

미국 원전 해체 규제체계 및 방사선환경영향평가 분석

이상호*, 김창락

한국전력국제원자력대학원대학교, 울산광역시 울주군 서생면 해맞이로 658-91

*jjjsh2@naver.com

1. 서론

국내 원전의 노후화로 2022년 고리 1호기를 시작으로 원전 해체 문제에 직면할 것으로 전망된다. 원전 해체를 위해 작성되는 해체계획서에는 방사선 환경영향평가에 관한 내용이 포함되어야 한다. 방사선환경영향평가란 원자로시설의 건설·운영으로 인한 환경에 미치는 영향 분석 및 사고 발생 시의 잠재적인 환경영향 예측에 관한 사항을 평가하는 것을 말한다. 국내 고시로는 '원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제85조의 16'에 원자로시설의 해체로 인하여 예상되는 방사선환경영향에 대하여 평가하고 해체전 및 해체중 환경감시계획을 수립하고 이행하라고 명시되어 있다.

본 논문에서는 향후 국내 원전 해체 방사선환경영향평가 방법론 분석을 위해 미국 원전 해체시 규제체계 및 Yakee Rowe, Rancho Seco, Maine Yankee 등 해체가 완료된 미국 원전을 대상으로 방사선환경영향평가 사례를 분석하였다.

2. 본론

2.1 미국의 환경영향평가 규제지침

미국은 원전 해체시 FEIS (Final Environmental Impact Statement)에는 사전에 검토되지 않은 방사선환경영향에 대한 평가를 시행하라 명시되어 있다. Table 1은 미국의 원자력시설 환경영향평가 관련 주요 규정 및 지침을 나타낸다.

Table 1. Major Regulation and Guide Related with Environmental Impact Statement for Decommissioning

주요 규정 및 지침	주요내용
10CFR20 Sub E	허가종료를 위한 방사선 기준
10CFR 51.53	건설 이후 환경보고서
10CFR 51.95	건설 이후 환경영향보고서
Regulatory Guide 1.185	정지후 해체활동보고서 표준 서식 및 내용
NUREG-0586	원자력시설 해체에 관한 최종 일반환경영향평가서
NUREG-1437	원자력발전소 허가갱신을 위한 일반적인 환경영향평가
NUREG-1496	원자력발전소 허가종료를 위한 방사선기준

2.2 미국 원전 해체시 규제체계

미국은 미국원자력규제위원회(Nuclear Regulatory Commission, 이하 NRC)가 모든 해체 사업을 규제하고 있다. 원자로 사업자는 영구정지 결정일로부터 2년 이내에 영구정지 후 해체활동보고서(Post Shutdown Decommissioning Activities Report, 이하 PSDAR)를 NRC에 제출해야 하며, PSDAR은 다음과 같은 내용을 포함하고 있다.

- ✓ 해체 활동 계획 및 일정
- ✓ 해체 활동 예상비용과 내역
- ✓ 부지특성에 따른 해체활동 관련 환경 영향평가가 이전의 환경 분석에서 이미 다루어졌음을 판단하는 이유

이 중 부지특성을 반영한 환경영향평가는 NUREG-0586, "Final Generic Environmental Impact Statement on Decommissioning of Nuclear Facilities (1988)" 과 NUREG-1496, "Generic Environmental Impact Statement in Support of Rulemaking on Radiological Criteria for License Termination of NRC-Licensed Nuclear Facilities (1997)"에서 정한 기존의 환경영향평가에 명시된 영향들과 비교해야 한다. 만약 이러한 내용이 포함되지 않은 경우, 원자로 사업자는 허가를 위한 인가 변경을 요청하고 NRC에 주변 환경에 해체가 미치는 추가 영향에 대한 상세 정보를 제출해야 한다.

2.3 국내/미국의 방사선환경영향평가 비교

국내 원자력시설 환경영향평가와 미국의 환경영향평가는 방사선환경영향평가 포함 여부에 있어 차이를 보이고 있다. 미국의 경우 환경영향평가서 내 방사선환경영향평가 내용이 포함되어 있는 반면, 국내의 경우 환경영향평가와 방사선환경영향평가가 분리되어 작성된다. Table 2는 국내/미국의 방사선 환경영향평가 범주를 비교한 것이다.

