

이동형 감마 계측시스템을 이용한 원전 감압밸브 방사능 Inventory 평가

강덕원, 권수천*, 김민재*, 김종호**

한전 전력연구원, 대전시 유성구 문지동 103-16

*(주)성우이엔티, 서울시 강동구 천호1동 34-2

** (주)세종기업, 인천시계양구 작전동 901-3

dwkang@kepri.re.kr

1. 서론

원전의 가동에 따라 발전소에서는 주요기기, 배관 및 밸브의 제어성능 저하시 internal 누설 등으로 인해 종종 배관 및 기기 등에 방사능 오염이 발생하게 된다. 계통 및 배관의 오염시 통상적으로는 오염원 측정을 위해 서베이메타를 이용한 표면 방사선량률만 측정하여 평가해 오고 있으며, 핵종별 오염원의 평가를 위해서는 누설 현장에서 직접 측정이 어렵기 때문에 대상 시료를 채취 후 방사능 계측실험실로 옮겨와 측정장비로 분석을 실시한다. 이러한 계측법의 적용은 기 알고 있는 Geometry를 이용한 분석법으로 오염원이 넓고 크기가 다양한 Geometry를 지닌 시료에 대해서는 계측상의 한계를 지니고 있다. 그러나 이동형 감마핵종 분석기(In-Situ Objective Counting System, ISOCS) 장비는 대상 오염물에 대한 계측을 통해 오염정도 및 오염부위를 평가할 수 있는 자료를 제공하며 방사핵종의 농도와 Inventory 및 노출속도에 영향을 미칠 수 있는 선원의 기하학적 형태를 고려하여 현장에서 방사핵종과 방사능을 빠른 속도로 측정할 수 있는 특징을 가지고 있어 작업자의 피폭저감은 물론 원전의 안전 운전에도 크게 기여할 수 있다. 본 논문은 국내 CE형 원전에서 실제 오염된 Humidifier 감압밸브의 재사용을 위해 오염제거 수행 전·후의 방사능 오염 정도를 ISOCS 감마핵종 분석장비로 측정, 평가한 결과에 대해 기술하였다.

2. ISOCS를 이용한 Humidifier 감압밸브의 방사능 측정

가. 감마핵종 측정법

YK-6 원전으로부터 이송해 온 평균 표면오염 선량값이 0.04 mSv/hr 이상인 총 14개의 감압밸브를 화학제염 공정과 초음파 세정법을 이용하여 제염공정을 수행 후 서베이메타와 ISOCS로 밸브 내에 함유된 방사능 inventory 값을 평가하였다. ISOCS 계측기는 Inspector MCA(Multi-Chanel analysis)와 다양한 모델의 해석을 위한 MCNP 및 Ge 검출기, 콜리메이터 등이 탑재되어 있으며, Genie-2000 소프트웨어와 ISOCS 소프트웨어를 이용하여 시편의 방사능 측정 및 자료 해석을 하였다(그림1. 감압밸브 계측모습). 방사능 측정 자료의 해석을 위하여 시료의 형태에 따라 Pipe template 및 Box template 등 다양한 geometry의 설계가 가능하다. 그림 2는 검출기와 대상 밸브의 기하학적 배치도를 보여주고 있다.

나. Geometry 설정

감압밸브의 내부구조는 매우 복잡하기 때문에 모델의 단순화를 위해 다음과 같은 가정을 세웠다.

‡ 밸브의 부피와 동일한 부피를 차지하는 파이프구조로 단순화

‡ 선원의 분포가 파이프의 외부와 내부의 표면에 존재함

‡ 내부의 표면은 손잡이를 제외한 부분에 존재

각 밸브는 방향을 바꾸어 2회씩 측정하였으며, 측정 시간은 방사능을 고려하여 각각 600초로 함.

다. 감압밸브의 핵종별 방사능 평가

현장 방사능 측정 및 분석을 위한 파라미터로 Peak Locate Range는 최대 4,096 channel을 설정하였고, 시편에 따라 500초와 1000초 동안 측정하였다. 측정을 위하여 사용된 ISOCS의 Collimator는 측정하는 동안 25mm-30°로 고정하였다. 감마검출기를 통해 측정된 자료는 Gamma Spectrum Analysis, Peak Locate Report, Peak Analysis Report, Background Subtract Report, Nuclide Identification Report, Interference Corrected Report를 거쳐 분석하였다.



그림1. ISOCS를 이용한 감압밸브의 방사능 측정

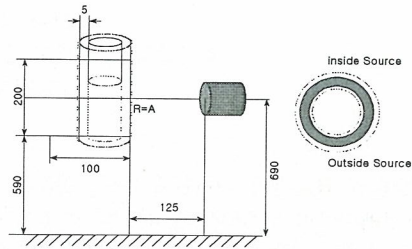


그림2. 검출기와 감압밸브의 기하학적 배치

표1. ISOCS를 이용한 제염 후 감압밸브의 핵종별 inventory 평가 결과

밸브번호	방사능(kBq)					합 계
	K-40	Mn-54	Co-58	Fe-59	Co-60	
1	15.59	2.32	7.66	0.31	1.25	27.15
2	13.20	2.08	7.03	0.07	0.42	22.80
3	15.52	1.83	5.53	0.11	0.57	23.57
4	16.59	2.48	6.90	0.14	0.74	26.86
5	16.58	1.73	6.09	0.09	0.55	25.05
6	17.92	1.09	3.92	0.00	0.28	23.22
7	16.32	1.70	7.63	0.50	1.02	27.18
8	16.17	3.86	13.73	0.47	1.41	35.67
9	16.35	0.81	3.96	0.09	0.50	21.72
10	17.89	0.87	3.03	0.00	0.17	21.97
11	15.97	1.59	4.08	0.00	0.44	22.10
12	15.71	1.24	2.74	0.09	0.41	20.21
13	16.35	1.47	4.04	0.10	0.59	22.57
14	16.03	1.22	4.66	0.00	0.54	22.46
합계	213.02	22.25	74.02	1.95	8.52	319.79

표2. 밸브의 제염 전·후의 제염 계수값

밸브번호	제염 전 표면	1차 제염 후	제염계수 (DF)	2차 제염 후	제염계수 (DF)
	방사선량률 (μSv/hr)	표면 방사선량률 (μSv/hr)		최종 방사선량률 (μSv/hr)	
1	260	2.3	113.0	0.3	866.7
2	22.7	0.9	25.2	0.3	75.7

4. 결 론

방사선 서베이 메타(Model-3)를 이용하여 각각의 밸브에 대한 표면선량률을 측정해 본 결과, 기준선량값인 0.18 ~ 0.23 μSv/hr 보다 약간 상회한 0.3μSv/h 정도를 유지하였으며 제염계수(DF)는 76~870 정도의 완벽한 제염이 이루어졌다. 핵종분석 결과, 14개 밸브의 총 방사능이 제염 전 123MBq에서 0.319MB로 약 99.7%의 방사능이 제거되었으며 10cm 떨어진 곳에서 측정한 표면방사선량 값은 모두 백그라운드(BKGD)수준의 값으로 밸브의 재활용이 가능한 것으로 평가되었다.