

Process Knowledge를 이용한 방사성폐기물 핵종규명 방안

황동현, 맹성준, 박종길

한국수력원자력(주) 중앙연구원, 대전광역시 유성대로 1312번길 70

moremore@khnp.co.kr

1. 서론

중·저준위 방사성폐기물 인도규정에 따르면 방사성폐기물에 포함된 전체 방사성 핵종의 95% 이상을 규명하도록 요구하고 있다. 핵종규명 방법으로는 드립핵종분석장치를 이용한 직접 측정방법, 척도인자를 이용한 간접 평가 방법, 물질수지 등을 이용한 이론적 평가 방법이 있다. 드립핵종 분석장치를 이용한 핵종규명 방법은 감마핵종의 경우 쉽게 측정이 가능하지만 알파, 베타핵종의 경우 측정이 불가능하기 때문에 척도인자를 이용한 간접평가 방법을 함께 사용하고 있다. 이론적 평가 방법으로 Process Knowledge(공정지식)를 이용한 핵종 규명 방법은 적용범위가 제한적이긴 하지만 가장 경제적인 핵종규명 방법으로 알려져 있다. 또한 한 가지 핵종규명 방법을 쓰는 것보다 상황에 따라 적당한 핵종규명 방법을 선택하여 적용하는 것이 효율적일 것이다. 원전에서 발생하는 방사성폐기물 중 일부는 유리화, 폴리머고화과 같은 고화처리 공정을 거쳐 생성되는 고화체 폐기물이 있으며, 이러한 고화체 폐기물에 대한 핵종평가를 경제적이고 효율적으로 하기 위한 Process Knowledge 이용한 핵종규명 방안을 제안하고자 한다.

2. 본론

2.1 Process Knowledge

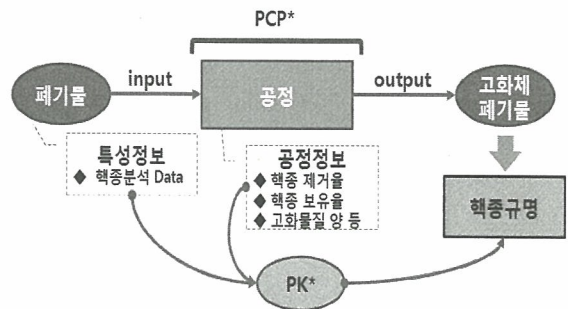
Process Knowledge란 방사성폐기물이 생성되는 공정에 대한 상세한 기술정보를 의미하며, 공정에 입력되는 정보와 해당 공정에서의 물질수지 변화에 대한 정보를 알면 해당 공정으로부터 생성된 방사성폐기물의 특성을 평가할 수 있다. Process Knowledge를 이용한 폐기물특성평가(Waste Characterization) 방법은 40CFR194.24에서도 인정하는 기법이며, IAEA 기술문서에서도 주요 폐기물특성평가 기법의 하나로 보고되고 있다.[1] 또한 국내에서는 원안위고시 2012-53호를 통해 물질수지에 의한 방법을 이론적 핵종평가

방법으로 제시하고 있다. Process Knowledge를 이용한 핵종규명 방법의 장점은 다른 방법에 비해 경제적이며, 작업자 피폭을 줄일 수 있다.[2]

하지만 Process Knowledge를 이용한 핵종규명 방법의 정확도를 위해 엄격한 품질관리가 요구된다.

2.2 Process Knowledge 이용 핵종규명 개념

현재 원전에서 활용되는 고화처리 기술로 폴리머 고화공정이 있으며, 농축폐액 및 폐수지를 고화하여 폴리머 고화체를 만든다. 이러한 고화체 폐기물의 핵종규명을 위해서는 고화체 폐기물에 대한 척도인자를 도출해야 하며, 척도인자 도출을 위해 고화체 폐기물을 파괴분석하여 충분한 수량의 분석결과를 확보해야 한다. 이에 따른 분석비용, 피폭유발 등으로 폐기물 관리 측면에서 바람직하지 않다. 한편, 고화체 폐기물의 핵종규명 방법으로 Process Knowledge 기법을 도입한다면 파괴분석을 수행하지 않고도 효율적인 핵종규명이 가능하다.



