

중수로 발생 폐수지 처리 공정에 대한 방사선 작업종사자 피폭 선량 평가

이욱제*, 민재성, 김희령

울산과학기술원, 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

*dldnrwp@unist.ac.kr

1. 서론

중수로 발전소의 경우 $^{17}O(n,\alpha) \rightarrow ^{14}C$ 반응에 의하여 ^{14}C 방사성 핵종이 발생한다. 생성된 ^{14}C 의 경우 이온 교환 수지를 통하여 제거되고 관리가 되며, 특수 용기에 처리되어 저장된다. 월성 중수로의 경우 사용된 폐수지는 저장 탱크에 저장되지만 저장조의 저장량이 충분하지 않아, 향후 10년 이내에 포화 될 것으로 예상되어 폐수지를 적절한 방법으로 처리하여야 한다. 폐수지를 처리하는 공정의 적용을 위하여 폐수지 처리 공정 동안의 방사선 작업종사자의 안전성 평가는 필수적이다. 폐수지 내의 ^{14}C 핵종의 경우 5,730년의 반감기를 지닌 장반감기 핵종이므로 호흡 및 섭취에 의한 내부 피폭시 탄소 대사 반응을 초래하여 생물학적 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 폐수지 처리 공정 방사선 작업자의 피폭 시나리오를 설정하고 선량 평가를 수행한다.

2. 본론

폐수지 처리 공정의 방사선 피폭 영향 평가를 위하여 RESRAD-Build 코드를 사용하였으며, 본론에서는 선량 평가를 진행하기 위한 시나리오 설정 및 인자에 대한 내용이 서술 될 것이다.

2.1 피폭시간

폐수지 처리 공정에 대한 실질적인 방사선 작업종사자의 피폭 평가를 위하여 방사선에 의한 영향을 받는 시간을 근무 시간으로 정의하였다. 근무 시간의 정의를 위하여 대한민국 연평균 근무 시간을 2014년 OECD를 기준으로 하여 2,124 시간으로 정의하였다[1]. 또한 근무의 종류를 실험실에서 폐수지 처리를 진행하는 작업과 사무실에서 문서 작업을 진행하는 두 가지로 분류 하였다. 각각의 근무에 절반의 시간을 소요한다고 가정하였으며, 1년의 시간인 8,760 시간으로 나누어 0.1212의 시간 비율이 정의되었다.

2.2 피폭 공간

근무 종류에 따른 피폭 공간의 설정이 진행 되었다. 각각의 피폭 공간이 정의될 수 있으며, 각 공간은 면적으로 정의가 된다. 각 공간을 폐수지 처리 공정이 이루어지는 실험실 및 문서작업을 진행하는 사무실에 대한 두 가지 공간의 정의가 진행되었다.

2.2.1 실험실 공간 설정

실험실의 경우 참고 문헌을 기준으로 실험 장소 및 통로에 대한 마진을 고려하여 8.25 m × 8 m의 공간을 설정하였으며, 66 m²의 면적으로 설정되었다[2].

2.2.2 사무실 공간 설정

사무실의 경우 아래의 Table 1과 같은 직책 별 소요 면적을 기준을 사용하였다. 실험 진행을 위한 방사선 작업종사자 2명을 설정하여 사무원급의 소요면적이 정의되며, 실험실 관리를 위한 1명의 책임급 연구원으로 부장급의 소요면적을 포함하여 18.22 m²으로 정의하였다[3].

Table 1. The area in accordance with the work in accordance with the responsibilities

직책	소요 면적
사무원	48 sq.ft (4.46 m ²)
비서	72 sq.ft. (6.70 m ²)
부장	100 sq.ft (9.30 m ²)
중역	144 sq.ft (13.40 m ²)
부사장	216 sq.ft (18.54 m ²)
제 1 부사장	324 sq.ft (27.89 m ²)

2.3 차폐 물질

실험실과 사무실 사이에는 건물 벽이 있을 것으로 예상되며, 건물 벽으로 인한 차폐의 효과가 예상된다. 건물 벽의 재질로는 일반적으로 건물에 사용되는 콘크리트로 적용하였으며, 두께는 참고문헌을 기준으로 8 inch (20.32 cm)를 적용하였다[4].

