

## 방사선관리구역 작업복의 오염현황 및 폐기물 관리 방안

박병목, 김명민, 김동훈, 채경선, 신경욱, 정택민\*, 배성범\*

세안기술주식회사, 서울특별시 금천구 가산동 481-10 벽산디지털밸리 2차 910호

\*한국수력원자력(주), 경상북도 경주시 양남면 나아리 260번지 월성 1발전소

[pbm@sae-an.co.kr](mailto:pbm@sae-an.co.kr)

### 1. 서론

원자력발전소 방사선관리구역내 설치된 기기, 배관, 펌프 등의 정비작업시 작업자의 인체오염을 방지하기 위해 Cotton, Nylon, Poly-Rayon 등의 재질로 된 작업복을 착용하고 있으며 사용 후 폐기기준의 오염도를 제외한 작업복은 세탁하여 재사용한다.

1회 사용 후 폐기하는 작업복으로는 비닐, 종이 및 PVA 작업복 등이 있는데 일반적으로 오염 발생이 당연시되는 작업에 주로 사용되어진다. 특히, 액상의 방사성물질을 취급하는 작업시에는 Cotton, Nylon, Poly-Rayon 등의 작업복 착용 후 비닐 작업복을 추가로 착용하여 정비 등의 작업을 수행 한다. 원자력발전소 또는 개봉 방사성동위원소를 취급하는 방사선관리구역에서는 오염이 당연시되는 작업 이외에도 착용한 작업복이 방사성물질에 의해 오염될 수 있으며 오염의 형태는 전체오염 또는 국부오염으로 발생한다. 국부오염 발생은 작업의 종류, 작업자의 습관 및 체형 등에 따라 국부오염의 위치나 방사성물질에 의한 오염도가 달라 질 수 있다.

전체오염 또는 국부오염 작업복을 함께 세탁할 경우 방사성물질이 세탁 전 오염되지 않았던 작업복 부위로 전이될 수 있는데 이러한 방사성물질의 오염을 본 실험에서 확인하였고, 작업복 세탁시 발생되는 세탁폐수의 방사성물질의 농도 관리를 위해 오염 작업복의 주요핵종을 대상으로 핵종별 반감기 및 방사성물질 농도비율을 이용 보관기간을 산정해보았다.

### 2. 본론

#### 2.1 실험 조건

방사선관리구역 작업복의 국부오염 실험을 작업자가 인지한다면 일상적인 작업 Pattern에서 벗어날 수 있을 것으로 예상하여 사전에 실험에 대한 내용을 통보하지 않고 통상적인 작업조건이 되도록 하였으며 그 외의 실험 조건은 아래와 같다.

① 1회 세탁시 세탁수량 : 최대 40벌로 한정

② 오염측정 방법 : 직접측정법

③ 국부오염 부위 설정 : 팔(오른쪽, 왼쪽), 다리(오른쪽, 왼쪽), 몸통(앞면, 등, 엉덩이)

④ 실험기간 : 2일(총 3차례 실시) - O/H 기간

#### 2.2 평가기준

본 실험의 측정결과에 있어서 오염, 국부오염 및 오염전이 여부 등을 평가하는 측정값 기준은 아래와 같다.

① BKG 관리 : 100 cpm 이하

② 오염작업복 기준 : BKG 포함 300 cpm 이상

③ 국부오염 : 부위별 측정값이 Net 값 기준 200cpm 이상 격차가 1개 부위 이상인 경우

④ 오염전이 : 세탁 전 측정값과 세탁 후의 측정값이 동일부위에서 Net값 기준 100cpm 이상 증가한 경우

#### 2.3 측정결과

위의 실험조건과 평가기준에 따라 총 155벌의 작업복에 대해 3차례로 나눠 오염작업복, 국부오염 작업복 및 오염전이작업복을 오염도측정기로 측정 한 결과 값을 Table 1 ~ Table 3에 나타내었다.

Table 1. The results before wash

구 분	1차실험	2차실험	3차실험	비율 평균
실험작업복	55벌	50벌	50벌	-
오염작업복	21벌 (38.18%)	34벌 (68.00%)	25벌 (50.00%)	52.06%
국부오염 작업복	11벌 (52.38%)	11벌 (32.35%)	8벌 (32.00%)	38.91% *

\* 국부오염 작업복 비율 : 오염작업복 중의 발생 비율

Table 2. The results after wash

구 분	1차실험	2차실험	3차실험	비율 평균
실험작업복	55벌	50벌	50벌	-
오염작업복	18벌 (32.73%)	12벌 (24.00%)	12벌 (24.00%)	26.91%
국부오염 작업복	8벌 (44.44%)	2벌 (16.67%)	5벌 (41.67%)	34.26% *

Table 3. Contamination transfer by radioactive material

구 분	1차실험	2차실험	3차실험	비율 평균
오염작업복	55벌	50벌	50벌	-
오염전이 작업복	16벌 (29.09%)	4벌 (8.00%)	7벌 (14.00%)	17.03%

측정결과로부터 방사선관리구역내 작업 후 방사성물질에 의해 오염된 작업복은 52.06%이며, 이 중 38.91%가 국부오염 되었다. 그리고 1회 세탁량을 40벌 기준으로 세탁할 경우 본 실험의 오염작업복 기준 값인 BKG 포함 300cpm 이상 작업복은 세탁 전에 비해 약 50% 감소하였다.