* PK : Process Knowledge
* PCP : Process Control Program

Fig. 1. PK 이용 고화체 핵종규명 방안.

2.3 고화체 폐기물에 대한 Process Knowledge 적용 방안

고화체 폐기물 드립의 핵종평가에 적용하기 위해서는 고화공정에 대한 정보로부터 척도인자를 보정해야 한다. 고화체 폐기물에 대한 척도인자는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$SF_c = CF \times SF_o \dots\dots\dots (1)$$

여기서, CF : 고화공정에 대한 보정인자
 SFc : 고화체의 척도인자
 SFo : 기존 폐기물의 척도인자

하지만 잡고체, 폐수지, 농축폐액 등과 같은 기존 폐기물의 척도인자는 도출되어 있지만 고화체 폐기물의 척도인자는 실제 고화체 폐기물을 분석하여 도출해야 하기 때문에 현실적으로 고화공정에 대한 보정인자를 결정하기 어렵다.

한편 기하평균에 의한 척도인자 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.[3]

$$SF = \exp \left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{A_{DTMi}}{A_{Keyi}} \right) \right) \right] \dots\dots (2)$$

여기서, n : 분석데이터 수
 A_{DTMi} : 측정난이핵종의 분석값
 A_{Keyi} : 지표핵종의 분석값

(식2)를 Process Knowledge 기법을 이용하여 척도인자를 보정하면 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$SF_c = \exp \left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{A_{DTMi} \times C_{pDTM}}{A_{Keyi} \times C_{pKey}} \right) \right) \right] (3)$$

여기서, SFc : 고화체의 보정된 척도인자
 C_{pDTM} : 고화공정에서 측정난이핵종에 대한 핵종 변화율
 C_{pKey} : 고화공정에서 지표핵종에 대한 핵종 변화율

C_{pDTM}와 C_{pKey}는 고화공정에 대해 이미 알고 있는 Process Knowledge로서 이를 이용하여 고화체 폐기물에 대해 보정된 척도인자를 구하여 핵종평가가 가능하다.

3. 결론

방사성폐기물의 핵종규명 방안으로서 Process Knowledge 기법 적용에 대해 검토하였다.

Process Knowledge는 방사성폐기물 발생과정에 대한 정보로부터 최종 폐기물의 특성을 평가하는 방법이다. 따라서 폐기물의 생성과정을 명확하게 정의할 수 있다면 가장 경제적인 핵종규명 방법이다. 하지만 원전에서 발생하는 방사성폐기물의 경우 생성과정이 복잡하여 Process Knowledge 기법만으로 핵종규명을 하기는 어렵다. 따라서 방사성폐기물의 고화공정과 같은 특정 처리과정에 대해 Process Knowledge 기법을 적용하여 방사성폐기물의 특성평가 가능성을 검토하였다. 원전에서 발생하는 폐기물 중 고화처리 공정을 거쳐 생성되는 고화체 폐기물의 경우, 분석 데이터 등과 같은 이미 알고 있는 방사성폐기물에 대한 특성정보와 고화공정에 대한 정보, 즉 Process Knowledge를 이용하여 경제적이고 효율적인 핵종규명이 가능하다.

4. 참고문헌

[1] IAEA, Strategy and Methodology for Radioactive Waste Characterization, IAEA-TECDOC-1537 (2007).
 [2] Steven J. Singledecker, Radioactive Waste Characterization Strategies; Comparisons Between AK/PK, Dose to Curie Modeling, Gamma Spectroscopy, and Laboratory Analysis Methods (2012).
 [3] 한수원(주), 방사성폐기물 인도를 위한 척도인자 주기적 검증 방법 개발, 2012-50003339-전-014TR (2012).
 [4] 원자력안전위원회, 중·저준위 방사성폐기물 인도규정, 원자력안전위원회고시 제2012-53호 (2012).