

## 원자력발전소의 기체방사성폐기물 배출량 평가 방법의 개선점 모색

송민철, 김완태, 전제근, 정승영, 정재학  
 한국원자력안전기술원, 대전 유성구 구성동 19  
[mcsong@kins.re.kr](mailto:mcsong@kins.re.kr)

### - 개요

원자력발전소는 기체방사성폐기물을 크게 연속배출과 बै치(batch)배출로 구분하여 배출하고 있다. 격납건물 퍼지 또는 벤트를 제외한 대부분의 배출은 연속배출되고 있으며, 격납건물 퍼지의 경우 사전 배출량 평가 및 배출허가서를 통한 엄격한 기준에 의거하여 배출하고 있다. 기체 방사성폐기물은 환기계통(활성탄필터와 HEPA필터)을 통하여 배출되고, 그 후단에는 배출되는 기체를 감시하기 위한 감시기가 설치 및 운영되고 있다. 감시기는 크게 3개의 채널로 구성되어 있는데, 옥소핵종을 감시하기 위한 I 채널, 입자를 감시하는 P 채널, 불활성기체를 감시하는 G 채널로 각각 구성되어 있다. 각 채널은 배출되는 기체 전체를 감시하는 것이 아니라, 기체의 주 유로에 위치한 샘플노즐과 샘플라인을 통해서 전체유량의 수만분의 일 수준에 해당하는 샘플 유량을 감시하고 있다. 국내 원전의 기체폐기물 배출량은 전 세계 원전의 배출량 자료와 비교할 경우 평균수준의 배출량이며 배출경향의 특이성을 보여주고 있지는 않다.

### - 배출량 평가방법

배기구 최종 위치에서 환경으로 방출되는 단위 시간당 방사성기체폐기물량은 평가 위치에서 배기체의 체적유량율(Volumetric flow rate)과 방사능농도를 측정하여 이들의 곱으로 산출하는데, 평가하는 과정에서 개입될 수 있는 오차 발생 과정을 살펴보면 크게 배기체 유량 측정 과정, 시료 채취 및 이송 과정, 방사능분석 과정으로 구분할 수 있다.

방사능분석은 샘플라인에 설치한 활성탄, 여과지(또는 필터) 또는 채집용기를 통해 채취된 시료를 측정 시스템이 잘 해석된 분석실에서 이루어지며, 이렇게 분석(방사선안전부 수행)된 자료를 이용하여 주변 주민에 대한 피폭선량을 평가(방재환경부 수행)하여, 매 분기 규제기관으로 보고하고 있다. 현재의 배출평가 방법이 비교적 보수적으로 수행되고 있으나, 시료채취방법과 배출량 평가 방법의 적절성에 대한 몇 가지에 대해서는 일부 개선점 모색이 필요하다.

### - 시료채취의 대표성

기체방사성폐기물의 경우 액체방사성폐기물과 달리 대표시료를 만들기 위해 몇 가지 고려사항을 생각해 볼 수 있다. 샘플라인(또는 샘플링 장치)에서 포집하는 유량이 전체 유량을 충분히 대표할 수 있는가 하는 유량에 대한 문제, 샘플라인이 길거나 각이 진 배관을 통과할 경우 방사성물질이 배관에 침적되어 실제 분석시 과소평가가 되지 않느냐하는 문제, 옥소나 입자와는 달리 장시간 동안의 포집이 어려운 불활성 기체의 경우 채취된 시료가 전체 불활성기체를 대표할 수 있는가 하는 문제 등이 기체폐기물 배출량 평가에 있어 평가 결과에 영향을 줄 수 있다. 샘플라인의 유량의 경우 압축공기를 이용한 유량점검을 주기적으로 수행하고 있으나, 압축공기가 실제 배출되는 폐기체의 다양한 물리적 형태(습분함유 유무 등)를 고려하기 힘든 측면이 있으며, 전체 유량대비 샘플라인의 유량이 전체 유량을 대표할 수 있는가에 대한 평가가 수행되지 않는 문제점이 있다. 또한 샘플라인의 배관에 침적될 수 있는 방사성핵종에 대한 보정 및 샘플링 장치의 포집효율에 대해서는 현재 고려하고 있지 않으며 전체 유량(또는 샘플라인 유량)을 대표할 수 있는 불활성기체 포집방법이 마땅히 고려되고 있지 않다. 이는 배출량평가 방법의 상대적 취약성을 제기하는 것으로 감시되지 않은 상태에서 방사성기체폐기물이 환경으로 배출되고 있다는 것을 의미하는 것은 아니다. 이를 개선하기 위한 규제입장은 현재 각 발전소별 현황을 정기검사 등을 통하여 조사중이며, 해외

사례 및 문헌을 참조하고, 사업자와의 협의를 통해 개선을 유도할 계획이다.