2.4 선원 정보

폐수지 처리 공정의 방사선 작업 종사자의 피폭 선량 평가에 사용되는 방사성 핵종 및 방사능 농도는 월성 발전소에서 실측된 값을 활용하였다. 사용된 핵종은 Co-60, Cs-134, Cs-137, Eu-152 및 C-14이며 각 핵종의 방사능은 아래의 Table 2와 같다. 선원은 실험실에 존재 하는 것으로 가정되었으며 실험실과 사무실간의 공기의 이동이 없으며, 건물 내부와 외부간의 순환도 없는 것으로 가정하였다.

Table 2. The radioactivity that has been utilized for each nuclide by exposure dose assessment

핵종	Co-60	Cs-134	Cs-137	Eu-152	C-14
방사능 (kBq/g)	72.17	8.067	676.2	2.923	7,141

2.5 피폭자 설정

선원을 기준으로 실험실 및 사무실에서 피폭을 받는 각각의 피폭자를 설정하였으며 실험실에서의 피폭자는 선원을 기준으로 x축 기준 1 m, y축 기준으로 1 m 거리에 위치시켰다. 사무실에서의 피폭자는 선원으로부터 x축으로 9 m, y축으로 9 m 떨어진 곳에 위치시켰다. 이러한 피폭자에 대하여 0, 1, 10, 100 년 동안 받는 피폭에 대한 평가를 진행하였다.

2.6 피폭 선량 평가 결과

피폭 시나리오의 설정에 따라 폐수지 처리 공정의 방사선 작업 종사자가 0, 1, 10, 100 년 동안 받는 피폭의 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3. The annual average dose received during the exposure to the working period (mSv/yr)

장소	피폭 기간 (years)			
	0	1	10	100
실험실	8.21×10^3	7.73×10^3	5.06×10^3	5.46×10^2
사무실	3.29	3.03	1.65	1.45×10^{-1}

실험실과 사무실간의 피폭 선량의 값이 크게 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다. 그 이유는 선원과 피폭자 간의 콘트리트의 차폐의 영향으로 예상된다.

3. 결론

폐수지 처리 공정의 방사선 안전성 평가를 위하여 피폭 시간, 공간, 선원 및 피폭자 등에 대한 피폭 시나리오를 설정하였다. 이러한 피폭 시나리오를 바탕으로 RESRAD-Build 코드를 활용하여 폐수지 처리 공정 동안 방사선 작업종사자가 받는 피폭 선량이 계산되었다. 선원을 직접 다루는 실험실에서의 피폭자가 사무실에서의 피폭자 보다 많은 선량을 받는 것으로 파악되었다. 추가 연구를 통한 선원에 따른 영향 분석을 바탕으로 추가적인 차폐를 적용하여 안전한 폐수지 처리 공정을 적용할 수 있을 것으로 예상된다.

4. 참고문헌

- [1] OECD statics, <http://stats.oecd.org/>
- [2] [http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2268830 &cid=51331&categoryId=51333](http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2268830&cid=51331&categoryId=51333)
- [3] <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2268852&cid=51331&categoryId=51333>
- [4] <http://www.askthebuilder.com/thickness-of-poured-concrete-foundation-walls/>
- [5] H.Y. Yang, J.S. Won, S.J. Lee, Y.Y. Jeong, K.D. Kim, J.H. Ha, and G.I. Park, (2007). Development of 14 C removal technology for the treatment of spent resin from nuclear power plants (No. IAEA-TECDOC--1579 (COMPANION CD)).
- [6] Yu, C., LePoire, D. J., Cheng, J. J., Gnanapragasam, E., Arnish, J., Biber, B. M., ... & Peterson Jr, H. T. (2003). User's manual for RESRAD-BUILD version 3 (No. ANL/EAD/03-1). Argonne National Lab., IL (US).