고리 1호기 해체 후 부지 재이용 및 폐기물 재활용 방안

이주호*, 서영아, 임만성
한국과학기술원, 대전광역시 유성구 대학로 291
*cor125@kaist.ac.kr

1. 서론

2017년 영구정지 한 후 해체 국면으로 들어가는 고리 1호기(PWR, 586MWe)는 우리나라 원자력 해체산업의 주요한 이정표가 될 것이다. 해체 후 부지 재이용 방안은 해체의 최종 목표를 설정함에 있어서 필수적으로 고려해야하는 중요한 요소이며, 폐기물 재활용 방안은 원전해체비의 40%를 차지하는 폐기물처분비에 영향을 줄 수 있는 중요한 요인으로 해체의 초기단계에서 해체부지 및 해체폐기물에 대한 계획 및 전략을 적극적으로 검토할 필요가 있다. 하지만 고리 1호기 해체를 앞둔 지금, 부지 재이용 방안과 해체 폐기물에 대한 구체적 논의가 부재한 실정이다. 그리하여 부지 재이용 방법론 및 폐기물 재활용 시나리오들의 검토를 통하여 한국의 상황에 맞는 고리 1호기의 재이용 방안과 재활용 방안에 대해서 논의하고자 한다.

2. 본론

2.1 세계 원전 해체 후 부지 재이용 현황

현재 가동이 정지되어 해체를 기다리고 있는 원전은 전 세계에서 140기 정도이며 이중 20기는 해체된 상황이다. 해체 원전의 부지재이용 현황을 조사한 결과 Table 1과 같이 크게 3가지, 그린필드, 원자력관계시설, 대체발전원으로 압축 할 수 있었다. 대부분의 원전들이 그린필드로 재이용 되었으며, 가동기간이 얼마 되지 않은 원전들은 기기건물들을 재이용하여 산업부지로 이용되었다.

미국의 경우 해체 부지에 사용후핵연료 중간저장을 위한 독립저장시설(independent spent fuel storage installation, ISFSI)이 존재하며 고준위폐기물 처리시설로 인수하여 처리 또는 영구 처분하기 전까지 일정기간 안전하게 저장토록 하고 있다. 이는 원전 저장조의 용량 포화문제를 겪고 있는 우리나라의 상황을 고려할 때 관심 있게 검토해 보아야 할 것으로 보인다.

Table 1. World Status on Reuse of Decommissioned NPP site

Purpose	Reactor type	Unit	ISFSI
Greenfield	BWR	• BigRockPoint	ISFSI
	PWR	• MaineYankee	ISFSI
	PWR	• RanchoSeco	ISFSI
	PWR	• Yankee-Rowe	ISFSI
	PWR	• Shippingport	
	PWR	• Trojan	ISFSI
	BWR	• Bonus(museum)	
	OCM	• Piqua(office)	
	BWR	• Grosswelzheim	
	HWGR	• Niederaichbach	
	BWR	• JPDR	
Nuclear Facilities	VVER	• GreifswaldUnit1~5 (waste storage)	
Substituted Power Plant	HTGR	• FortSt.Vrain	ISFSI
	PWR	• ConnecticutYankee	ISFSI
	BWR	• Pathfinder	
	BWR	• Shoreham	
	BWR	• ElkRiver	

2.2 한국형 부지재이용 방안

세계 해체부지 재이용 현황을 토대로 고리 1호기의 부지재이용 방안으로 6가지 시나리오를 모델링하였고, 부지재이용과 관련된 검토인자들을 적용하여 평가하였다. 현재 IAEA에서는 해체 후 부지 재이용을 결정함에 있어 사회경제학적 영향, 해체 영향, 환경 영향, 이해관계자 영향이라는 4가지 큰 인자들을 고려하였으나 이러한 인자들을 국내에 적용하기에는 자료상의 한계가 있어, 안전성, 대중수용성, 경제성, 지리적 조건, 국가적 상황 등 5가지 새로운 검토인자들로 사용하는 부지재이용 평가방법론을 고려하였다.

각각의 시나리오는 그린필드-공원 (시나리오 1), 그린필드-일반시설(박물관, 사무실 등) (시나리오 2), 그린필드-ISFSI(단기저장시설) (시나리오 3), 원자력관계시설-재처리시설 (시나리오 4), 원자력관계시설-새 원전 (시나리오 5), 대체발전원 (시나리오 6) 이다. 각각의 시나리오들에 대해 앞 절에서 언급한 검토인자들에 대하여 평가하였으며 Table 2는 그 결과를 보여주고 있다.