**- 측정분석값의 적절성**

전술하였듯이 배출량 평가에 적용되는 핵종 농도는 환기계통을 통과한 배출되기 직전지점의 샘플 채취를 통해 평가된다. 이는 기체폐기물처리계통(감쇄탱크 또는 지연베드)과 환기계통의 활성탄필터와 HEPA필터를 통한 폐기체인 관계로 관련계통의 제염계수를 고려할 때 매우 낮은 농도의 기체가 배출되고 있다. 따라서, 시료분석결과에서는 아주 미량의 핵종 농도가 검출되거나 LLD 미만으로 평가된다. LLD 이상의 농도가 검출될 경우 전체유량으로 환산하여 배출량을 평가하나, LLD 미만의 경우 배출량 평가에서는 제외되는 문제점이 발생한다. LLD 미만 값은 계측기 특성과 관련된 내용으로 MDA 값을 배출량 평가에 반영한다면 매우 큰 과대평가가 되지만, LLD 미만 값이 배출농도가 제로(0)임을 의미하지는 않는다. 환경으로 배출되기 직전 샘플라인에서 분석할 경우 위와 같은 문제가 발생할 수 밖에 없다. 이를 보완하기 위한 방법으로 고려해볼 수 있는 방법은 크게 두 가지가 있는데, 그 중 하나는 배치배출 방식에서 적용하는 사전배출량 평가방법을 적용하여 환기계통을 통과하기전 충분히 검출할 수 있는 수준의 농도를 가진 폐기체를 분석하여 희석인자 또는 환기계통의 제염계수를 반영하여 수치적으로 계산하는 방법이다. 이 방법은 제염계수를 얼마를 적용하는지에 따라 결과가 달라지며, 대체적으로 보수적으로 평가되어 과대평가 될 수 있는 소지가 있으며 연속배출의 경우 시료채취 지점을 어떻게 설정할 것인가 하는 문제가 상존한다. 또 다른 방법으로는 배기구의 연속감시기의 지시치를 이용하여 배출량을 평가하는 방법이다. 샘플라인으로 유입되는 유량이 대표성을 가진다는 전제하에 이 방법을 적용할 경우 매우 현실적인 평가방법이 될 수 있다. 다만, 연속감시기의 경우 핵종 구분없이 총(gross) 방사능을 측정하기 때문에 핵종분석이 불가능하므로 별도의 시료채취를 통한 핵종분석이 수반되어야 한다. 그리고, 연속감시기 지시치의 배경준위 수준을 얼마나 인정을 하는가에 따라 평가결과가 달라질 수 있으나, 대표시료 채취가 어려운 불활성기체에 적용하면 효과적이라 판단된다. (일부 국내원전에서는 불활성기체에 대해 적용하고 있음)

**- 결론**

원자력발전소 운영자가 수행하고 있는 방사성기체폐기물 배출량 평가 방법에 대한 개선점을 모색하였다. 배출되는 기체폐기물의 시료채취 및 시료분석결과에 대해 주로 논의하였으며 고려할만한 몇 가지 점이 도출되었다. 샘플라인에서 채취되는 시료의 대표성 확보방안, 배출량 평가방법의 과소평가 방지 및 시료분석결과에 적절한 반영과 관련한 개선사항을 기술하였다. 시료 대표성을 확인하기 위해 샘플라인의 유량점검, 기하학적형태로 인한 보정 등에 대해 논의하였고, 배출량평가 방법에서는 측정 가능한 시료를 채취하여 제염계수를 고려하는 방안 및 배기구 연속감시기의 지시치 활용 등을 제안하였다. 기존의 평가방법을 일부 개선하여 좀 더 실제 배출에 가까운 평가를 수행함으로써 소외 주민피폭선량 평가결과에 미치는 영향은 작을 것으로 예상되나 원자력사업자 신뢰성 확보에 기여할 수 있으며, 이는 향후 사업자와의 지속적인 협의를 통해 관련 평가방법을 개선해 나갈 계획이다.

**- 참고문헌**

1. 정재학 외, 원자력이용시설의 방사성유출물 관리에 대한 규제 개선방안 연구, KINS/RR-267
2. Sampling and Monitoring Releases of Airborne Radioactive Substances from the Stacks and Ducts of Nuclear Facilities, ANSI/HPS N13.1-1999
3. Specification and Performance of On-Site Instrumentation for Continuously Monitoring Radioactivity in Effluents, ANSI N42.18-2004