Table 2. Radiological Environmental Impact Statement Comparison

	국내	미국
환경영향평 가의 범주	방사선환경영향평 가를 따로 시행	환경영향평가서에 방사선환경영향평 가포함
중대사고 포함여부	중대사고를 제외한 15개의 사고유형 평가를 시행	중대사고를 포함한 평가를 시행

2.4 미국 원전 해체시 방사선환경영향평가 사례

2.4.1 Yankee Rowe

Yankee Rowe의 사업자인 YAEC (Yankee Atomic Electric Company)는 1992년 Yankee Rowe 원전의 영구정지를 결정하고 1993년 12월 해체계획서 (Decommissioning Plan)를 NRC에 제출하여 1995년 2월 NRC로부터 승인 받았다.

Yankee Rowe 원전 해체시 방사선환경영향평가 사항은 다음과 같다.

- ✓ 작업방사선량
- ✓ 소외방사선피폭
- ✓ 방사성폐기물관리

Yankee Rowe 원전 해체시 예상 작업방사선량은 737 person-rem으로 GEIS에 명시된 표준 PWR의 1,115 person-rem 보다 낮다. 또한 10CFR50.36a의 요구사항에 따라 방사성물질이 환경으로 배출되는 것을 방사선방호최적화 (As Low As Reasonably Achievable, ALARA)에 의해 방사능유출제어프로그램을 사용하고 있기 때문에 기체나 액체를 통한 소외방사선피폭도 매우 낮은 수준으로 확인되었다. Fig. 1은 표준 PWR과 Yankee Rowe의 방사성폐기물 운반시 피폭량을 비교를, Fig. 2는 GEIS와 Yankee Rowe 원전 해체시 폐기물 발생 예상량을 비교한 것이다.

	YNPS		REFERENCE PWR	
	CRP	DP	DECON	SAFSTOR
LLW Shipments				
Number By Trucks	39	227	1363	139
Distance (miles)	1000	1000	500	500
Number By Rail	2	0	28	0
Distance (miles)	1000	1000	1500	1500
Off-site Exposure (person-rem)				
Onlookers	<1	1	7	1
General Public	<1	4	14	2
Total:	2	5	21	3
Occupational Exposure (person-rem)				
Truck Drivers	5	26	95	10
Garage Personnel	<1	<1	4	<1
Train Personnel	<1	0	3	2
Total:	7	27	102	13

Fig. 1. Transportation Exposure Comparison.

	MWe	LLW (m ³)
Saxton	3	508
Shippingport	72	6,056
YNPS	185	2,967
Dresden Unit 1	200	7,537
Fort St. Vrain	330	4,076
Shoreham	820	2,246
Rancho Seco	918	5,651
Three Mile Island Unit 2	926	7,419
Diablo Canyon Unit 1	1,131	10,184
Diablo Canyon Unit 2	1,156	9,955

Fig. 2. Comparison with GEIS and Industry Projections.

Yankee Rowe 원전 해체시 발생하는 저준위방사성폐기물은 2,967m³으로 GEIS가 예상한 표준 PWR의 저준위방사성폐기물량인 18,340m³에 비해 매우 적었다. 따라서 NRC는 Yankee Rowe 원전 해체로 인해 환경에 미치는 중대한 영향은 없다고 결론지었다.

3. 결론

미국 원전 해체 사례를 분석한 결과 해체 완료된 가압경수로형 원전들은 모두 일반적항목인 GEIS를 만족하였기에 부지특성(site-specific)을 반영한 추가적인 환경영향평가가 면제되었음을 알 수 있었다. 본 결과는 차후 국내 원전 해체 방사선환경영향 검증 평가 개발을 위한 기초자료로서 활용될 예정이다.

4. 감사의 글

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구 개발사업의 연구결과입니다 (No. 1305009).

5. 참고문헌

- [1] 원자력시설 해체 안전규제기술 과제 기획, 한국 원자력안전기술원, (2015).
- [2] U.S NRC, REGULATORY GUIDE 1.185, "STANDARD FORMAT AND CONTENT FOR POST-SHUTDOWN DECOMMISSIONING ACTIVITIES REPORT", Washington, DC, pp.1-13, (2000).
- [3] U.S NRC, NUREG-0586, "Generic Environmental Impact Statement on Decommissioning of Nuclear Facilities", (2002).
- [4] 이정민, 문주현, "국내 원자로시설 해체계획서 세부 작성지침(안) 개발", 한국방사성폐기물학회지, pp.213-227, (2013).
- [5] YAEC, "Environmental Report for the Decommissioning of Yankee Nuclear Power Station", (1993).