세탁 후 오염도는 감소하였으나 방사성물질의 오염전이는 작업복의 특정부위에서 다른 특정부위로 오염 전이됨을 확인 할 수 있었다.

#### 2.4 폐기물 저감화 방안

폐기물 저감화를 위한 작업복의 오염관리 기술로서는 작업복의 오염도 준위별 보관 및 세탁방법, 오염전이 최소화방법, 오염핵종의 특성 등을 통한 세탁시기 결정이 주요한 역할을 하게 되는데, 여기서는 액체방사성폐기물 저감 및 오염전이를 줄일 수 있는 방법을 오염 핵종의 반감기를 고려하여 방사선관리구역 작업복의 보관기간을 결정하는 방안으로 검토하였다.

원자력발전소의 운전상태에 따라 생성되는 핵종은 변화 되어질 수 있으며, 방사선관리구역 작업복이 주로 오염되는 계획예방정비시 방사성핵종은 계획예방정비 초기 원자로건물 입자 시료의 핵종분석을 통해 대략적으로 확인이 가능함으로 이를 지표로 발생된 오염작업복의 보관기간을 결정 할 수 있다. 원자력발전소에서 큰 비중을 차지하는 핵종은 Co-58과 Co-60이므로 여기서는 Co-58과 Co-60의 비율을 50 : 50로 계산하였으며 그 결과는 다음과 같다.

$$A = A_0 \times e^{-\lambda t} \quad [\text{붕괴상수 } (\lambda) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}] \dots\dots\dots (1)$$

$$A(\%) = (50\% \times e^{-\lambda_a \times T}) + (50\% \times e^{-\lambda_b \times T}) \dots\dots (2)$$

[ $\lambda_a$ :  $^{58}\text{Co}$  붕괴상수,  $\lambda_b$ :  $^{60}\text{Co}$  붕괴상수,  $T$ : 보관기간]

Co-58의 반감기는 70.8일, Co-60의 반감기는 1923.55일 이므로 위 식에 의해 초기 방사능 값이 50% 감쇠하는 기간은 약 240일 이며 이기간은

Co-58의 초기 방사능 값이 9.54%, Co-60의 초기 방사능 값은 91.7% 되는 기간으로 반감기가 긴 Co-60로 인하여 240일 내외의 보관기간이 보관 장소 및 방사능 감쇠의 효율측면에서 이득이 될 것으로 보이며, Co-58 및 Co-60 이외의 핵종이 존재하거나 존재 비율이 상이한 경우도 계산이 가능하므로 적절한 보관기간을 결정하면 폐기물 저감에 기여할 수 있을 것으로 보인다. 다음은 Co-58, Co-60 단일 핵종 및 Co-58+Co-60 복합핵종에 대한 핵종별 보관기간에 대한 방사능 감쇠율을 Table 4.에 나타내었다.

Table 4. Decay rate by the clothing storage periods

구 분	Co-58	Co-60	Co-58+Co-60
0 일	100	100	50+50=100
60 일	55.6	97.9	76.7
120 일	30.9	95.8	63.3
180 일	17.2	93.7	55.4
240 일	9.54	91.7	50.6
300 일	5.3	89.8	47.5
360 일	2.95	87.8	45.4

### 3. 결론

원자력발전소 또는 개봉 방사성동위원소를 사용하는 방사선관리구역내 작업복의 오염현황 및 오염 상태에 대해 조사하였다. 작업복의 오염폐기, 파손폐기, 오염전이 및 액체방사성폐기물의 관리 등과 관련하여 폐기물 저감화 목적상 다양하게 검토할 필요성이 있다. 본 실험의 결과를 활용함으로써 방사선관리구역 작업복 관리시스템 운영 측면에서도 작업복으로 인한 폐기물을 줄일 수 있을 것으로 사료되며, 향후 작업별 국부오염 Data, 세탁기용량대비 최적의 세탁수량, 세탁수의 온도 등의 변수에 대한 연구를 통해 작업복의 오염을 제거효율을 높일 수 있을 것으로 보이며, 오염된 작업복의 핵종별 반감기 및 방사성물질의 농도 등을 DB화한 오염작업복 관리프로그램을 개발하여 오염작업복 보관기간을 결정함으로써 오염작업복의 원활한 저장 공간 운영 및 액체방사성폐기물 배출관리 등에 도움이 될 것으로 기대된다.

### 4. 참고문헌

[1] 한국수력원자력(주), 2009 방사선안전관리 Workshop, pp.9, pp.52, 2009.