

원자력발전소 해체 작업자 선량 감축 방안 제안

서하나, 신상화, 황주호

경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지

itta86@lycos.co.kr

1. 서론

원자력발전의 필요성이 증대함에 따라, 원전의 해체 기술에 대한 연구가 활발하다. 해체 시에는 많은 양의 방사성폐기물이 발생하는데, 물량의 저감화를 위해 재활용 논의가 이루어지고 있다. 재활용을 고려하여 해체 할 경우, 물량 저감화 뿐 아니라 피폭선량 및 해체 비용의 감소 효과가 있을 것으로 예상된다.

원자로 내부 구조물은 방사능이 높아 원격으로 해체된다. 그러나 원자로 외각에 있는 boshield 콘크리트 구조물은 제염 및 서베이로 작업자 피폭선량이 높을 것으로 판단된다. 이에 bioshield 해체 시 재활용을 고려할 때의 피폭선량과 일반적인 해체과정을 거칠 때 작업자 피폭선량을 비교하고자 한다.

본 논문에서는 KSNP(Korea Standard Nuclear Power Plant) bioshield의 핵종재고량을 평가하고, 재활용방안을 제안하였다. 또한 해체 시 작업의 순서를 조절할 경우의 작업자 피폭선량을 비교하였다.

2. 본론

2.1 해체 대상

본 논문에서는 KSNP의 bioshield를 대상으로 평가를 진행하였다. Bioshield는 원자력발전소 내 콘크리트 구조물 중 방사화로 인하여 핵종 재고량이 가장 높다. NRC에서는 bioshield에 ^{14}C , ^{41}Ca , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{55}Fe , ^3H , ^{54}Mn , ^{65}Zn 등의 $\beta\gamma$ 핵종이 존재할 것으로 예상하였다.[1] MCNP와 ORIGEN 전산코드를 이용해 KSNP의 bioshield 방사화 정도를 평가하였다. 수명 연장을 고려하여 60년간 운전하고, 운전 정지 후 10년 후 해체하는 것을 가정하였다. 표 1에 산출한 비방사능을 제시하였다.

2.2 제염 목표치 산정

해체에서 발생하는 방사성폐기물의 저감화를 위하여, 해체에서 발생하는 콘크리트 폐기물을 경주 중저준위 방사성폐기물 처분장 내 분쇄석으로 재활용할 수 있다. 국내에서 방사성폐기물을 재활용하기 위해서는 자체처분제한치를 만족하여야 한다.[2] 교육과학기술부 고시에 따르면, bioshield 내 존재할 것으로 평가된 핵종은 모두 $10 \mu\text{Sv/yr}$ 를 만족하여야 한다.

자체처분 기준치를 만족하는 핵종의 율 산출하기 위해 RESRAD-Offsite 전산코드를 사용하였다. 분쇄석의 전체 물량 중 10%를 콘크리트 폐기물로 재활용하는 것을 가정하였으며, 경주 지역의 자료를 입력하였다. 산출된 제염 목표치는 아래 표 1과 같다.

표 1에서 볼 수 있듯, Bioshield 안쪽으로부터 1 m 떨어진 곳부터는 제염목표치를 만족한다. 일반적으로 내벽에서부터 제염을 하나, 내벽의 방사능이 재활용이 불가능하다. 따라서 내벽으로부터 1m까지 DWC(Diamond Wire Cutting) 기법을 적용하여 원격 철거 이후에, 서베이 및 제염을 수행할 경우 작업자 피폭선량이 감소할 것으로 보인다.

2.3 피폭선량 평가

제염 및 서베이 이후 철거를 진행하는 경우와 DWC 기법을 이용해 철거한 뒤 제염 및 서베이하는 경우의 피폭선량의 차이를 산출하기 위해 RESRAD-Build 전산코드를 이용하였다. KSNP의 bioshield의 특성자료를 입력하였으며, 내벽에서 가장 가까운 곳에 작업종사자의 위치를 설정하였다. 작업종사자는 약 800명이 0.1101 년 동안 제염 및 서베이를 수행하는 것으로 가정하였다.[3][4]

• 제염 및 서베이 이후 철거하는 경우

콘크리트 폐기물의 제염 이후, DWC를 이용하여 철거하는 경우를 가정한다. 이 경우, 작업종사자는 bioshield의 모든 벽으로부터 선량을 받는 것으로 평가하였다. 보수적인 평가를 위해, 내벽으로부터 1 m 까지는 내벽의 방사능을, 1 m 벽으로부터 외벽까지는 1 m 내부의 콘크리트 벽의 방사능을 선원항에 입력하였다. 각각의 벽은 차폐체의 역할을 겸하는 것으로 가정하였다. 한 명의 작업종사자는 2.65E-01 mSv/yr, 집단선량은 2.12E-01 Person · Sv/yr의 외부피폭을 받는 것으로 나타났다.

• 철거 이후 제염 및 서베이하는 경우

DWC를 이용하여 1 m벽까지 철거 후 제염과 서베이를 수행한 뒤에 나머지 벽을 재활용하는 경우를 가정한다. DWC 기법은 원격으로 콘크리트를 철거하는 기술로, 작업자가 필요하지 않다. 따라서 내벽에서 1 m까지의 콘크리트 벽을 철거한 이후에 제염 및 서베이를 수행할 경우, 1 m 내부의 콘크리트 벽의 방사능만을 가정하였다. 한 명의 작업종사자는 4.11E-08 mSv/yr, 집단선량은 3.29E-03 Person · Sv/yr 의 외부피폭을 받는 것으로 나타났다.

표 1 KSNP bioshield의 비방사능 및 제염 목표치의 비교 [Bq/g]

	내벽	1 m 내부 벽	제염 목표치
¹³³ Ba	2.17.E+04	7.09.E+00	9.93.E+00
⁴¹ Ca	1.25.E+01	4.08.E-03	2.87.E+01
⁶⁰ Co	3.45.E+02	2.93.E-05	7.03.E+00
¹³⁴ Ca	2.55.E+02	3.00.E-02	1.33.E+01
¹⁵² Eu	1.87.E+06	1.64.E-01	8.18.E+00
¹⁵⁴ Eu	1.41.E+05	1.19.E-02	8.48.E+00
¹⁵⁵ Eu	7.70.E+03	2.70.E-03	1.27.E+02

3. 결 론

원전 해체시 작업자 피폭선량을 줄이기 위해 많은 연구가 수행되고 있다. 본 논문에서는 제염과 철거의 순서에 따른 피폭선량 비교를 수행하였다. 제염이 먼저 수행되는 경우 외부피폭에 의한 집단선량은 2.12E-01 Person · Sv/yr였으나, 철거가 먼저 수행되는 경우 3.29E-03 Person · Sv/yr였다. 원전 해체 작업자의 피폭선량을 줄이기 위해서는, 고방사능이 예상되는 bioshield의 내벽을 원격으로 일부 철거한 이후에 제염하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

사 사

본 연구는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

[1] Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-3474, Long-livedActivationProductsInReactorMaterials,(1984).
 [2] 교육과학기술부, 교육과학기술부 고시2008-64, 방사성폐기물의 자체처분에 관한 규정 고시, (2008).
 [3] NRC, NUREG-0586, Generic Environmental Impact Statement on Decommissioning of Nuclear Facilities, (2002).
 [4] MYAPC, Maine Yankee License Termination Plan, (2005).