력시설에 대한 해체의 최종단계로 부지의 잔류방사능 평가 및 오염물질을 제거하는 일련의 과정을 통해 최종적으로 부지개방(site release) 된다. 국내 원자력 시설 중 연구로 1호기(TRIGA Mark-II)와 연구로 2호기(TRIGA Mark-III)의 주변부지 및 건물(실험시설)에 대한 제염 및 해체를 작업이 대부분 완료된 상태이고, 부지 및 건물에 잔류방사능 평가를 수행해야 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(Site Release Criteria)를 설정하고, US EPA, NRC, DOE 및 DOD에서 오염 가능성이 있는 부지에서 방사선 조사를 수행하는데 지침이 되어 사용되는 MARSSIM을 적용하였다. MARSSIM에서 제시하고 있는 통계학적 방법론이 적용된 VSP(Visual Sample Plan) 프로그램을 이용하여 연구로 부지 및 건물의 잔류방사능 측정을 위한 적절한 샘플개수 및 측정위치를 구하고, 부지개방을 위한 계획을 수립하였다.

2. 본론

부지의 잔류방사능 평가를 위해 우선 해체부지의 재이용 및 재활용에 따른 부지개방기준을 수립해야 한다. IAEA의 경우 10 ~ 300 $\mu\text{Sv/y}$, US NRC의 경우 250 $\mu\text{Sv/y}$ 및 US EPA의 경우 150 $\mu\text{Sv/y}$ 를 부지 재이용에 따른 선량기준으로 적용하고 있다. 국내의 경우 관련기준이 수립되어 있지 않은 상황에서 연구로 1, 2호기 해체부지의 국외의 기준을 비교하고, 연구로 부지의 경우 재이용 방안등을 고려하여 보수적으로 100 $\mu\text{Sv/y}$ 을 설정하였다. 위의 기준에 따라 핵종별 유도농도 지침한계(DCGL, Derived Concentration Guideline Limit)을 연구로 부지특성을 반영하여 RESRAD 및 RESRED-Build 전산코드를 이용하여 도출하였다.

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 평가되었고, 전체 부지에 대하여 방사선량 분포를 측정된 결과 환경준위와 크게 다르지 않음을 알 수 있었다. 이러한 조사 자료를 근거로 연구로 부지의 경우 MARSSIM에서 제시하고 Class를 구분 적용하였다. MARSSIM은 오염 가능성이 있는 부지에서 조사를 수행하는 지침으로써, 대상 부지에 대하여 어떠한 근거, 절차, 위치 등의 전반적인 방사능 조사 절차에 대하여 기술하고 있다. 부지의 잔류방사능 평가를 계획하는 단계에서 조사단위를 분류하고 측정방법, 개수, 지점 등을 평가한다. 실행단계는 통계적 측정방법 등에 대한 절차를 제시하고 평가를 수행한다. 마지막으로 평가단계에서는 수행된 조사 자료를 평가 결과에 따라 부지개방기준을 만족하는지를 평가한다.

연구로 부지의 오염지역 분류는 MARSSIM에서 제시하고 있는 지침을 적용하여 조사단위(Survey unit)을 하나 또는 그 이상의 조사단위로 구성될 수 있으며, 부지최종조사를 목적으로 평가된 크기와 형태 등의 부지특성을 고려하여 그 크기를 제한하여 적용하였다. 연구로 건물 또는 부지 지역의 경우 사전조사 및 특성조사를 통하여 부지 및 건물에 대하여 Class 3로 구분이 가능할 것으로 판단되나, 보수적으로 Class 2로 가정하여 측정단위를 나누고 각각의 측정단위에서 측정시료의 개수 및 위치 등을 산정하였다. MARSSIM에서 제시하는 방법론을 적용하여 부지 및 건물의 최적화된 샘플개수를 구하기 위해서는 LBGR의 설정이 필요하다. 일반적으로 LBGR 값을

