

핵종분석결과를 이용한 방사성액체폐기물의 배출관련 방사선안전관리

박병목, 신경욱, 채경선, 전상환

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

pbm@sae-an.co.kr

1. 서론

국내 원자력발전소는 1978년 4월 29일 고리 1호기의 상업운전을 시작으로 현재 20호기가 운전 중에 있고[1], 신고리에 4기, 신월성에 2기, 신울진에 2기가 건설 중에 있다[2]. 이에 따라 원자력의 이용에 따른 방사선안전관리의 중요성이 강조되고 있을 뿐만 아니라 일반산업분야, 연구 및 의료분야 등에서도 방사선 사용기관이 지속적으로 증가 추세로 그 중요성은 날로 더해가고 있다. 이러한 원자력의 이용 증가에 따라 방사선이 일반 환경에 미치는 영향을 평가하고 관리하기 위한 방사선안전관리기술도 발전을 거듭하고 있는데, 방사선안전관리 수단으로서 방사선안전관리 목적상 방사선(능)을 정성적, 정량적으로 평가하기 위한 측정장비도 많은 발전을 거듭하고 있다. 본 논문은 이러한 관리 측면을 고려한 것으로서 방사성물질의 종류와 양을 알고 있는 방사성액체폐기물처리에 대한 안전관리에 있어서 최적의 배출관리가 될 수 있도록 하기위한 방안으로 방사성액체폐기물의 배출평가 프로그램을 개발하였다.

과거의 핵종분석 장비는 장비의 가격, 크기, 검출기 냉각방법, 검출기의 효율 및 분석결과물을 평가하는데 있어서 전문적인 지식이 필요하고 복잡하다는 단점을 가지고 있었으나, 관련기술의 발전으로 비전문가라도 쉽게 취급할 수 있을 정도로 장비가 단순화 및 자동화 되어 최근에는 휴대용 핵종분석기도 보급되고 있는 수준이다. 이러한 핵종분석 장비를 활용하여 방사성액체폐기물내에 방사성물질의 종류와 양을 측정하는 것만으로도 효율적인 액체폐기물 배출관리가 될 수 있도록 하는 배출관리 프로그램을 개발함으로써 원자력발전소, 일반산업체 뿐만 아니라 연구 및 의료분야에서도 활용할 수 있도록 하였다.

2. 실험 및 결과

교육과학기술부고시 제 2008-31호 “방사선방호 등에 관한 기준고시”[3]법적근거로 개발된 “핵종분석이 수행된 방사성액체폐기물의 배출평가 프로그램”은 핵종의 기초데이터가 보관된 “Radioisotope Data Base”, 핵종분석 후 배출평가 가능 여부를 평가하는 “방사성액체폐기물 핵종분석 후 배출평가”, 방사성액체폐기물을 관리하는 탱크가 다수인 경우 탱크의 혼합에 따른 배출가능 여부를 평가하는 “방사성액체폐기물 이송시 배출가능 여부 평가”로 구성하였다.

프로그램의 각 항목별 내용을 살펴보면 “Radioisotope Data Base”는 핵종별 “반감기”[4] 및 “배수중의 배출관리기준”이 입력되어 있으며, 관련법을 열람 할 수 있도록 하였다. 다음으로 “방사성액체폐기물 핵종분석 후 배출평가” 프로그램은 “핵종분석결과”를 입력한 후 “방사성액체폐기물 배출가능시간”을 클릭하면 사용자가 지정한 허용도에 만족하는 배출가능시간을 계산하며, 사용자의 편의를 위해 “방사성액체폐기물 핵종분석 후 배출평가 관련 수식” 및 “목표 값에 대한 매크로 생성방법”을 열람할 수 있도록 하였다. 마지막으로 “방사성액체폐기물 이송시 배출가능 여부 평가” 프로그램은 3개 이하의 배수설비 탱크에 각기 다른 핵종분석결과와 pH 값을 갖는 방사성액체폐기물을 혼합시킬 경우 배출가능 여부는 “각 배수설비 탱크의 핵종분석결과” 및 “측정된 pH 값”입력을 통해 사전에 확인 할 수 있도록 프로그램화함으로써 그 결과는 “허용도 결과” 및 “pH 값 결과”으로 나타나며 사용자가 지정한 결과 값의 범위에 따라 “만족”과 “불만족”으로 표기되도록 하였다.

본 프로그램 사용은 액체방사성폐기물 시료측정 결과로부터 액체폐기물의 배출가능 시간을 예측할 수 있으므로, 배출가능여부를 판단하기위해 수행하는 잦은 시료 채취 및 분석절차를 간소화하고 정확한 배출 가능한 시간 예측을 통해 배출과 이송을 결정할 수 있으므로 일부 이송으로 발생하는 방사성액체폐기물량 감소에 따른 경제적 이득을 얻을 수 있으며, 3개 이하의 배수설비 탱크가 혼합될 경우에도 배출가능 여부를 사전에 확인 할 수 있어서 즉시, 배출 가능한 방사성액체폐기물을 취합 할 수 있는 장점이 있다.