Table 2. Comparison on relative nuclear reuse site factor

	Safety	Public acceptance	Economy	Site accessibility	National Condition
Scenario 1	+++	+++	-	-	+
Scenario 2	++	+++	+	-	+
Scenario 3	+	+	++	+++	+++
Scenario 4	+	-	++	++	+
Scenario 5	+	-	+++	+++	+
Scenario 6	++	+	+++	-	+

Table 2에 나타난 바와 같이 대중수용성 및 안전성에 가장 큰 장점을 지닌 시나리오는 1과 2이나 인접부지에 원전이 있는 지리적 조건 및 국내 상황을 고려할 때 한계가 있을 것으로 판단된다. 시나리오 3은 고준위폐기물 저장시설이 지어질 때까지의 임시저장시설로써 사용후핵연료 저장 공간 포화를 앞두고 있는 국내 상황에 큰 장점이 있으나 주민과의 충분한 대화가 필요할 것으로 생각된다. 경제성에 장점을 지닌 시나리오는 4, 5와 6이나 시나리오 4와 5는 대중수용성에, 시나리오 6은 시나리오 1과 마찬가지로 지리적 조건에 제약이 있을 것으로 판단된다.

2.3 원전 해체시 예상되는 폐기물의 재활용 필요성

고리 1호기의 예상해체폐기물은 총 49,139톤으로 콘크리트 양과 금속의 양은 각각 34,642톤, 10,797톤이다. NUREG-1640의 자료를 토대로 한국형 원전의 상황에 맞게 적용하여 고리 1호기의 방사성폐기물을 예측해본 결과, 콘크리트는 199톤 정도, 금속폐기물은 2280톤 정도로 산출되었다.

Fig. 1은 우리나라 모든 원전의 해체시 매년마다 나올 방사성콘크리트 폐기물의 양을 산출한 결과이다. 해체기간을 10년, 20년으로 가정하여 방사성콘크리트 폐기물의 양의 변화를 보여주었다.

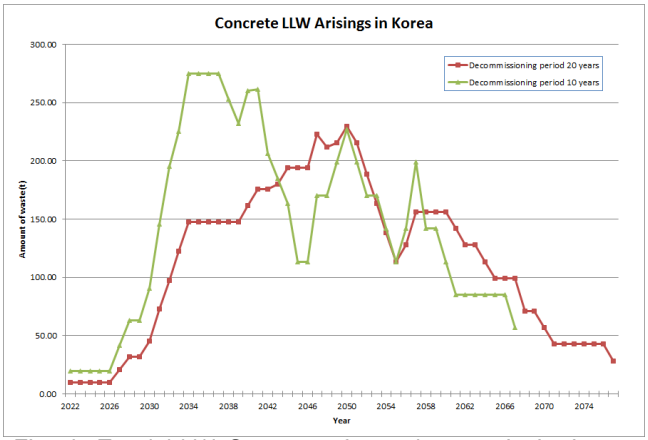

Fig. 1. Total LLW Concrete from decommissioning Korean NPP.

이러한 다량의 폐기물을 처분하는 것은 처분용량이 제한되는 현재 국내 상황을 고려할 때 어려움이 예상된다. 따라서 방사성콘크리트의 폐기물을 재활용하는 가능성을 고려하고자 한다. 방사성콘크리트 폐기물의 재활용 방안은 첫째로, 콘크리트의 분쇄 후 저장소를 메우는 재료로서의 제품의 재활용 방안이 있다. 둘째로, 콘크리트 파편을 분쇄하여 나온 골재를 차폐벽으로 재사용하는 방안이 있다. 단 이 경우 분쇄작업으로 생성된 미세먼지가 대기에 노출될 수 있기에 오염되는 것을 막아야 한다. 셋째로, 컨테이너 안에 중저준위 폐기물을 고정되도록 채우는 캐니스터 내 드럼 고정화 매체로의 재활용 방안이다. 이러한 방법들은 중저준위 폐기물처분장에 바로 처분하는 것보다 효과적임을 입증된 사례들이 있는데, 우리나라의 경우 폐기물 처분비가 비싼 편이기에 재활용방안은 중요하게 고려되어야 할 것으로 보인다.

3. 결론

원자력발전소 해체의 목적과 범위, 비용에 영향을 미치는 부지재이용을 결정함에 있어서 부지재이용의 방법론을 검토인자들을 고려하여 제시하였고, 이를 토대로 고리 1호기의 부지재이용 시나리오에 적용하여 여러 부지재이용 방안의 장단점을 평가하였다. 최적의 재이용방안은 각각의 검토인자들의 중요성에 따른 가중치에 따라 달라질 수 있을 것이나 모든 인자들의 중요성을 동일하게 본다면 그린필드 - ISFSI(단기저장시설)를 효과적인 방안으로 고려할 수 있을 것이다. 고리 1호기의 예상 해체폐기물의 양과 연도별 우리나라 원전의 예상 해체방사성폐기물의 양을 예측하였다. 또한 방사성콘크리트의 재활용방안을 3가지로 제시하였다. 이러한 방안들은 고리 1호기의 해체 계획을 구체적으로 수립할 때 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

[1] U.S. Nuclear Regulatory Commission, "RADIOLOGICAL ASSESSMENTS FOR CLEARANCE OF MATERIALS FROM NUCLEAR FACILITIES." NUREG-1640 (2003).

[2] Development of Decommissioning, Decontamination and Reuse Technology for Nuclear Facilities, KAERI/RR-3448 (2011).