DCGL_w 의 1/2값을 제시하고 있으나 상대이동 값(식. 1)의 범위(0.1 ≤ Δ/δ ≤ 3) 이내의 범위로 제한하고 있어 연구로 부지의 경우에도 LBGR을 조절하여 건물 및 부지에 대한 시료의 개수를 도출하였다. 도출에 필요한 입력인자는 표2에 제시하였다.

$$\Delta/\delta = \frac{DCGL_w - LBGR}{\delta} \quad (1)$$

이러한 자료들을 이용하여 부지 및 건물에서 적절한 샘플의 수와 위치를 구하기 위하여 VSP(Visual Sample Plan) 프로그램을 사용하였다. VSP는 통계학적인 계산에 의하여 대상 지역의 Sample 개수와 위치를 나타내주는 프로그램으로 복원 대상 부지 내 샘플링 계획 단계에서 매우 유용하게 활용 할 수 있다. 그림 1와 같이 프로그램을 실행 후 대상 부지 및 건물을 설정하여 2-D 및 3-D로 대상지역에서 샘플개수 및 위치를 구할 수 있게 된다.

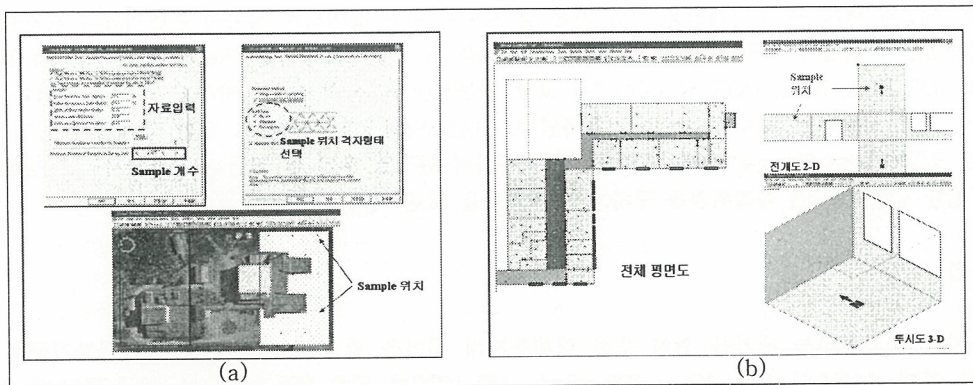


그림 1. VSP를 이용한 부지 및 건물내의 샘플 개수 및 위치

표 2. VSP 입력 인자

	부지	건물
Test 방법	Sign Test	Sign Test
오염지역분류	Class 2	Class 2
DCGL _w	0.116 Bq/g	0.680 Bq/g
LBGR	0.02 Bq/g	0.58 Bq/g
Type I Error (α) / Type II Error (β)	0.05(5%) / 0.1(10%)	

3. 결 론

연구로 해체 프로젝트의 최종 단계인 최종현황조사(Final Status Survey)를 위하여 부지 및 건물의 재이용에 따른 예상피폭선량을 평가하여 유도농도지침한계(DCGL)을 도출하였고, 사전조사 및 특성조사를 통해 얻어진 결과를 바탕으로 핵종별 방사능 농도를 측정하였다. 이러한 결과를 바탕으로 건물 및 부지의 최종현황조사를 위한 시료의 개수 및 위치 등에 대하여 MARSSIM 방법론을 적용하여 연구로 부지 및 건물의 개방기준을 만족시키는 시료의 개수와 위치를 구하였다. 부지 및 건물을 Class 2 지역으로 분류하고, 사전에 설정한 입력인자들과 VSP 프로그램을 이용하여 필요한 시료의 개수는 각각 23개/측정단위 (부지), 11개/측정단위(건물)로 계산되었다. 이러한 결과를 이용하여 향후 부지와 건물 잔류방사능 측정은 직접 샘플을 채취하여 실험실분석 및 ISOCS(In Situ Object Count System)를 활용한 현장분석을 동시에 적용할 예정이며, 표면 방사선량률 및 표면오염도 측정도 수행할 것이다. 이러한 결과는 향후 원자력시설 해체 후 부지의 재이용을 위한 기준을 마련하고, 수행하는 기초적이 자료가 될 것으로 판단된다.