개발한 프로그램은 사용자가 쉽게 접할 수 있고 사용할 수 있도록 하기 위해 범용프로그램인 “엑셀(Exell)”에서 구동할 수 있도록 하였으며, 프로그램 작성시 적용한 “핵종별 배출 가능시간”과 “혼합시 Total 핵종분석 결과”를 계산하기 위한 계산식을 (수식1), (수식2)에 나타내었다.

$$\bullet \text{핵종별 배출 가능시간}(h) = \frac{\ln \frac{\text{배수증의 배출관리기준농도} \left(\frac{Bq}{m^3}\right)}{\text{핵종분석결과} \left(\frac{Bq}{ml}\right) \times 1 \times 10^6 \left(\frac{ml}{m^3}\right)}}{-\text{붕괴상수} \left(\frac{1}{\text{Day}}\right)} \times 24 \left(\frac{h}{\text{Day}}\right) \quad \text{(수식1)}$$

$$\bullet \text{혼합시 Total 핵종분석결과} \left(\frac{Bq}{ml}\right) = \frac{100\% \times A \text{수량}(m^3)}{A \text{수량}(m^3) + B \text{수량}(m^3) + C \text{수량}(m^3)} \times \left[\text{핵종 A 핵종분석결과} \left(\frac{Bq}{ml}\right) \times \text{A수량}(m^3) + \text{B 핵종 결과} + \text{C 핵종 결과} \right] \quad \text{(수식2)}$$

개발 프로그램의 결과를 표시하는 방법으로 “방사성액체폐기물 핵종분석 후 배출 평가” 및 “방사성액체폐기물 이송시 배출가능 여부 평가”를 Fig.1에 나타내었는데, 핵종분석을 통해 알고 있는 방사성물질의 종류와 양으로부터 방사성액체폐기물 배출 가능한 가능시간과 배출가능여부를 확인할 수 있다.

방사성액체폐기물 핵종분석 후 배출 평가										방사성액체폐기물 이송시 배출가능 여부 평가									
참고 자료 1: 방사성액체폐기물 핵종분석 후 배출가능 여부 평가										참고 자료 2: 방사성액체폐기물 이송시 배출가능 여부 평가									
속원 0.00										속원 0.00									
핵종	비율	방사능	방사능	방사능	방사능	방사능	방사능	방사능	방사능	핵종	비율	방사능	방사능	방사능	방사능	방사능	방사능	방사능	방사능
C-14	1.53	9428	1.481E+01	4.680E+01	22.778 시간	6.286E+02	1.520E+06	6.266E+01		C-14	1.53	9428	1.481E+01	4.680E+01	22.778 시간	6.286E+02	1.520E+06	6.266E+01	
Co-60	27.78	6628	2.352E+02	2.090E+03	-0.238 시간	2.895E+14	2.895E+07	2.852E+15		Co-60	27.78	6628	2.352E+02	2.090E+03	-0.238 시간	2.895E+14	2.895E+07	2.852E+15	
Na-24	212.00	6628	2.322E+03	2.268E+03	-1.625 시간	2.697E+02	1.695E+08	2.267E+02		Na-24	212.00	6628	2.322E+03	2.268E+03	-1.625 시간	2.697E+02	1.695E+08	2.267E+02	
Cs-137	79.86	6628	8.736E+03	3.990E+01	-2.883 시간	7.812E+08	1.025E+08	7.812E+08		Cs-137	79.86	6628	8.736E+03	3.990E+01	-2.883 시간	7.812E+08	1.025E+08	7.812E+08	
Cs-134	8.27	9428	3.802E+04	2.840E+02	-17.818 시간	1.827E+02	1.000E+09	5.720E+03		Cs-134	8.27	9428	3.802E+04	2.840E+02	-17.818 시간	1.827E+02	1.000E+09	5.720E+03	
U-235	25.00	6628	1.266E+02	2.000E+01	-1.459 시간	1.816E+19	1.808E+08	1.816E+19		U-235	25.00	6628	1.266E+02	2.000E+01	-1.459 시간	1.816E+19	1.808E+08	1.816E+19	
합계 방사성액체폐기물 핵종 가능시간 (연에서 섹터)										합계 방사성액체폐기물 이송시 배출가능 여부 평가									
28.656 시간										0.856E+01									

Fig 1. Result Shows for Liquid Radioactive waste effluent management program

3. 결론

본 연구를 통해 방사선안전관리기술의 발전으로 과거보다 보급이 많아진 핵종분석 장비 활용을 극대화할 수 있을 뿐만 아니라 프로그램은 사용자로 하여금 원하는 허용도를 법적기준치 이하에서 얼마든지 변경사용 함으로써 환경적 영향을 원하는 기준으로 제어할 수 있으며, 고전적인 방법으로 풀기 어려운 배출가능 시간을 단시간에 계산해 낼 수 있으므로, 방사성액체폐기물의 배출과 관련된 ALARA 달성으로 최적의 방사선안전관리를 수행 할 수 있을 것으로 판단된다. 방사선안전관리를 최적화 하고, 관련분야 방사선안전관리 종사자들의 업무편의 도모와 효율적인 방사성액체폐기물관리가 수행되어질 수 있도록 더 많은 연구가 지속되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 한국원자력문화재단 홈페이지
- [2] 한국수력원자력주식회사 홈페이지
- [3] 교육과학기술부고시 제 2008-31호 방사선방호등에 관한 기준고시
- [4] 한국원자력안전기술원 방사선안전관리통합정보망
- [5] INTRODUCTION TO NUCLEAR ENGINEERING - JOHN R. LAMARSH